

AD 2000 Regelwerk

Taschenbuch 2016

Vd TÜV

Beuth

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber: Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

© 2016 Beuth Verlag GmbH
Berlin · Wien · Zürich
Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0
Telefax: +49 30 2601-1260
Internet: www.beuth.de
E-Mail: kundenservice@beuth.de

© 2016 Verband der TÜV e. V. (VdTÜV)
Friedrichstraße 136
10117 Berlin

Telefon: +49 30 76 00 95-400
Telefax: +49 30 76 00 95-401
Internet: www.vdtuev.de
E-Mail: berlin@vdtuev.de

10. Auflage
Stand der aufgeführten AD 2000-Merkblätter: September 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

ISBN 978-3-410-27086-7
ISBN (E-Book) 978-3-410-27087-4

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Vorbemerkung

Seit dem 29. Mai 2002 gilt in der Europäischen Union und damit auch in Deutschland für die Herstellung von Druckgeräten allein das europäische Recht in Form der Druckgeräterichtlinie (DGRL). Die Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter (AD) hat sich als maßgeblicher Regelsetzer auf dem Gebiet Druckbehälter fachlich und zeitgerecht auf diese neue Situation eingerichtet und dafür das AD 2000-Regelwerk erstellt. Es erfüllt die wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Richtlinie (2014/68/EU) und enthält darüber hinaus die Erfahrungen aus jahrzehntelanger Praxis mit dem bisherigen bewährten AD-Regelwerk. Alle Fachleute, die in den vergangenen Jahren das AD-Regelwerk schätzen gelernt haben, profitieren bei Anwendung des AD 2000-Regelwerkes weiterhin von dem bekannt hohen Sicherheitsniveau.

Bei dieser regelmäßig neu herausgegebenen Taschenbuch-Ausgabe handelt es sich um eine verkleinerte Wiedergabe der Loseblatt-Sammlung des AD 2000-Regelwerkes mit dem Stand September 2016. Da jedoch zwischenzeitlich neue AD 2000-Merkblätter veröffentlicht werden, ist ausschließlich die Loseblatt-Ausgabe des AD 2000-Regelwerkes als tagesaktuell zu betrachten.

Anregungen zu dieser Taschenbuch-Ausgabe sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV),
Friedrichstraße 136
10117 Berlin

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Verzeichnis

AD 2000-Merkblatt	AD 2000-Merkblatt
Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU	**HP 120 R**
A 1	**HP 511**
A 2	**HP 512**
A 4	**HP 512 R**
A 5	**HP 801 Nr. 4**
A 5 Anlage 1	**HP 801 Nr. 8**
A 5 Anlage 2	**HP 801 Nr. 10**
A 6	**HP 801 Nr. 11**
A 401	**HP 801 Nr. 13**
A 403	**HP 801 Nr. 14**
A 404	**HP 801 Nr. 15**
B 0	**HP 801 Nr. 18**
B 1	**HP 801 Nr. 19**
B 1 Anlage 1	**HP 801 Nr. 23**
B 2	**HP 801 Nr. 25**
B 3	**HP 801 Nr. 26**
B 4	**HP 801 Nr. 27**
B 5	**HP 801 Nr. 29**
B 5/1	**HP 801 Nr. 30**
B 6	**HP 801 Nr. 34**
B 7	**HP 801 Nr. 37**
B 8	**HP 801 Nr. 38**
B 9	**HP 801 Nr. 39**
B 10	**N 1**
B 13	**N 2**
G 1	**N 4**
G 2	**N 4 Anlage 1**
HP 0	**S 1**
HP 1	**S 2**
HP 2/1	**S 3/0**
HP 3	**S 3/1**
HP 4	**S 3/2**
HP 5/1	**S 3/3**
HP 5/2	**S 3/4**
HP 5/3	**S 3/5**
HP 5/3 Anlage 1	**S 3/6**
HP 7/1	**S 3/7**
HP 7/2	**S 4**
HP 7/3	**S 5**
HP 7/4	**S 6**
HP 8/1	**W 0**
HP 8/2	**W 1**
HP 8/3	**W 2**
HP 30	**W 3/1**
HP 100 R	**W 3/2**
HP 110 R	**W 3/3**

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt	AD 2000-Merkblatt
W 4 **W 5** **W 6/1** **W 6/2** **W 7** **W 8**	**W 9** **W 10** **W 12** **W 13** **Z 1** **Z 2**

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Inhaltsübersicht

AD 2000-Merkblatt	Ausgabe Datum	Bezeichnung
Druckgeräte-richtlinie	2014-06	Richtlinie über Druckgeräte (RL 2014/68/EU)
		Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung
A 1	2006-10	Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – Berstsicherungen
A 2	2015-04	Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – Sicherheitsventile
A 4	2015-11	Gehäuse von Ausrüstungsteilen
A 5	2000-10	Öffnungen, Verschlüsse und Verschlusselemente
A 5 Anlage 1	2000-10	Hinweise für die Anordnung von Mannlöchern und Besichtigungsöffnungen
A 5 Anlage 2	2000-10	Richtlinien für die Bauteilprüfung von Klammerschrauben
A 6	2003-01	Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – PLT-Sicherheitseinrichtungen
A 401	2002-05	Ausrüstung der Druckbehälter – Kennzeichnung
A 403	2001-06	Ausrüstung der Druckbehälter – Einrichtungen zum Erkennen und Begrenzen von Druck und Temperatur
A 404	2001-06	Ausrüstung der Druckbehälter – Ausrüstungsteile
		Berechnung
B 0	2014-11	Berechnung von Druckbehältern
B 1	2000-10	Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck
B 1 Anlage 1	2006-05	Berechnung von Rohrbiegungen und Bögen
B 2	2000-10	Kegelförmige Mäntel unter innerem und äußerem Überdruck
B 3	2011-05	Gewölbte Böden unter innerem und äußerem Überdruck
B 4	2000-10	Tellerböden
B 5	2016-09	Ebene Böden und Platten nebst Verankerungen
B 5/1	2006-05	Berechnung von glatten Vierkantrohren und Teilkammern
B 6	2006-10	Zylinderschalen unter äußerem Überdruck
B 7	2016-09	Schrauben
B 8	2015-04	Flansche
B 9	2010-02	Ausschnitte in Zylindern, Kegeln und Kugeln
B 10	2000-10	Dickwandige zylindrische Mäntel unter innerem Überdruck
B 13	2012-07	Einwandige Balgkompensatoren

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt	Ausgabe Datum	Bezeichnung
		Grundsätze
G 1	2014-06	AD 2000-Regelwerk – Aufbau, Anwendung, Verfahrensrichtlinien
G 2	2016-09	Zusammenstellung aller im AD 2000-Regelwerk zitierten Normen
		Herstellung und Prüfung
HP 0	2013-02	Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und damit verbundene Prüfungen
HP 1	2014-06	Auslegung und Gestaltung
HP 2/1	2012-07	Verfahrensprüfung für Fügeverfahren – Verfahrensprüfung für Schweißungen
HP 3	2014-11	Schweißaufsicht, Schweißer
HP 4	2016-05	Prüfaufsicht und Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen
HP 5/1	2008-02	Herstellung und Prüfung der Verbindungen – Arbeitstechnische Grundsätze
HP 5/2	2011-05	Herstellung und Prüfung der Verbindungen – Arbeitsprüfung an Schweißnähten, Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen
HP 5/3	2015-04	Herstellung und Prüfung der Verbindungen – Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindungen
HP 5/3 Anlage 1	2015-04	Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindungen – Verfahrenstechnische Mindestanforderungen für die zerstörungsfreien Prüfverfahren
HP 7/1	2014-11	Wärmebehandlung – Allgemeine Grundsätze
HP 7/2	2009-03	Wärmebehandlung – Ferritische Stähle
HP 7/3	2015-04	Wärmebehandlung – Austenitische und austenitisch-ferritische Stähle
HP 7/4	2015-04	Wärmebehandlung – Aluminium und Aluminiumlegierungen
HP 8/1	2013-02	Prüfung von Pressteilen aus Stahl sowie Aluminium und Aluminiumlegierungen
HP 8/2	2014-11	Prüfung von Schüssen aus Stahl
HP 8/3	2010-02	Herstellung und Prüfung von Formstücken aus unlegierten und legierten Stählen
HP 30	2016-05	Durchführung von Druckprüfungen
HP 100 R	2016-09	Bauvorschriften – Rohrleitungen aus metallischen Werkstoffen
HP 110 R	2001-06	Bauvorschriften – Rohrleitungen aus textilglasverstärkten Duroplasten (GFK) mit und ohne Auskleidung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt	Ausgabe Datum	Bezeichnung
HP 120 R	2001-06	Bauvorschriften – Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen
HP 511	2010-11	Entwurfsprüfung
HP 512	2003-01	Schlussprüfung und Druckprüfung
HP 512 R	2003-01	Bauvorschriften – Entwurfsprüfung, Schlussprüfung und Druckprüfung von Rohrleitungen
		Besondere Druckbehälter
HP 801 Nr. 4	2002-04	Besondere Druckbehälter – Druckbehälter mit Gaspolster in Druckflüssigkeitsanlagen
HP 801 Nr. 8	2002-04	Besondere Druckbehälter – Druckbehälter auf Montage- und Baustellen
HP 801 Nr. 10	2002-04	Besondere Druckbehälter – Druckspritzbehälter
HP 801 Nr. 11	2002-04	Besondere Druckbehälter – Offene dampfmantelbeheizte Kochgefäße für Konserven, Zucker- und Fleischwaren
HP 801 Nr. 13	2002-04	Besondere Druckbehälter – Lagerbehälter für Getränke
HP 801 Nr. 14	2004-02	Besondere Druckbehälter – Druckbehälter in Kälteanlagen und Wärmepumpenanlagen
HP 801 Nr. 15	2002-04	Besondere Druckbehälter – Druckbehälter, die Schwellbeanspruchungen ausgesetzt sind
HP 801 Nr. 18	2002-05	Besondere Druckbehälter – Druckbehälter für Feuerlöschgeräte und Löschmittelbehälter
HP 801 Nr. 19	2002-04	Besondere Druckbehälter – Druckbehälter mit Auskleidung oder Ausmauerung
HP 801 Nr. 23	2002-04	Besondere Druckbehälter – Fahrzeugbehälter für flüssige, körnige oder staubförmige Güter
HP 801 Nr. 25	2004-02	Besondere Druckbehälter – Flüssiggaslagerbehälteranlagen
HP 801 Nr. 26	2002-05	Besondere Druckbehälter – Druckbehälter für Gase oder Gasgemische mit Betriebstemperaturen unter –10 °C
HP 801 Nr. 27	2002-05	Besondere Druckbehälter – Druckbehälter für Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand
HP 801 Nr. 29	2002-05	Besondere Druckbehälter – Rotierende dampfbeheizte Zylinder
HP 801 Nr. 30	2002-05	Besondere Druckbehälter – Steinhärtekessel
HP 801 Nr. 34	2016-05	Besondere Druckbehälter – Ammoniaklagerbehälteranlagen
HP 801 Nr. 37	2002-05	Besondere Druckbehälter – Wärmeübertragungsanlagen
HP 801 Nr. 38	2002-05	Besondere Druckbehälter – Versuchsautoklaven

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt	Ausgabe Datum	Bezeichnung
HP 801 Nr. 39	2002-05	Besondere Druckbehälter – Druckbehälter von Isostatpressen
		Druckbehälter aus nichtmetallischen Werkstoffen
N 1	2014-06	Druckbehälter aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK)
N 2	2000-10	Druckbehälter aus Elektrographit und Hartbrandkohle
N 4	2003-07	Druckbehälter aus Glas
N 4 Anlage 1	2000-10	Beurteilung von Fehlern in Wandungen von Druckbehältern aus Glas
		Sonderfälle
S 1	2005-02	Vereinfachte Berechnung auf Wechselbeanspruchung
S 2	2012-07	Berechnung auf Wechselbeanspruchung
		Allgemeiner Standsicherheitsnachweis
S 3/0	2016-09	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter – Grundsätze
S 3/1	2001-09	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter – Behälter auf Standzargen
S 3/2	2004-02	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter – Nachweis für liegende Behälter auf Sätteln
S 3/3	2001-09	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter – Behälter mit gewölbten Böden auf Füßen
S 3/4	2001-09	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter – Behälter mit Tragpratzen
S 3/5	2010-02	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter – Behälter mit Ringlagerung
S 3/6	2001-09	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter – Behälter mit Stutzen unter Zusatzbelastung
S 3/7	2000-10	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter – Berücksichtigung von Wärmespannungen bei Wärmeaustauschern mit festen Rohrplatten
S 4	2000-10	Bewertung von Spannungen bei rechnerischen und experimentellen Spannungsanalysen
S 5	2009-07	Berechnung von Druckbehältern – Experimentelle Auslegungsmethode
S 6	2016-09	Zeitstandbeanspruchung für Stähle
		Metallische Werkstoffe
W 0	2016-05	Allgemeine Grundsätze für Werkstoffe
W 1	2006-07	Flacherzeugnisse aus unlegierten und legierten Stählen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt	Ausgabe Datum	Bezeichnung
W 2	2016-09	Austenitische und austenitisch-ferritische Stähle
W 3/1	2015-11	Gusseisenwerkstoffe – Gusseisen mit Lamellengraphit (Grauguss), unlegiert und niedriglegiert
W 3/2	2015-11	Gusseisenwerkstoffe – Gusseisen mit Kugelgraphit, unlegiert und niedriglegiert
W 3/3	2013-08	Gusseisenwerkstoffe – Austenitisches Gusseisen mit Lamellengraphit
W 4	2013-02	Rohre aus unlegierten und legierten Stählen
W 5	2009-03	Stahlguss
W 6/1	2016-05	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Knetwerkstoffe
W 6/2	2009-03	Kupfer und Kupfer-Knetlegierungen
W 7	2014-11	Schrauben und Muttern aus ferritischen Stählen
W 8	2016-05	Plattierte Stähle
W 9	2010-11	Flansche aus Stahl
W 10	2016-05	Werkstoffe für tiefe Temperaturen – Eisenwerkstoffe
W 12	2014-06	Nahtlose Hohlkörper aus unlegierten und legierten Stählen für Druckbehältermäntel
W 13	2008-11	Schmiedestücke und gewalzte Teile aus unlegierten und legierten Stählen
		Zusätzliche Hinweise
Z 1	2016-05	Leitfaden zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie bei Anwendung der AD 2000-Merkblätter für Druckbehälter, Rohrleitungen und Ausrüstungsteile
Z 2	2004-02	Leitfaden für die systematische Durchführung einer Gefahrenanalyse

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

RICHTLINIE 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates

vom 15. Mai 2014

zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt

(Neufassung)

(Text von Bedeutung für den EWR)

DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION -

gestützt auf den Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union, insbesondere auf Artikel 114,

auf Vorschlag der Europäischen Kommission,

nach Zuleitung des Entwurfs des Gesetzgebungsakts an die nationalen Parlamente,

nach Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses ([1]),

gemäß dem ordentlichen Gesetzgebungsverfahren ([2]),

in Erwägung nachstehender Gründe:

(1) Die Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates ([3]) ist erheblich geändert worden ([4]). Aus Gründen der Klarheit empfiehlt es sich, im Rahmen der anstehenden Änderungen eine Neufassung der genannten Richtlinie vorzunehmen.

(2) Mit der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates ([5]) werden Bestimmungen für die Akkreditierung von Konformitätsbewertungsstellen festgelegt, es wird ein Rahmen für die Marktüberwachung von Produkten sowie für Kontrollen von aus Drittländern stammenden Produkten geschaffen, und es werden die allgemeinen Prinzipien für die CE-Kennzeichnung festgelegt.

(3) Der Beschluss Nr. 768/2008/EG des Europäischen Parlaments und des Rates ([6]) enthält gemeinsame Grundsätze und Musterbestimmungen, die auf alle sektorspezifischen Rechtsvorschriften angewandt werden sollen, um eine einheitliche Grundlage für die Überarbeitung oder Neufassung dieser Rechtsvorschriften zu bieten. Die Richtlinie 97/23/EG sollte daher an diesen Beschluss angepasst werden.

(4) Unter diese Richtlinie fallen Druckgeräte und Baugruppen, die beim Inverkehrbringen neu auf den Markt der Union gelangen; das bedeutet, dass es sich entweder um neue, von einem in der Union niedergelassenen Hersteller erzeugte Druckgeräte oder Baugruppen oder neue oder gebrauchte Produkte handelt, die aus einem Drittland eingeführt wurden.

(5) Diese Richtlinie sollte für alle Absatzarten gelten, einschließlich Fernabsatz.

([1]) ABl. C 67 vom 6.3.2014, S. 101.
([2]) Standpunkt des Europäischen Parlaments vom 15. April 2014 (noch nicht im Amtsblatt veröffentlicht) und Beschluss des Rates vom 13. Mai 2014.
([3]) Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte (ABl. L 181 vom 9.7.1997, S. 1).
([4]) Siehe Anhang V, Teil A.
([5]) Verordnung (EG) Nr. 765/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über die Vorschriften für die Akkreditierung und Marktüberwachung im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 339/93 des Rates (ABl. L 218 vom 13.8.2008, S. 30).
([6]) Beschluss Nr. 768/2008/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über einen gemeinsamen Rechtsrahmen für die Vermarktung von Produkten und zur Aufhebung des Beschlusses 93/465/EWG des Rates (ABl. L 218 vom 13.8.2008, S. 82).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(6) Diese Richtlinie sollte für Druckgeräte mit einem maximal zulässigen Druck (PS) von mehr als 0,5 bar gelten. Druckgeräte, die einem Druck von höchstens 0,5 bar ausgesetzt sind, weisen kein bedeutendes Druckrisiko auf. Ihr freier Verkehr in der Union sollte daher nicht behindert werden.

(7) Diese Richtlinie sollte auch für Baugruppen gelten, die aus mehreren Druckgeräten bestehen und eine zusammenhängende funktionelle Einheit bilden. Diese Baugruppen können von einfachen Baugruppen wie einem Schnellkochtopf bis zu komplexen Baugruppen wie einem Wasserrohrkessel reichen. Ist eine solche Baugruppe vom Hersteller dafür bestimmt, als Baugruppe — und nicht in Form nicht zusammengebauter Bauteile — in Verkehr gebracht und in Betrieb genommen zu werden, sollte sie dieser Richtlinie entsprechen. Diese Richtlinie sollte dagegen nicht für den Zusammenbau von Druckgeräten gelten, der — beispielsweise in Industrieanlagen — auf dem Gelände und unter der Verantwortung eines Anwenders erfolgt, der nicht der Hersteller ist.

(8) In dieser Richtlinie sollten die einzelstaatlichen Bestimmungen im Hinblick auf druckbedingte Risiken harmonisiert werden. Andere Risiken, die mit diesen Geräten verbunden sein können, unterliegen gegebenenfalls anderen Richtlinien, in denen diese Risiken behandelt werden.

(9) Für manche Druckgeräte gelten jedoch andere, auf Artikel 114 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) gestützte Richtlinien. In den Bestimmungen einiger dieser Richtlinien wird auch das Druckrisiko behandelt. Es wird davon ausgegangen, dass diese Richtlinien ausreichen, um druckbedingten Risiken, die von diesen Geräten ausgehen, angemessen vorzubeugen, sofern der Risikograd dieser Geräte gering bleibt. Folglich sollten derartige Geräte aus dem Anwendungsbereich der vorliegenden Richtlinie ausgeschlossen werden.

(10) Die Transportgefahren und -risiken sowie die Druckgefahren und -risiken bestimmter Druckgeräte im Binnenland, die von internationalen Abkommen über ihre internationale Beförderung erfasst werden, werden in Unionsrichtlinien behandelt, die sich auf diese Abkommen stützen. Durch die genannten Richtlinien wird die Anwendung dieser Abkommen auf die Beförderung im Binnenland ausgedehnt, damit der freie Warenverkehr für gefährliche Güter gewährleistet ist und gleichzeitig die Sicherheit bei ihrer Beförderung erhöht wird. Diese Druckgeräte, die von der Richtlinie 2008/68/EG des Europäischen Parlaments und des Rates [1] und der Richtlinie 2010/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates [2] erfasst werden, sollten vom Anwendungsbereich dieser Richtlinie ausgenommen werden.

(11) Bestimmte Druckgeräte weisen kein bedeutendes Druckrisiko auf, obwohl sie einem maximal zulässigen Druck (PS) von mehr als 0,5 bar ausgesetzt sind. Der freie Verkehr solcher Geräte in der Union sollte daher nicht behindert werden, wenn sie in einem Mitgliedstaat rechtmäßig hergestellt oder in Verkehr gebracht wurden. Um den freien Verkehr dieser Geräte sicherzustellen, ist es nicht erforderlich, sie in den Anwendungsbereich dieser Richtlinie einzubeziehen. Diese Geräte sollten daher ausdrücklich aus dem Anwendungsbereich ausgeklammert werden.

(12) Andere Druckgeräte, die einem maximal zulässigen Druck von mehr als 0,5 bar ausgesetzt sind und ein relevantes Druckrisiko aufweisen, für die jedoch sowohl der freie Verkehr als auch ein angemessenes Sicherheitsniveau gewährleistet ist, sollten vom Geltungsbereich der vorliegenden Richtlinie ausgeschlossen werden. Diese Ausschlüsse sollten jedoch regelmäßig überprüft werden, um zu ermitteln, ob Maßnahmen auf Unionsebene ergriffen werden müssen.

(13) Der Anwendungsbereich dieser Richtlinie sollte auf einer allgemeinen Bestimmung des Begriffs „Druckgeräte“ beruhen, um die technische Entwicklung von Produkten zu ermöglichen.

(14) Die Erfüllung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen ist für die Gewährleistung der Sicherheit von Druckgeräten notwendig. Diese Anforderungen sollten in allgemeine und spezifische Anforderungen unterteilt werden, denen ein Druckgerät genügen muss. Die spezifischen Anforderungen sollten in erster Linie besonderen Druckgerätearten Rechnung tragen. Bestimmte Arten von Druckgeräten der Kategorien III und IV sollten einer Abnahme unterzogen werden, die eine Schlussprüfung und Druckprüfungen umfasst.

[1] Richtlinie 2008/68/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. September 2008 über die Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland (ABl. L 260 vom 30.9.2008, S. 13).

[2] Richtlinie 2010/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Juni 2010 über ortsbewegliche Druckgeräte und zur Aufhebung der Richtlinien des Rates 76/767/EWG, 84/525/EWG, 84/526/EWG, 84/527/EWG und 1999/36/EG (ABl. L 165 vom 30.6.2010, S. 1).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(15) Die Mitgliedstaaten sollten die Möglichkeit haben, die Ausstellung von Druckgeräten, die den Bestimmungen dieser Richtlinie noch nicht entsprechen, bei Handelsmessen zuzulassen. Bei Vorführungen sollten in Anwendung der allgemeinen Sicherheitsvorschriften des jeweiligen Mitgliedstaats die geeigneten Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden, um den Schutz von Personen zu gewährleisten.

(16) In der Richtlinie 97/23/EG werden die Druckgeräte nach zunehmendem Gefahrenpotenzial in Kategorien eingestuft. Dazu gehört die Einstufung des im Druckgerät enthaltenen Fluids als gefährlich oder nicht gemäß der Richtlinie 67/548/EWG des Rates [1]. Die Richtlinie 67/548/EWG wird zum 1. Juni 2015 aufgehoben und durch die Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates [2] ersetzt, mit der das auf internationaler Ebene im Rahmen der Vereinten Nationen angenommene Global Harmonisierte System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien in der Union umgesetzt wird. Mit der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 werden neue Gefahrenklassen und -kategorien eingeführt, die nur teilweise denen der Richtlinie 67/548/EWG entsprechen. Die Richtlinie 97/23/EG sollte daher an die Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 angepasst werden, während gleichzeitig das bestehende Schutzniveau der genannten Richtlinie beibehalten wird.

(17) Die Wirtschaftsakteure sollten dafür verantwortlich sein, dass die Druckgeräte und Baugruppen den Anforderungen dieser Richtlinie entsprechen, je nach ihrer Rolle in der Lieferkette, damit für ein hohes Niveau des Schutzes der öffentlichen Interessen, wie die Gesundheit und Sicherheit von Menschen, und beim Schutz von Haus- und Nutztieren und Gütern gewährleistet wird und ein fairer Wettbewerb auf dem Unionsmarkt sichergestellt ist.

(18) Alle Wirtschaftsakteure, die Teil der Liefer- und Vertriebskette sind, sollten die geeigneten Maßnahmen ergreifen, um zu gewährleisten, dass sie nur Druckgeräte und Baugruppen auf dem Markt bereitstellen, die mit dieser Richtlinie übereinstimmen. Es ist eine klare und verhältnismäßige Verteilung der Pflichten vorzusehen, die auf die einzelnen Wirtschaftsakteure entsprechend ihrer Rolle in der Liefer- und Vertriebskette entfallen.

(19) Weil der Hersteller den Entwurfs- und Fertigungsprozess in allen Einzelheiten kennt, ist er am besten für die Durchführung des Konformitätsbewertungsverfahrens geeignet. Die Konformitätsbewertung sollte daher auch weiterhin die ausschließliche Pflicht des Herstellers bleiben.

(20) Um die Kommunikation zwischen den Wirtschaftsakteuren, den Marktüberwachungsbehörden und den Verbrauchern zu erleichtern, sollten die Mitgliedstaaten den Wirtschaftsakteuren nahelegen, zusätzlich zur Postanschrift die Adresse einer Website aufzunehmen.

(21) Es ist notwendig sicherzustellen, dass Druckgeräte und Baugruppen aus Drittländern, die auf den Unionsmarkt gelangen, den Anforderungen dieser Richtlinie entsprechen und insbesondere, dass geeignete Konformitätsbewertungsverfahren vom Hersteller hinsichtlich dieser Druckgeräte oder dieser Baugruppen durchgeführt wurden. Es sollte deshalb vorgesehen werden, dass die Einführer sicherzustellen haben, dass von ihnen in Verkehr gebrachte Druckgeräte oder Baugruppen den Anforderungen dieser Richtlinie genügen, und sie keine Druckgeräte oder Baugruppen in Verkehr bringen, die diesen Anforderungen nicht genügen oder ein Risiko darstellen. Zudem sollte vorgesehen werden, dass die Einführer sicherstellen, dass Konformitätsbewertungsverfahren durchgeführt wurden und dass die Kennzeichnung der Druckgeräte oder Baugruppen und die von den Herstellern erstellten Unterlagen den zuständigen nationalen Behörden für Überprüfungszwecke zur Verfügung stehen.

(22) Wenn er ein Druckgerät oder eine Baugruppe in Verkehr bringt, sollte jeder Einführer seinen Namen, seinen eingetragenen Handelsnamen oder seine eingetragene Handelsmarke und die Postanschrift, unter der er erreichbar ist, auf dem Druckgerät oder der Baugruppe angeben. Ausnahmen sollten in Fällen gelten, in denen die Größe oder die Art des Druckgeräts oder der Baugruppe dies nicht erlauben. Dies gilt auch für Fälle, in denen der Einführer die Verpackung öffnen müsste, um seinen Namen und seine Anschrift auf dem Druckgerät oder der Baugruppe anzubringen.

[1] Richtlinie 67/548/EWG des Rates vom 27. Juni 1967 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe (ABl. 196 vom 16.8.1967, S. 1).

[2] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (ABl. L 353 vom 31.12.2008, S. 1).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(23) Der Händler stellt ein Druckgerät oder eine Baugruppe auf dem Markt bereit, nachdem es bzw. sie vom Hersteller oder vom Einführer in Verkehr gebracht wurde, und er sollte gebührende Sorgfalt walten lassen, um sicherzustellen, dass seine Handhabung des Druckgeräts oder der Baugruppe dessen bzw. deren Konformität mit den Anforderungen dieser Richtlinie nicht beeinträchtigt.

(24) Jeder Wirtschaftsakteur, der ein Druckgerät oder eine Baugruppe unter seinem eigenen Namen oder seiner eigenen Handelsmarke in Verkehr bringt oder ein Druckgerät oder eine Baugruppe so verändert, dass sich dies auf dessen bzw. deren Konformität mit den Anforderungen dieser Richtlinie auswirken kann, sollte als Hersteller gelten und die Pflichten des Herstellers wahrnehmen.

(25) Da Händler und Einführer dem Markt nahe stehen, sollten sie in Marktüberwachungsaufgaben der nationalen Behörden eingebunden werden und darauf eingestellt sein, aktiv mitzuwirken, indem sie den zuständigen Behörden alle nötigen Informationen zu dem betreffenden Druckgerät oder der betreffenden Baugruppe bereitstellen.

(26) Durch die Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit eines Druckgeräts oder einer Baugruppe über die gesamte Lieferkette hinweg können die Aufgaben der Marktüberwachung einfacher und wirksamer erfüllt werden. Ein wirksames Rückverfolgungssystem erleichtert den Marktüberwachungsbehörden ihre Aufgabe, Wirtschaftsakteure aufzuspüren, die nichtkonforme Druckgeräte oder Baugruppen auf dem Markt bereitgestellt haben.

(27) Bei der Aufbewahrung der nach dieser Richtlinie erforderlichen Informationen zur Identifizierung anderer Wirtschaftsakteure sollten die Wirtschaftsakteure nicht verpflichtet werden, solche Informationen über andere Wirtschaftsakteure zu aktualisieren, von denen sie entweder ein Druckgerät bzw. eine Baugruppe bezogen haben oder an die sie ein Druckgerät bzw. eine Baugruppe geliefert haben.

(28) Diese Richtlinie sollte sich auf die Nennung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen beschränken. Um die Bewertung der Konformität mit diesen Anforderungen zu erleichtern, ist vorzusehen, dass eine Vermutung der Konformität für jene Druckgeräte oder Baugruppen gilt, die den harmonisierten Normen entsprechen, welche nach Maßgabe der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates [1] zu dem Zweck angenommen wurden, ausführliche technische Spezifikationen für diese Anforderungen insbesondere im Hinblick auf Auslegung, Fertigung und Prüfung von Druckgeräten oder Baugruppen zu formulieren.

(29) Die Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 enthält ein Verfahren für Einwände gegen harmonisierte Normen, falls diese Normen den Anforderungen dieser Richtlinie nicht in vollem Umfang entsprechen.

(30) Bei der Herstellung von Druckgeräten müssen Werkstoffe verwendet werden, die als sicher gelten. Bestehen hierfür keine harmonisierten Normen, sollten die Merkmale von Werkstoffen festgelegt werden, die für eine wiederholte Verwendung bestimmt sind. Dies sollte in Form europäischer Werkstoffzulassungen erfolgen, die von einer der speziell hierfür notifizierten Stellen erteilt werden. Bei Werkstoffen, die einer solchen Zulassung entsprechen, sollte davon auszugehen sein, dass sie die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllen.

(31) Angesichts der Art der Risiken, die bei der Benutzung von Druckgeräten oder Baugruppen auftreten, und damit die Wirtschaftsakteure nachweisen und die zuständigen Behörden sicherstellen können, dass die auf dem Markt bereitgestellten Druckgeräte oder Baugruppen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen erfüllen, sind Verfahren für die Konformitätsbewertung vorzusehen. Diese Verfahren sollten unter Berücksichtigung des Druckgeräten oder Baugruppen innewohnenden Gefahrenpotenzials ausgearbeitet werden. Für jede Druckgerätekategorie sollte daher ein angemessenes Verfahren bereitstehen bzw. sollte zwischen gleichermaßen strengen Verfahren gewählt werden

[1] Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur europäischen Normung, zur Änderung der Richtlinien 89/686/EWG und 93/15/EWG des Rates sowie der Richtlinien 94/9/EG, 94/25/EG, 95/16/EG, 97/23/EG, 98/34/EG, 2004/22/EG, 2007/23/EG, 2009/23/EG und 2009/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung des Beschlusses 87/95/EWG des Rates und des Beschlusses Nr. 1673/2006/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (ABl. L 316 vom 14.11.2012, S. 12).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

können. In dem Beschluss Nr. 768/2008/EG sind eine Reihe von Modulen für Konformitätsbewertungsverfahren vorgesehen, die Verfahren unterschiedlicher Strenge, je nach der damit verbundenen Höhe des Risikos und dem geforderten Sicherheitsniveau, umfassen. Im Sinne eines einheitlichen Vorgehens in allen Sektoren und zur Vermeidung von Ad-hoc-Varianten sollten die Konformitätsbewertungsverfahren aus diesen Modulen ausgewählt werden. Die einzelnen Ergänzungen zu diesen Verfahren sind durch die Art der für Druckgeräte erforderlichen Prüfungen gerechtfertigt.

(32) Es sollte den Mitgliedstaaten erlaubt sein, Betreiberprüfstellen für die Durchführung bestimmter Aufgaben der Konformitätsbewertung im Rahmen dieser Richtlinie zuzulassen. Hierfür sollten in der Richtlinie die Bedingungen für die Zulassung von Betreiberprüfstellen durch die Mitgliedstaaten festgelegt werden.

(33) Im Rahmen bestimmter Konformitätsbewertungsverfahren sollte es gestattet sein, dass jedes einzelne Druckgerät durch eine notifizierte Stelle oder eine Betreiberprüfstelle als Teil der Abnahme des Druckgeräts oder der Baugruppe geprüft wird. In anderen Fällen sollte vorgeschrieben werden, dass die Abnahme von einer notifizierten Stelle durch unangemeldete Besuche überwacht werden kann.

(34) Die Hersteller sollten eine EU-Konformitätserklärung ausstellen, aus der die nach dieser Richtlinie erforderlichen Informationen über die Konformität eines Druckgeräts oder einer Baugruppe mit den Anforderungen dieser Richtlinie und sonstigen maßgeblichen Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union hervorgehen.

(35) Um einen wirksamen Zugang zu Informationen für die Zwecke der Marktüberwachung zu gewährleisten, sollten in Fällen, in denen Druckgeräte oder Baugruppen mehreren Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union unterliegen, die für die Bestimmung aller geltenden Rechtsakte der Union erforderlichen Informationen in einer einzigen EU-Konformitätserklärung enthalten sein. Um den Verwaltungsaufwand für Wirtschaftsakteure zu verringern, kann diese einzige EU-Konformitätserklärung Akte sein, die aus den einschlägigen einzelnen Konformitätserklärungen besteht.

(36) Um wirksamen Schutz für Verbraucher, andere Nutzer und Dritte zu gewährleisten, eine Prüfung der Übereinstimmung mit den betreffenden wesentlichen Sicherheitsanforderungen unerlässlich.

(37) Druckgeräte und Baugruppen sollten in der Regel eine CE-Kennzeichnung tragen. Die CE-Kennzeichnung bringt die Konformität eines Druckgeräts oder einer Baugruppe zum Ausdruck und ist das sichtbare Ergebnis eines ganzen Prozesses, der die Konformitätsbewertung im weiteren Sinne umfasst. Die allgemeinen Grundsätze für die CE-Kennzeichnung und deren Zusammenhang mit anderen Kennzeichnungen sind in der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 festgelegt. In dieser Richtlinie sollten die Vorschriften für die Anbringung der CE-Kennzeichnung aufgeführt werden.

(38) Bei Druckgeräten, bei denen im Sinne dieser Richtlinie nur geringe Druckrisiken bestehen und für die Zulassungsverfahren nicht gerechtfertigt sind, sollte keine CE-Kennzeichnung vorgenommen werden.

(39) Bestimmte in dieser Richtlinie dargestellten Konformitätsbewertungsverfahren erfordern ein Tätigwerden der Konformitätsbewertungsstellen, die der Kommission gegenüber von den Mitgliedstaaten notifiziert worden sind.

(40) Die Erfahrung hat gezeigt, dass die in der Richtlinie 97/23/EG enthaltenen Kriterien, die von den Konformitätsbewertungsstellen zu erfüllen sind, damit sie der Kommission notifiziert werden können, nicht dafür ausreichen, unionsweit ein einheitlich hohes Leistungsniveau der notifizierten Stellen zu gewährleisten. Es ist aber besonders wichtig, dass alle Konformitätsbewertungsstellen ihre Aufgaben auf gleichermaßen hohem Niveau und unter fairen Wettbewerbsbedingungen erfüllen. Dies erfordert mithin die Festlegung von verbindlichen Anforderungen für die Konformitätsbewertungsstellen, die eine Notifizierung für die Erbringung von Konformitätsbewertungsleistungen anstreben.

(41) Wenn eine Konformitätsbewertungsstelle die Konformität mit den Kriterien der harmonisierten Normen nachweist, sollte vermutet werden, dass sie den entsprechenden Anforderungen nach dieser Richtlinie genügt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(42) Um für ein einheitliches Qualitätsniveau bei der Konformitätsbewertung zu sorgen, müssen auch die Anforderungen an die notifizierenden Behörden und andere Stellen, die bei der Begutachtung, Notifizierung und Überwachung von Konformitätsbewertungsstellen tätig sind, festgelegt werden.

(43) Das in dieser Richtlinie dargelegte System sollte durch das Akkreditierungssystem gemäß der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 ergänzt werden. Da die Akkreditierung ein wichtiges Mittel zur Überprüfung der Kompetenz von Konformitätsbewertungsstellen ist, sollte sie auch zu Zwecken der Notifizierung eingesetzt werden.

(44) Eine transparente Akkreditierung nach Maßgabe der Verordnung (EG) Nr. 765/2008, die das notwendige Maß an Vertrauen in Konformitätsbescheinigungen gewährleistet, sollte von den nationalen Behörden unionsweit als bevorzugtes Mittel zum Nachweis der fachlichen Kompetenz von Konformitätsbewertungsstellen angesehen werden. Allerdings können nationale Behörden die Auffassung vertreten, dass sie selbst die geeigneten Mittel besitzen, um diese Beurteilung vorzunehmen. Um in solchen Fällen die Glaubwürdigkeit der durch andere nationale Behörden vorgenommenen Beurteilungen zu gewährleisten, sollten sie der Kommission und den anderen Mitgliedstaaten alle erforderlichen Unterlagen übermitteln, aus denen hervorgeht, dass die beurteilten Konformitätsbewertungsstellen die entsprechenden rechtlichen Anforderungen erfüllen.

(45) Häufig vergeben Konformitätsbewertungsstellen Teile ihrer Arbeit im Zusammenhang mit der Konformitätsbewertung an Unterauftragnehmer oder übertragen sie an Zweigstellen. Zur Wahrung des für das Inverkehrbringen von Druckgeräten oder Baugruppen in der Union erforderlichen Schutzniveaus müssen die Unterauftragnehmer und Zweigstellen bei der Ausführung der Konformitätsbewertungsaufgaben unbedingt denselben Anforderungen genügen wie die notifizierten Stellen. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Bewertung von Kompetenz und Leistungsfähigkeit der um Notifizierung nachsuchenden Stellen und die Überwachung von bereits notifizierten Stellen sich auch auf die Tätigkeiten erstrecken, die von Unterauftragnehmern und Zweigstellen übernommen werden.

(46) Das Notifizierungsverfahren muss effizienter und transparenter werden, insbesondere muss es an die neuen Technologien angepasst werden, um eine Online-Notifizierung zu ermöglichen.

(47) Da die Konformitätsbewertungsstellen ihre Dienstleistungen in der gesamten Union anbieten können, sollten die anderen Mitgliedstaaten und die Kommission die Möglichkeit erhalten, Einwände im Hinblick auf eine notifizierte Stelle zu erheben. Daher ist es wichtig, dass eine Frist vorgesehen wird, innerhalb derer etwaige Zweifel an der Kompetenz von Konformitätsbewertungsstellen oder diesbezügliche Bedenken geklärt werden können, bevor diese ihre Arbeit als notifizierte Stellen aufnehmen.

(48) Im Interesse der Wettbewerbsfähigkeit ist es entscheidend, dass die Konformitätsbewertungsstellen die Konformitätsbewertungsverfahren anwenden, ohne unnötigen Aufwand für die Wirtschaftsakteure zu schaffen. Aus demselben Grund, aber auch um die Gleichbehandlung der Wirtschaftsakteure zu gewährleisten, ist für eine einheitliche technische Anwendung der Konformitätsbewertungsverfahren zu sorgen. Dies lässt sich am besten durch eine zweckmäßige Koordinierung und Zusammenarbeit zwischen den Konformitätsbewertungsstellen erreichen.

(49) Die Mitgliedstaaten sollten alle geeigneten Maßnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass Druckgeräte und Baugruppen nur dann in Verkehr gebracht werden dürfen, wenn sie bei sachgerechter Lagerung und bestimmungsgemäßer Verwendung oder bei einer Verwendung, die nach vernünftigem Ermessen vorhersehbar ist, die Gesundheit und Sicherheit von Menschen nicht gefährden. Druckgeräte oder Baugruppen sollten nur unter Verwendungsbedingungen, die nach vernünftigem Ermessen vorhersehbar sind — das heißt, wenn sich eine solche Verwendung aus einem rechtmäßigen und ohne weiteres vorhersehbaren menschlichen Verhalten ergeben kann — als nicht konform mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach dieser Richtlinie angesehen werden.

(50) Zur Gewährleistung von einheitlichen Bedingungen für die Durchführung dieser Richtlinie sollten der Kommission Durchführungsbefugnisse übertragen werden. Diese Befugnisse sollten im Einklang mit der Verordnung (EU) Nr. 182/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates [1] ausgeübt werden.

[1] Verordnung (EU) Nr. 182/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 2011 zur Festlegung der allgemeinen Regeln und Grundsätze, nach denen die Mitgliedstaaten die Wahrnehmung der Durchführungsbefugnisse durch die Kommission kontrollieren (ABl. L 55 vom 28.2.2011, S. 13).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(51) Das Beratungsverfahren sollte für den Erlass von Durchführungsrechtsakten angewendet werden, die den notifizierenden Mitgliedstaat auffordern, die erforderlichen Korrekturmaßnahmen bezüglich notifizierter Stellen, die die Anforderungen für ihre Notifizierung nicht oder nicht mehr erfüllen, zu treffen.

(52) Das Prüfverfahren sollte für den Erlass von Durchführungsrechtsakten hinsichtlich der europäischen Werkstoffzulassungen angewandt werden, die mangelhaft sind und deren Fundstellen bereits im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, da solche Beschlüsse Auswirkungen auf die Vermutung der Konformität mit den geltenden wesentlichen Anforderungen haben könnten.

(53) Die Kommission sollte sofort geltende Durchführungsrechtsakte erlassen, wenn dies in hinreichend begründeten Fällen äußerster Dringlichkeit im Zusammenhang mit konformen Druckgeräten oder Baugruppen, die ein Risiko für die Gesundheit oder Sicherheit von Menschen, für Haus- und Nutztiere oder für Güter darstellen, erforderlich ist.

(54) Nach gängiger Praxis kann der durch diese Richtlinie eingesetzte Ausschuss eine nützliche Rolle bei der Prüfung von Angelegenheiten spielen, die die Anwendung dieser Richtlinie betreffen und gemäß seiner Geschäftsordnung entweder von seinem Vorsitz oder einem Vertreter eines Mitgliedstaats vorgelegt werden.

(55) Werden andere Angelegenheiten der vorliegenden Richtlinie als solche ihrer Durchführung oder Verstöße gegen sie untersucht, und geschieht dies in einer Sachverständigengruppe der Kommission, so sollte das Europäische Parlament gemäß der bestehenden Praxis alle Informationen und Unterlagen erhalten sowie gegebenenfalls eine Einladung zur Teilnahme an diesen Sitzungen.

(56) Die Kommission sollte im Wege von Durchführungsrechtsakten und — angesichts ihrer Besonderheiten — ohne Anwendung der Verordnung (EU) Nr. 182/2011 feststellen, ob Maßnahmen, die von Mitgliedstaaten in Bezug auf nicht konforme Druckgeräte oder Baugruppen getroffen werden, begründet sind oder nicht.

(57) Zur Berücksichtigung sich abzeichnender, überaus gravierender Sicherheitsprobleme sollte der Kommission gemäß Artikel 290 AEUV die Befugnis übertragen werden, Rechtsakte zu erlassen, um Änderungen an der Einstufung von Druckgeräten oder Baugruppen vorzunehmen. Jede einzelne Neueinstufung sollte hinreichend belegt und angemessen begründet werden. Es ist von besonderer Bedeutung, dass die Kommission im Zuge ihrer Vorbereitungsarbeit angemessene Konsultationen, auch auf der Ebene von Sachverständigen, durchführt.

(58) Bei der Vorbereitung und Ausarbeitung delegierter Rechtsakte sollte die Kommission gewährleisten, dass die einschlägigen Dokumente dem Europäischen Parlament und dem Rat gleichzeitig, rechtzeitig und auf angemessene Weise übermittelt werden.

(59) In der Richtlinie 97/23/EG ist eine Übergangsregelung vorgesehen, der zufolge Druckgeräte und Baugruppen in Betrieb genommen werden dürfen, die den zum Zeitpunkt des Beginns der Anwendung der Richtlinie 97/23/EG geltenden nationalen Vorschriften entsprechen. Aus Gründen der Rechtssicherheit ist es erforderlich, diese Übergangsregelung auch in die vorliegende Richtlinie aufzunehmen.

(60) Für die Bereitstellung auf dem Markt und die Inbetriebnahme von Druckgeräten und Baugruppen, die bereits vor dem Zeitpunkt der Anwendung innerstaatlicher Maßnahmen zur Umsetzung dieser Richtlinie gemäß der Richtlinie 97/23/EG in Verkehr gebracht wurden und keinen weiteren Produktanforderungen genügen müssen, ist eine angemessene Übergangsregelung vorzusehen. Händler sollten deshalb vor dem Zeitpunkt der Anwendung der innerstaatlichen Maßnahmen zur Umsetzung dieser Richtlinie Druckgeräte und Baugruppen, die bereits in Verkehr gebracht wurden, nämlich Lagerbestände, die sich bereits in der Vertriebskette befinden, vertreiben können.

(61) Die Mitgliedstaaten sollten für Verstöße gegen nationale Rechtsvorschriften, die aufgrund dieser Richtlinie erlassen wurden, Bestimmungen über Sanktionen festlegen und sicherstellen, dass diese Bestimmungen durchgesetzt werden. Diese Sanktionen sollten wirksam, verhältnismäßig und abschreckend sein.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(62) Da das Ziel dieser Richtlinie, nämlich sicherzustellen, dass die auf dem Markt befindlichen Druckgeräte oder Baugruppen ein hohes Niveau in Bezug auf den Schutz der Gesundheit und der Sicherheit von Menschen sowie den Schutz von Haus- und Nutztieren und Gütern erfüllen, und gleichzeitig das Funktionieren des Binnenmarktes zu garantieren, von den Mitgliedstaaten nicht ausreichend verwirklicht werden kann, sondern vielmehr wegen des Umfangs und der Wirkungen dieser Richtlinie auf Unionsebene besser zu verwirklichen ist, kann die Union im Einklang mit dem in Artikel 5 des Vertrags über die Europäische Union verankerten Subsidiaritätsprinzip tätig werden. Entsprechend dem in demselben Artikel genannten Grundsatz der Verhältnismäßigkeit geht diese Richtlinie nicht über das zur Erreichung dieses Ziels erforderliche Maß hinaus.

(63) Die Verpflichtung zur Umsetzung dieser Richtlinie in nationales Recht sollte nur jene Bestimmungen betreffen, die im Vergleich zu der bisherigen Richtlinie inhaltlich geändert wurden. Die Verpflichtung zur Umsetzung der inhaltlich unveränderten Bestimmungen ergibt sich aus der bisherigen Richtlinie.

(64) Die vorliegende Richtlinie gilt unbeschadet der Verpflichtungen der Mitgliedstaaten hinsichtlich der Fristen für ihre Umsetzung in nationales Recht und der Zeitpunkte der Anwendung gemäß Anhang V Teil B —

HABEN FOLGENDE RICHTLINIE ERLASSEN:

KAPITEL 1

ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

Artikel 1

Geltungsbereich

(1) Diese Richtlinie gilt für die Auslegung, Fertigung und Konformitätsbewertung von Druckgeräten und Baugruppen mit einem maximal zulässigen Druck (PS) von über 0,5 bar.

(2) Diese Richtlinie gilt nicht für:

a) Fernleitungen aus einem Rohr oder einem Rohrsystem für die Durchleitung von Fluiden oder Stoffen zu oder von einer (Offshore- oder Onshore-)Anlage ab einschließlich der letzten Absperrvorrichtung im Bereich der Anlage, einschließlich aller Nebenausrüstungen, die speziell für diese Leitungen ausgelegt sind; dieser Ausschluss erstreckt sich nicht auf Standarddruckgeräte, wie z. B. Druckgeräte, die sich in Druckregelstationen und in Kompressorstationen finden können;

b) Netze für die Versorgung, die Verteilung und den Abfluss von Wasser und ihre Geräte sowie Triebwasserwege in Wasserkraftanlagen wie Druckrohre, -stollen und -schächte sowie die betreffenden Ausrüstungsteile;

c) einfache Druckbehälter gemäß der Richtlinie 2014/29/EU des Europäischen Parlaments und des Rates ([1]);

d) Aerosolpackungen gemäß der Richtlinie 75/324/EWG des Rates ([2]);

e) Geräte, die zum Betrieb von Fahrzeugen vorgesehen sind, welche durch die folgenden Rechtsakte definiert sind:

i) Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates ([3]);

([1]) Richtlinie 2014/29/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 über die Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend die Bereitstellung einfacher Druckbehälter auf dem Markt (ABl. L 96 vom 29.3.2014, S. 45).

([2]) Richtlinie 75/324/EWG des Rates vom 20. Mai 1975 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Aerosolpackungen (ABl. L 147 vom 9.6.1975, S. 40).

([3]) Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. September 2007 zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge (Rahmenrichtlinie) (ABl. L 263 vom 9.10.2007, S. 1).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ii) Verordnung (EU) Nr. 167/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates ([1]);

iii) Verordnung (EU) Nr. 168/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates ([2]);

f) Geräte, die nach Artikel 13 dieser Richtlinie höchstens unter die Kategorie I fallen würden und die von einer der folgenden Richtlinien erfasst werden:

i) Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates ([3]);

ii) Richtlinie 2014/33/EU des Europäischen Parlaments und des Rates ([4]);

iii) Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates ([5]);

iv) Richtlinie 93/42/EWG des Rates ([6]),

v) Richtlinie 2009/142/EG des Europäischen Parlaments und des Rates ([7]);

vi) Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates ([8]);

g) Geräte gemäß Artikel 346 Absatz 1 Buchstabe b AEUV;

h) Geräte, die speziell zur Verwendung in kerntechnischen Anlagen entwickelt wurden und deren Ausfall zu einer Freisetzung von Radioaktivität führen kann;

i) Bohrlochkontrollgeräte, die für die industrielle Exploration und Gewinnung von Erdöl, Erdgas oder Erdwärme sowie für Untertagespeicher verwendet werden und dazu bestimmt sind, den Bohrlochdruck zu halten und/oder zu regeln; hierzu zählen der Bohrlochkopf (Eruptionskreuz), die Blowout-Preventer (BOP), die Leitungen und Verteilersysteme sowie die jeweils davor befindlichen Geräte;

j) Geräte mit Gehäusen und Teilen von Maschinen, bei denen die Abmessungen, die Wahl der Werkstoffe und die Bauvorschriften in erster Linie auf Anforderungen an ausreichende Festigkeit, Formsteifigkeit und Stabilität gegenüber statischen und dynamischen Betriebsbeanspruchungen oder auf anderen funktionsbezogenen Kriterien beruhen und bei denen der Druck keinen wesentlichen Faktor für die Konstruktion darstellt; zu diesen Geräten können zählen:

i) Motoren, einschließlich Turbinen und Motoren mit innerer Verbrennung;

ii) Dampfmaschinen, Gas- oder Dampfturbinen, Turbogeneratoren, Verdichter, Pumpen und Stelleinrichtungen;

([1]) Verordnung (EU) Nr. 167/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Februar 2013 über die Genehmigung und Marktüberwachung von land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen (ABl. L 60 vom 2.3.2013, S. 1).
([2]) Verordnung (EU) Nr. 168/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Januar 2013 über die Genehmigung und Marktüberwachung von zwei- oder dreirädrigen und vierrädrigen Fahrzeugen (ABl. L 60 vom 2.3.2013, S. 52).
([3]) Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (ABl. L 157 vom 9.6.2006, S. 24).
([4]) Richtlinie 2014/33/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Aufzüge und Sicherheitsbauteile für Aufzüge (ABl. L 96 vom 29.3.2014, S. 251).
([5]) Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt (ABl. L 96 vom 29.3.2014, S. 357).
([6]) Richtlinie 93/42/EWG des Rates vom 14. Juni 1993 über Medizinprodukte (ABl. L 169 vom 12.7.1993, S. 1).
([7]) Richtlinie 2009/142/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über Gasverbrauchseinrichtungen (ABl. L 330 vom 16.12.2009, S. 10).
([8]) Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ABl. L 96 vom 29.3.2014, S. 309).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

k) Hochöfen mit Ofenkühlung, Rekuperativ-Winderhitzern, Staubabscheidern und Gichtgasreinigungsanlagen, Direktreduktionsschachtöfen mit Ofenkühlung, Gasumsetzern und Pfannen zum Schmelzen, Umschmelzen, Entgasen und Vergießen von Stahl, Eisen und Nichteisenmetallen;

l) Gehäuse für elektrische Hochspannungsbetriebsmittel wie Schaltgeräte, Steuer- und Regelgeräte, Transformatoren und umlaufende Maschinen;

m) unter Druck stehende Gehäuse für die Ummantelung von Komponenten von Übertragungssystemen wie z. B. Elektro- und Telefonkabel;

n) Schiffe, Raketen, Luftfahrzeuge oder bewegliche Offshore-Anlagen sowie Geräte, die speziell für den Einbau in diese oder zu deren Antrieb bestimmt sind;

o) Druckgeräte, die aus einer flexiblen Umhüllung bestehen, z. B. Luftreifen, Luftkissen, Spielbälle, aufblasbare Boote und andere ähnliche Druckgeräte;

p) Auspuff- und Ansaugschalldämpfer;

q) Flaschen und Dosen für kohlensäurehaltige Getränke, die für den Endverbrauch bestimmt sind;

r) Behälter für den Transport und den Vertrieb von Getränken mit einem Produkt PS V von bis zu 500 bar L und einem maximal zulässigen Druck von bis zu 7 bar;

s) von der Richtlinie 2008/68/EG und der Richtlinie 2010/35/EU sowie vom Internationalen Code für die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen und vom Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt erfasste Geräte;

t) Heizkörper und Rohrleitungen in Warmwasserheizsystemen;

u) Behälter für Flüssigkeiten mit einem Gasdruck über der Flüssigkeit von höchstens 0,5 bar.

Artikel 2

Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck

1. „Druckgeräte“ Behälter, Rohrleitungen, Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion und druckhaltende Ausrüstungsteile, gegebenenfalls einschließlich an drucktragenden Teilen angebrachter Elemente, wie z. B. Flansche, Stutzen, Kupplungen, Trageelemente, Hebeösen;

2. „Behälter“ ein geschlossenes Bauteil, das zur Aufnahme von unter Druck stehenden Fluiden ausgelegt und gebaut ist, einschließlich der direkt angebrachten Teile bis hin zur Vorrichtung für den Anschluss an andere Geräte; ein Behälter kann mehrere Druckräume aufweisen;

3. „Rohrleitungen“ zur Durchleitung von Fluiden bestimmte Leitungsbauteile, die für den Einbau in ein Drucksystem miteinander verbunden sind; zu Rohrleitungen zählen insbesondere Rohre oder Rohrsysteme, Rohrformteile, Ausrüstungsteile, Ausdehnungsstücke, Schlauchleitungen oder gegebenenfalls andere druckhaltende Teile; Wärmetauscher aus Rohren zum Kühlen oder Erhitzen von Luft sind Rohrleitungen gleichgestellt;

4. „Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion“ Einrichtungen, die zum Schutz des Druckgeräts bei einem Überschreiten der zulässigen Grenzen bestimmt sind, einschließlich Einrichtungen zur unmittelbaren Druckbegrenzung wie Sicherheitsventile, Berstscheibenabsicherungen, Knickstäbe, gesteuerte Sicherheitseinrichtungen (CSPRS) und Begrenzungseinrichtungen, die entweder Korrekturvorrichtungen auslösen oder ein Abschalten oder Abschalten und Sperren bewirken wie Druck-, Temperatur- oder Fluidniveauschalter sowie mess- und regeltechnische Schutzeinrichtungen (SRMCR);

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5. „druckhaltende Ausrüstungsteile“ Einrichtungen mit einer Betriebsfunktion, die ein druckbeaufschlagtes Gehäuse aufweisen;

6. „Baugruppen“ mehrere Druckgeräte, die von einem Hersteller zu einer zusammenhängenden funktionalen Einheit verbunden werden;

7. „Druck“ der auf den Atmosphärendruck bezogene Druck, d. h. ein Überdruck; demnach wird ein Druck im Vakuumbereich durch einen Negativwert ausgedrückt;

8. „maximal zulässiger Druck (PS)“ der vom Hersteller angegebene höchste Druck, für den das Druckgerät ausgelegt ist und der für eine von diesem vorgegebene Stelle festgelegt ist, wobei es sich entweder um die Anschlussstelle der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion oder um den höchsten Punkt des Druckgeräts oder, falls nicht geeignet, um eine andere angegebene Stelle handelt;

9. „zulässige minimale/maximale Temperatur (TS)“ die vom Hersteller angegebene minimale/maximale Temperatur, für die das Gerät ausgelegt ist;

10. „Volumen (V)“ das innere Volumen eines Druckraums einschließlich des Volumens von den Stutzen bis zur ersten Verbindung, aber abzüglich des Volumens fest eingebauter innen liegender Teile;

11. „Nennweite (DN)“ eine numerische Größenbezeichnung, welche für alle Bauteile eines Rohrsystems benutzt wird, für die nicht der Außendurchmesser oder die Gewindegröße angegeben werden; es handelt sich um eine gerundete Zahl, die als Nenngröße dient und nur näherungsweise mit den Fertigungsmaßen in Beziehung steht; die Nennweite wird durch DN, gefolgt von einer Zahl, ausgedrückt;

12. „Fluide“ Gase, Flüssigkeiten und Dämpfe als reine Phase sowie deren Gemische; Fluide können eine Suspension von Feststoffen enthalten;

13. „dauerhafte Verbindungen“ Verbindungen, die nur durch zerstörende Verfahren getrennt werden können;

14. „europäische Werkstoffzulassung“ ein technisches Dokument, in dem die Merkmale von Werkstoffen festgelegt sind, die für eine wiederholte Verwendung zur Herstellung von Druckgeräten bestimmt sind und nicht in einer harmonisierten Norm geregelt werden;

15. „Bereitstellung auf dem Markt“ jede entgeltliche oder unentgeltliche Abgabe eines Druckgeräts oder einer Baugruppe zum Vertrieb, zum Verbrauch oder zur Verwendung auf dem Unionsmarkt im Rahmen einer Geschäftstätigkeit;

16. „Inverkehrbringen“ die erstmalige Bereitstellung eines Druckgeräts oder einer Baugruppe auf dem Unionsmarkt;

17. „Inbetriebnahme“ die erstmalige Verwendung eines Druckgeräts oder einer Baugruppe durch seinen oder ihren Nutzer;

18. „Hersteller“ jede natürliche oder juristische Person, die ein Druckgerät oder eine Baugruppe herstellt bzw. entwickeln oder herstellen lässt und dieses Druckgerät oder diese Baugruppe unter ihrem eigenen Namen oder ihrer eigenen Handelsmarke vermarktet oder für eigene Zwecke verwendet;

19. „Bevollmächtigter“ jede in der Union ansässige natürliche oder juristische Person, die von einem Hersteller schriftlich beauftragt wurde, in seinem Namen bestimmte Aufgaben wahrzunehmen;

20. „Einführer“ jede in der Union ansässige natürliche oder juristische Person, die ein Druckgerät oder eine Baugruppe aus einem Drittstaat auf dem Unionsmarkt in Verkehr bringt;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

21. „Händler“ jede natürliche oder juristische Person in der Lieferkette, die ein Druckgerät oder eine Baugruppe auf dem Markt bereitstellt, mit Ausnahme des Herstellers oder des Einführers;

22. „Wirtschaftsakteure“ Hersteller, Bevollmächtigte, Einführer und Händler;

23. „technische Spezifikation“ ein Dokument, in dem die technischen Anforderungen vorgeschrieben sind, denen ein Druckgerät oder eine Baugruppe genügen müssen;

24. „harmonisierte Norm“ eine harmonisierte Norm im Sinne des Artikels 2 Nummer 1 Buchstabe c der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012;

25. „Akkreditierung“ eine Akkreditierung im Sinne von Artikel 2 Nummer 10 der Verordnung (EG) Nr. 765/2008;

26. „nationale Akkreditierungsstelle“ eine nationale Akkreditierungsstelle im Sinne von Artikel 2 Nummer 11 der Verordnung (EG) Nr. 765/2008;

27. „Konformitätsbewertung“ das Verfahren zur Bewertung, ob die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie an ein Druckgerät oder eine Baugruppe erfüllt worden sind;

28. „Konformitätsbewertungsstelle“ eine Stelle, die Konformitätsbewertungstätigkeiten einschließlich Kalibrierungen, Prüfungen, Zertifizierungen und Inspektionen durchführt;

29. „Rückruf“ jede Maßnahme, die auf Erwirkung der Rückgabe eines Druckgeräts oder einer Baugruppe abzielt, das oder die Verbrauchern oder anderen Nutzern bereits bereitgestellt worden ist;

30. „Rücknahme“ jede Maßnahme, mit der verhindert werden soll, dass ein in der Lieferkette befindliches Druckgerät oder eine in der Lieferkette befindliche Baugruppe auf dem Markt bereitgestellt wird;

31. „CE-Kennzeichnung“ Kennzeichnung, durch die der Hersteller erklärt, dass das Druckgerät oder die Baugruppe den geltenden Anforderungen genügen, die in den Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union über ihre Anbringung festgelegt sind;

32. „Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union“ Rechtsvorschriften der Union zur Harmonisierung der Bedingungen für die Vermarktung von Produkten.

Artikel 3

Bereitstellung auf dem Markt und Inbetriebnahme

(1) Die Mitgliedstaaten treffen alle erforderlichen Maßnahmen, damit Druckgeräte und Baugruppen nur dann auf dem Markt bereitgestellt und in Betrieb genommen werden dürfen, wenn sie bei angemessener Anbringung und Wartung und bestimmungsgemäßem Betrieb die Anforderungen dieser Richtlinie erfüllen.

(2) Diese Richtlinie berührt nicht die Befugnis der Mitgliedstaaten, Anforderungen festzulegen, die sie zum Schutz von Personen und insbesondere der Arbeitnehmer bei der Verwendung des betreffenden Druckgeräts oder der Baugruppe für erforderlich halten, sofern dies keine Änderungen dieses Geräts oder dieser Baugruppe in Bezug auf die Bestimmungen dieser Richtlinie zur Folge hat.

(3) Die Mitgliedstaaten lassen es zu, dass bei Messen, Ausstellungen, Vorführungen und ähnlichen Veranstaltungen Druckgeräte oder Baugruppen, die den Anforderungen dieser Richtlinie nicht entsprechen, ausgestellt werden, sofern ein sichtbares Schild deutlich darauf hinweist, dass diese Druckgeräte oder Baugruppen erst auf dem Markt bereitgestellt und/oder in Betrieb genommen werden dürfen, wenn sie mit den Bestimmungen dieser Richtlinie in Einklang gebracht worden sind. Bei Vorführungen sind im Einklang mit allen von der zuständigen Behörde des jeweiligen Mitgliedstaats festgelegten Anforderungen die geeigneten Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, um den Schutz von Personen zu gewährleisten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Artikel 4

Technische Anforderungen

(1) Folgende Druckgeräte müssen die in Anhang I genannten wesentlichen Sicherheitsanforderungen erfüllen:

a) Behälter, mit Ausnahme der unter Buchstabe b genannten Behälter, für

i) Gase, verflüssigte Gase, unter Druck gelöste Gase, Dämpfe und diejenigen Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei der zulässigen maximalen Temperatur um mehr als 0,5 bar über dem normalen Atmosphärendruck (1 013 mbar) liegt, innerhalb nachstehender Grenzwerte:

— bei Fluiden der Gruppe 1, wenn das Volumen größer als 1 Liter und das Produkt PS·V größer als 25 bar·L ist oder wenn der Druck PS größer als 200 bar ist (Anhang II, Diagramm 1);

— bei Fluiden der Gruppe 2, wenn das Volumen größer als 1 Liter und das Produkt PS·V größer als 50 bar·L ist oder wenn der Druck PS größer als 1 000 bar ist, sowie alle tragbaren Feuerlöscher und die Flaschen für Atemschutzgeräte (Anhang II, Diagramm 2);

ii) Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei der zulässigen maximalen Temperatur um höchstens 0,5 bar über dem normalen Atmosphärendruck (1 013 mbar) liegt, innerhalb nachstehender Grenzwerte:

— bei Fluiden der Gruppe 1, wenn das Volumen größer als 1 Liter und das Produkt PS·V größer als 200 bar·L ist oder wenn der Druck PS größer als 500 bar ist (Anhang II, Diagramm 3);

— bei Fluiden der Gruppe 2, wenn der Druck PS größer als 10 bar und das Produkt PS·V größer als 10 000 bar·L ist oder wenn der Druck PS größer als 1 000 bar ist (Anhang II, Diagramm 4);

b) befeuerte oder anderweitig beheizte Druckgeräte mit Überhitzungsrisiko zur Erzeugung von Dampf oder Heißwasser mit einer Temperatur von mehr als 110 °C und einem Volumen von mehr als 2 Liter sowie alle Schnellkochtöpfe (Anhang II, Diagramm 5);

c) Rohrleitungen für

i) Gase, verflüssigte Gase, unter Druck gelöste Gase, Dämpfe und diejenigen Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei der zulässigen maximalen Temperatur um mehr als 0,5 bar über dem normalen Atmosphärendruck (1 013 mbar) liegt, innerhalb nachstehender Grenzwerte:

— bei Fluiden der Gruppe 1, wenn deren DN größer als 25 ist (Anhang II, Diagramm 6);

— bei Fluiden der Gruppe 2, wenn deren DN größer als 32 und das Produkt PS·DN größer als 1 000 bar ist (Anhang II, Diagramm 7);

ii) Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei der zulässigen maximalen Temperatur um höchstens 0,5 bar über dem normalen Atmosphärendruck (1 013 mbar) liegt, innerhalb nachstehender Grenzwerte:

— bei Fluiden der Gruppe 1, wenn deren DN größer als 25 und das Produkt PS·DN größer als 2 000 bar ist (Anhang II, Diagramm 8);

— bei Fluiden der Gruppe 2, wenn der Druck PS größer als 10 bar und DN größer als 200 und das Produkt PS·DN größer als 5 000 bar ist (Anhang II, Diagramm 9);

d) Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion und druckhaltende Ausrüstungsteile, die für Druckgeräte im Sinne der Buchstaben a, b und c bestimmt sind, auch wenn diese Geräte Bestandteil einer Baugruppe sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(2) Folgende Baugruppen, die mindestens ein Druckgerät im Sinne des Absatzes 1 enthalten, müssen die in Anhang I genannten wesentlichen Sicherheitsanforderungen erfüllen:

a) Baugruppen für die Erzeugung von Dampf oder Heißwasser mit einer Temperatur von über 110 °C, die mindestens ein befeuertes oder anderweitig beheiztes Druckgerät mit Überhitzungsrisiko aufweisen;

b) von Buchstabe a nicht erfasste Baugruppen, wenn sie vom Hersteller dafür bestimmt sind, als Baugruppen auf dem Markt bereitgestellt und in Betrieb genommen zu werden.

In Abweichung von Unterabsatz 1 müssen Baugruppen für die Erzeugung von Warmwasser mit einer Temperatur von nicht höher als 110 °C, die von Hand mit festen Brennstoffen beschickt werden und deren PS·V größer als 50 bar·L ist, die wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Nummern 2.10, 2.11, 3.4, 5 Buchstabe a und 5 Buchstabe d des Anhangs I erfüllen.

(3) Druckgeräte und Baugruppen, die höchstens die Grenzwerte nach Absatz 1 Buchstaben a, b und c sowie Absatz 2 erreichen, müssen in Übereinstimmung mit der in einem Mitgliedstaat geltenden guten Ingenieurpraxis ausgelegt und hergestellt werden, damit gewährleistet ist, dass sie sicher verwendet werden können. Den Druckgeräten und Baugruppen ist eine ausreichende Betriebsanleitung beizufügen.

Diese Druckgeräte oder Baugruppen dürfen die in Artikel 18 genannte CE-Kennzeichnung unbeschadet der sonstigen Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union, die für das Anbringen dieser Kennzeichnung gelten, nicht tragen.

Artikel 5

Freier Warenverkehr

(1) Die Mitgliedstaaten dürfen die Bereitstellung auf dem Markt und die Inbetriebnahme von Druckgeräten oder Baugruppen unter den vom Hersteller festgelegten Bedingungen nicht wegen druckbedingter Risiken verbieten, beschränken oder behindern, wenn diese den Anforderungen dieser Richtlinie entsprechen

Die Mitgliedstaaten dürfen die Bereitstellung auf dem Markt und die Inbetriebnahme von Druckgeräten oder Baugruppen, die den Bestimmungen von Artikel 4 Absatz 3 entsprechen, nicht wegen druckbedingter Risiken verbieten, beschränken oder behindern.

(2) Hat ein Mitgliedstaat eine Betreiberprüfstelle gemäß den Anforderungen des Artikels 25 benannt, so darf er das Inverkehrbringen und die Inbetriebnahme unter den Bedingungen von Artikel 16 von Druckgeräten oder Baugruppen, deren Konformität von einer Betreiberprüfstelle bewertet wurde, die von einem anderen Mitgliedstaat gemäß den Anforderungen des Artikels 25 benannt wurde, nicht wegen druckbedingter Risiken verbieten, beschränken oder behindern.

(3) Die Mitgliedstaaten können, sofern dies für eine sichere und ordnungsgemäße Verwendung der Druckgeräte oder Baugruppen erforderlich ist, verlangen, dass die in Anhang I Nummern 3.3 und 3.4 genannten Angaben in der/den Amtssprache(n) der Union vorliegen, die der Mitgliedstaat, in dem die Druckgeräte oder Baugruppen auf dem Markt bereitgestellt werden, festlegen kann.

KAPITEL 2

PFLICHTEN DER WIRTSCHAFTSAKTEURE

Artikel 6

Pflichten der Hersteller

(1) Die Hersteller gewährleisten, wenn sie ihre Druckgeräte oder Baugruppen gemäß Artikel 4 Absätze 1 und 2 in Verkehr bringen oder für ihre eigenen Zwecke verwenden, dass diese gemäß den wesentlichen Sicherheitsanforderungen von Anhang I entworfen und hergestellt wurden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Hersteller gewährleisten, wenn sie ihre Druckgeräte oder Baugruppen gemäß Artikel 4 Absatz 3 in Verkehr bringen oder für ihre eigenen Zwecke verwenden, dass diese gemäß der in einem Mitgliedstaat geltenden guten Ingenieurpraxis entworfen und hergestellt wurden.

(2) Bei den Druckgeräten oder Baugruppen nach Artikel 4 Absätze 1 und 2 erstellen die Hersteller die erforderlichen technischen Unterlagen gemäß Anhang III und führen das einschlägige Konformitätsbewertungsverfahren gemäß Artikel 14 durch oder lassen es durchführen.

Wurde mit dem Verfahren gemäß Unterabsatz 1 dieses Absatzes nachgewiesen, dass die Druckgeräte oder Baugruppen nach Artikel 4 Absätze 1 und 2 den geltenden Anforderungen entsprechen, stellen die Hersteller eine EU-Konformitätserklärung aus und bringen die CE-Kennzeichnung an.

(3) Der Hersteller muss die technischen Unterlagen und die EU-Konformitätserklärung nach dem Inverkehrbringen von Druckgeräten oder Baugruppen zehn Jahre lang für die zuständigen nationalen Behörden bereithalten.

(4) Die Hersteller gewährleisten durch geeignete Verfahren, dass stets Konformität mit dieser Richtlinie sichergestellt ist. Änderungen am Entwurf oder den Merkmalen des Druckgeräts oder der Baugruppe sowie Änderungen der harmonisierten Normen oder der sonstigen technischen Spezifikationen, auf die bei Erklärung der Konformität eines Druckgeräts oder einer Baugruppe verwiesen wird, werden angemessen berücksichtigt.

Die Hersteller nehmen, falls dies angesichts der mit einem Druckgerät oder einer Baugruppe verbundenen Risiken als zweckmäßig betrachtet wird, zum Schutz der Gesundheit und Sicherheit der Verbraucher und anderer Nutzer Stichproben von auf dem Markt bereitgestellten Druckgeräten oder Baugruppen, nehmen Prüfungen vor, führen erforderlichenfalls ein Verzeichnis der Beschwerden über nichtkonforme Druckgeräte oder Baugruppen und der Rückrufe solcher Druckgeräte oder Baugruppen und halten die Händler über diese Überwachung auf dem Laufenden.

(5) Die Hersteller gewährleisten, dass ihre Druckgeräte oder Baugruppen eine Typen-, Chargen- oder Seriennummer oder ein anderes Kennzeichen zu ihrer Identifikation tragen, oder, falls dies aufgrund der Größe oder Art des Druckgeräts oder der Baugruppe nicht möglich ist, dass die erforderlichen Informationen auf der Verpackung oder in den dem Druckgerät oder der Baugruppe beigefügten Unterlagen angegeben werden.

(6) Die Hersteller geben auf dem Druckgerät bzw. der Baugruppe oder, wenn dies nicht möglich ist, auf der Verpackung oder in den den Druckgeräten oder Baugruppen beigefügten Unterlagen ihren Namen, ihren eingetragenen Handelsnamen oder ihre eingetragene Handelsmarke und die Postanschrift an, unter der sie erreichbar sind. In der Anschrift muss eine zentrale Stelle angegeben sein, an der der Hersteller kontaktiert werden kann. Die Kontaktdaten sind in einer Sprache verfasst, die von Verbrauchern, anderen Nutzern und Marktüberwachungsbehörden leicht verstanden werden kann.

(7) Die Hersteller gewährleisten, dass den Druckgeräten oder Baugruppen nach Artikel 4 Absätze 1 und 2 die Betriebsanleitung und die Sicherheitsinformationen nach Anhang I Nummern 3.3 und 3.4 beigefügt sind; sie werden gemäß der Entscheidung des betreffenden Mitgliedstaats in einer Sprache, die von den Verbrauchern und anderen Nutzern leicht verstanden werden kann, zur Verfügung gestellt. Die Betriebsanleitung und die Sicherheitsinformationen müssen klar, verständlich und deutlich sein.

Die Hersteller gewährleisten, dass den Druckgeräten oder Baugruppen nach Artikel 4 Absatz 3 die Betriebsanleitung und die Sicherheitsinformationen nach Artikel 4 Absatz 3 beigefügt sind; sie werden gemäß der Entscheidung des betreffenden Mitgliedstaats in einer Sprache, die von den Verbrauchern und anderen Endnutzern leicht verstanden werden kann, zur Verfügung gestellt. Die Betriebsanleitung und die Sicherheitsinformationen müssen klar, verständlich und deutlich sein.

(8) Hersteller, die der Auffassung sind oder Grund zu der Annahme haben, dass von ihnen in Verkehr gebrachtes Druckgeräte oder Baugruppen nicht dieser Richtlinie entsprechen, ergreifen unverzüglich die erforderlichen Korrekturmaßnahmen, um die Konformität dieser Druckgeräte oder Baugruppen herzustellen oder sie gegebenenfalls zurückzunehmen oder zurückzurufen. Außerdem unterrichten die Hersteller, wenn mit den Druckgeräten oder Baugruppen Risiken verbunden sind, unverzüglich die zuständigen nationalen Behörden der Mitgliedstaaten, in denen sie diese Druckgeräte oder Baugruppen auf dem Markt bereitgestellt haben, darüber und machen dabei ausführliche Angaben, insbesondere über die Nichtkonformität und die ergriffenen Korrekturmaßnahmen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(9) Die Hersteller händigen der zuständigen nationalen Behörde auf deren begründetes Verlangen alle Informationen und Unterlagen, die für den Nachweis der Konformität des Druckgeräts oder der Baugruppe mit dieser Richtlinie erforderlich sind, in einer Sprache aus, die von dieser zuständigen nationalen Behörde leicht verstanden werden kann. Diese Informationen können auf Papier oder in elektronischer Form geliefert werden. Sie kooperieren mit dieser Behörde auf deren Verlangen bei allen Maßnahmen zur Abwendung von Risiken, die mit Druckgeräten oder Baugruppen verbunden sind, die sie in Verkehr gebracht haben.

Artikel 7

Bevollmächtigte

(1) Ein Hersteller kann schriftlich einen Bevollmächtigten benennen.

Die Pflichten gemäß Artikel 6 Absatz 1 und die Pflicht zur Erstellung der technischen Unterlagen gemäß Artikel 6 Absatz 2 sind nicht Teil des Auftrags eines Bevollmächtigten.

(2) Ein Bevollmächtigter nimmt die Aufgaben wahr, die im Auftrag des Herstellers festgelegt sind. Der Auftrag muss dem Bevollmächtigten gestatten, mindestens folgende Aufgaben wahrzunehmen:

a) Bereithaltung der EU-Konformitätserklärung und der technischen Unterlagen für die nationalen Marktüberwachungsbehörden über einen Zeitraum von 10 Jahren nach Inverkehrbringen des Druckgeräts oder der Baugruppe,

b) auf begründetes Verlangen einer zuständigen nationalen Behörde Aushändigung aller erforderlichen Informationen und Unterlagen zum Nachweis der Konformität eines Druckgeräts oder einer Baugruppe an diese Behörde;

c) auf Verlangen der zuständigen nationalen Behörden Kooperation bei allen Maßnahmen zur Abwendung der Risiken, die mit dem Druckgeräten oder der Baugruppe verbunden sind, die zum Aufgabenbereich des Bevollmächtigten gehören.

Artikel 8

Pflichten der Einführer

(1) Die Einführer bringen nur konforme Druckgeräte oder Baugruppen in Verkehr.

(2) Bevor sie ein Druckgerät oder eine Baugruppe nach Artikel 4 Absätze 1 und 2 in Verkehr bringen, gewährleisten die Einführer, dass das betreffende Konformitätsbewertungsverfahren gemäß Artikel 14 vom Hersteller durchgeführt wurde. Sie gewährleisten, dass der Hersteller die technischen Unterlagen erstellt hat, dass das Druckgerät oder die Baugruppe mit der CE-Kennzeichnung versehen ist, dass ihm bzw. ihr die Betriebsanleitung und die Sicherheitsinformationen gemäß Anhang I Nummern 3.3 und 3.4 beigefügt sind und dass der Hersteller die Anforderungen von Artikel 6 Absätze 5 und 6 erfüllt hat.

Bevor sie ein Druckgerät oder eine Baugruppe nach Artikel 4 Absatz 3 in Verkehr bringen, gewährleisten die Einführer, dass der Hersteller die technischen Unterlagen erstellt hat, dass dem Druckgerät oder der Baugruppe eine zweckmäßige Betriebsanleitung beigefügt ist und dass der Hersteller die Anforderungen von Artikel 6 Absätze 5 und 6 erfüllt hat.

Ist ein Einführer der Auffassung oder hat er Grund zu der Annahme, dass ein Druckgerät oder eine Baugruppe nicht mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I übereinstimmt, darf er dieses Druckgerät oder diese Baugruppe nicht in Verkehr bringen, bevor dessen bzw. deren Konformität hergestellt ist. Wenn mit dem Druckgerät oder der Baugruppe ein Risiko verbunden ist, unterrichtet der Einführer den Hersteller und die Marktüberwachungsbehörden hiervon.

(3) Die Einführer geben ihren Namen, ihren eingetragenen Handelsnamen oder ihre eingetragene Handelsmarke und die Postanschrift, unter der sie erreichbar sind, auf dem Druckgerät bzw. der Baugruppe selbst oder, wenn dies nicht möglich ist, auf der Verpackung oder in den dem Druckgerät oder der Baugruppe beigefügten Unterlagen an. Die Kontaktdaten sind in einer Sprache verfasst, die von Verbrauchern, anderen Nutzern und Marktüberwachungsbehörden leicht verstanden werden kann.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(4) Die Einführer gewährleisten, dass den Druckgeräten oder Baugruppen nach Artikel 4 Absätze 1 und 2 die Betriebsanleitung und die Sicherheitsinformationen nach Anhang I Nummern 3.3 und 3.4 beigefügt sind; sie werden gemäß der Entscheidung des betreffenden Mitgliedstaats in einer Sprache, die von den Verbrauchern und anderen Nutzern leicht verstanden werden kann, zur Verfügung gestellt.

Die Einführer gewährleisten, dass den Druckgeräten oder Baugruppen nach Artikel 4 Absatz 3 die Betriebsanleitung und die Sicherheitsinformationen beigefügt sind; sie werden gemäß der Entscheidung des betreffenden Mitgliedstaats in einer Sprache, die von den Verbrauchern und anderen Nutzern leicht verstanden werden kann, zur Verfügung gestellt.

(5) Solange sich ein Druckgerät oder eine Baugruppe nach Artikel 4 Absätze 1 und 2 in ihrer Verantwortung befindet, gewährleisten die Einführer, dass die Lagerungs- oder Transportbedingungen die Übereinstimmung des Druckgeräts oder der Baugruppe mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen von Anhang I nicht beeinträchtigen.

(6) Die Einführer nehmen, falls dies angesichts der mit einem Druckgerät oder einer Baugruppe verbundenen Risiken als zweckmäßig betrachtet wird, zum Schutz der Gesundheit und Sicherheit der Verbraucher und anderer Nutzer Stichproben von auf dem Markt bereitgestellten Druckgeräten oder Baugruppen, nehmen Prüfungen vor, führen erforderlichenfalls ein Verzeichnis der Beschwerden, der nichtkonformen Druckgeräte oder Baugruppen und der Rückrufe solcher Druckgeräte oder Baugruppen und halten die Händler über diese Überwachung auf dem Laufenden.

(7) Einführer, die der Auffassung sind oder Grund zu der Annahme haben, dass ein von ihnen in Verkehr gebrachtes Druckgerät oder eine von ihnen in Verkehr gebrachte Baugruppe nicht dieser Richtlinie entspricht, ergreifen unverzüglich die erforderlichen Korrekturmaßnahmen, um die Konformität dieses Druckgeräts oder dieser Baugruppe herzustellen oder es bzw. sie gegebenenfalls zurückzunehmen oder zurückzurufen. Außerdem unterrichten die Einführer, wenn mit dem Druckgerät oder der Baugruppe Risiken verbunden sind, unverzüglich die zuständigen nationalen Behörden der Mitgliedstaaten, in denen sie das Druckgerät oder die Baugruppe auf dem Markt bereitgestellt haben, darüber und machen dabei ausführliche Angaben, insbesondere über die Nichtkonformität und die ergriffenen Korrekturmaßnahmen.

(8) Die Einführer halten nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts oder der Baugruppe zehn Jahre lang eine Abschrift der EU-Konformitätserklärung für die Marktüberwachungsbehörden bereit und sorgen dafür, dass sie ihnen die technischen Unterlagen auf Verlangen vorlegen können.

(9) Die Einführer händigen der zuständigen nationalen Behörde auf deren begründetes Verlangen alle Informationen und Unterlagen, die für den Nachweis der Konformität eines Druckgeräts oder einer Baugruppe erforderlich sind, in einer Sprache aus, die von dieser zuständigen nationalen Behörde leicht verstanden werden kann. Diese Informationen können auf Papier oder in elektronischer Form geliefert werden. Sie kooperieren mit dieser Behörde auf deren Verlangen bei allen Maßnahmen zur Abwendung von Risiken, die mit einem Druckgerät oder einer Baugruppe verbunden sind, die sie in Verkehr gebracht haben.

Artikel 9

Pflichten der Händler

(1) Die Händler berücksichtigen die Anforderungen dieser Richtlinie mit der gebührenden Sorgfalt, wenn sie ein Druckgerät oder eine Baugruppe auf dem Markt bereitstellen.

(2) Bevor sie ein Druckgerät oder eine Baugruppe nach Artikel 4 Absätze 1 und 2 auf dem Markt bereitstellen, überprüfen die Händler, ob das Druckgerät oder die Baugruppe mit der CE-Kennzeichnung versehen ist, ob ihm bzw. ihr die erforderlichen Unterlagen sowie die Betriebsanleitung und die Sicherheitsinformationen nach Anhang I Nummern 3.3 und 3.4 in einer Sprache beigefügt sind, die von den Verbrauchern und sonstigen Nutzern in dem Mitgliedstaat, in dem das Druckgerät oder die Baugruppe auf dem Markt bereitgestellt werden soll, leicht verstanden werden kann, und ob der Hersteller und der Einführer die Anforderungen von Artikel 6 Absätze 5 und 6 bzw. Artikel 8 Absatz 3 erfüllt haben.

Ist ein Händler der Auffassung oder hat er Grund zu der Annahme, dass ein Druckgerät oder eine Baugruppe nicht mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I übereinstimmt, darf er dieses Druckgerät oder diese Baugruppe nicht auf dem Markt bereitstellen, bevor dessen bzw. deren Konformität hergestellt ist. Wenn mit dem Druckgerät oder der Baugruppe ein Risiko verbunden ist, unterrichtet der Händler außerdem den Hersteller oder den Einführer sowie die Marktüberwachungsbehörden darüber.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bevor sie ein Druckgerät oder eine Baugruppe nach Artikel 4 Absatz 3 auf dem Markt bereitstellen, überprüfen die Händler, ob dem Druckgerät oder der Baugruppe eine zweckmäßige Betriebsanleitung in einer Sprache beigefügt ist, die von den Verbrauchern und sonstigen Nutzern in dem Mitgliedstaat, in dem dieses Druckgerät oder diese Baugruppe auf dem Markt bereitgestellt werden soll, leicht verstanden werden kann, und ob der Hersteller und der Einführer die Anforderungen von Artikel 6 Absätze 5 und 6 bzw. Artikel 8 Absatz 3 erfüllt haben.

(3) Solange sich ein Druckgerät oder eine Baugruppe nach Artikel 4 Absätze 1 und 2 in ihrer Verantwortung befindet, gewährleisten die Händler, dass die Lagerungs- oder Transportbedingungen die Übereinstimmung des Druckgeräts oder der Baugruppe mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen von Anhang I nicht beeinträchtigen.

(4) Händler, die der Auffassung sind oder Grund zu der Annahme haben, dass ein von ihnen auf dem Markt bereitgestelltes Druckgerät oder eine von ihnen auf dem Markt bereitgestellte Baugruppe nicht dieser Richtlinie entspricht, stellen sicher, dass die erforderlichen Korrekturmaßnahmen ergriffen werden, um die Konformität dieses Druckgeräts oder dieser Baugruppe herzustellen oder es gegebenenfalls zurückzunehmen oder zurückzurufen. Außerdem unterrichten die Händler, wenn mit dem Druckgerät oder der Baugruppe Risiken verbunden sind, unverzüglich die zuständigen nationalen Behörden der Mitgliedstaaten, in denen sie das Druckgerät oder die Baugruppe auf dem Markt bereitgestellt haben, darüber und machen dabei ausführliche Angaben, insbesondere über die Nichtkonformität und die ergriffenen Korrekturmaßnahmen.

(5) Die Händler händigen der zuständigen nationalen Behörde auf deren begründetes Verlangen alle Informationen und Unterlagen aus, die für den Nachweis der Konformität eines Druckgeräts oder einer Baugruppe erforderlich sind. Diese Informationen können auf Papier oder in elektronischer Form geliefert werden. Sie kooperieren mit dieser Behörde auf deren Verlangen bei allen Maßnahmen zur Abwendung der Risiken, die mit Druckgeräten oder Baugruppen verbunden sind, die sie auf dem Markt bereitgestellt haben.

Artikel 10

Umstände, unter denen die Pflichten des Herstellers auch für Einführer und Händler gelten

Ein Einführer oder Händler gilt als Hersteller für die Zwecke dieser Richtlinie und unterliegt den Pflichten eines Herstellers nach Artikel 6, wenn er ein Druckgerät oder eine Baugruppe unter seinem eigenen Namen oder seiner eigenen Handelsmarke in Verkehr bringt oder ein bereits auf dem Markt befindliches Druckgerät oder eine bereits auf dem Markt befindliche Baugruppe so verändert, dass die Konformität mit den Anforderungen dieser Richtlinie beeinträchtigt werden kann.

Artikel 11

Identifizierung der Wirtschaftsakteure

Die Wirtschaftsakteure nennen den Marktüberwachungsbehörden auf Verlangen die Wirtschaftsakteure,

a) von denen sie ein Druckgerät oder eine Baugruppe bezogen haben;

b) an die sie ein Druckgerät oder eine Baugruppe abgegeben haben.

Die Wirtschaftsakteure müssen die Informationen nach Absatz 1 nach dem Bezug des Druckgeräts oder der Baugruppe sowie nach der Abgabe des Druckgeräts oder der Baugruppe jeweils 10 Jahre lang vorlegen können.

KAPITEL 3

KONFORMITÄT UND EINSTUFUNG VON DRUCKGERÄTEN UND BAUGRUPPEN

Artikel 12

Konformitätsvermutung

(1) Bei Druckgeräten oder Baugruppen nach Artikel 4 Absätze 1 und 2, die mit harmonisierten Normen oder Teilen davon übereinstimmen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht worden sind, wird eine Konformität mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen von Anhang I vermutet, die von den betreffenden Normen oder Teilen davon abgedeckt sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(2) Bei den für die Herstellung von Druckgeräten oder Baugruppen verwendeten Werkstoffen, die europäischen Werkstoffzulassungen entsprechen, deren Fundstellen gemäß Artikel 15 Absatz 4 im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, wird davon ausgegangen, dass sie den zutreffenden wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I entsprechen.

Artikel 13

Einstufung von Druckgeräten

(1) Die in Artikel 4 Absatz 1 genannten Druckgeräte werden entsprechend Anhang II nach zunehmendem Gefahrenpotential in Kategorien eingestuft.

Für diese Einstufung werden die Fluide in folgende zwei Gruppen eingeteilt:

a) Gruppe 1, die aus Stoffen und Gemischen gemäß den Definitionen in Artikel 2 Nummern 7 und 8 der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 besteht, welche entsprechend den folgenden Klassen physikalischer Gefahren oder Gesundheitsgefahren nach Anhang I Teile 2 und 3 der genannten Verordnung als gefährlich eingestuft sind:

i) instabile explosive Stoffe/Gemische oder explosive Stoffe/Gemische der Unterklassen 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 und 1.5;

ii) entzündbare Gase der Kategorien 1 und 2;

iii) oxidierende Gase der Kategorie 1;

iv) entzündbare Flüssigkeiten der Kategorien 1 und 2;

v) entzündbare Flüssigkeiten der Kategorie 3, wenn die maximal zulässige Temperatur über dem Flammpunkt liegt,

vi) entzündbare Feststoffe der Kategorien 1 und 2;

vii) selbstzersetzliche Stoffe und Gemische der Typen A bis F;

viii) pyrophore Flüssigkeiten der Kategorie 1;

ix) pyrophore Feststoffe der Kategorie 1;

x) Stoffe und Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, der Kategorien 1, 2 und 3;

xi) oxidierende Flüssigkeiten der Kategorien 1, 2 und 3;

xii) oxidierende Feststoffe der Kategorien 1, 2 und 3;

xiii) organische Peroxide der Typen A bis F;

xiv) akute orale Toxizität, Kategorien 1 und 2;

xv) akute dermale Toxizität, Kategorien 1 und 2;

xvi) akute inhalative Toxizität, Kategorien 1, 2 und 3;

xvii) spezifische Zielorgan-Toxizität — einmalige Exposition, Kategorie 1.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Zudem umfasst Gruppe 1 in Druckgeräten enthaltene Stoffe und Gemische, deren maximal zulässige Temperatur TS über dem Flammpunkt des Fluids liegt;

b) Gruppe 2, die aus unter Buchstabe a nicht genannten Stoffen und Gemischen besteht.

(2) Setzt sich ein Behälter aus mehreren Kammern zusammen, so wird der Behälter in die höchste Kategorie der einzelnen Kammern eingestuft. Befinden sich unterschiedliche Fluide in einer Kammer, so erfolgt die Einstufung nach jenem Fluid, welches die höchste Kategorie erfordert.

Artikel 14

Konformitätsbewertungsverfahren

(1) Die auf ein Druckgerät anzuwendenden Konformitätsbewertungsverfahren richten sich nach der Kategorie, in die das Gerät gemäß Artikel 13 eingestuft ist.

(2) Je nach Kategorie sind die folgenden Konformitätsbewertungsverfahren anzuwenden:

a) Kategorie I:

— Modul A

b) Kategorie II:

— Modul A2

— Modul D1

— Modul E1

c) Kategorie III:

— Modul B (Entwurfsmuster) + Modul D

— Modul B (Entwurfsmuster) + Modul F

— Modul B (Baumuster) + Modul E

— Modul B (Baumuster) + Modul C2

— Modul H

d) Kategorie IV:

— Modul B (Baumuster) + Modul D

— Modul B (Baumuster) + Modul F

— Modul G

— Modul H1.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Konformitätsbewertungsverfahren sind in Anhang III dargestellt.

(3) Die Druckgeräte sind einem vom Hersteller zu wählenden Konformitätsbewertungsverfahren entsprechend der Kategorie, zu der sie gehören, zu unterziehen. Der Hersteller kann sich auch für ein Verfahren entscheiden, das für eine höhere Kategorie vorgesehen ist, sofern es eine solche gibt.

(4) Im Rahmen der Qualitätssicherungsverfahren für unter die Kategorien III und IV fallende Druckgeräte nach Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe a Ziffer i und Buchstabe a Ziffer ii erster Gedankenstrich sowie Buchstabe b entnimmt die notifizierte Stelle bei unangemeldeten Besuchen in Fertigungs- oder Lagerstätten Druckgeräte, um die Abnahme nach Anhang I Nummer 3.2 durchzuführen oder durchführen zu lassen. Hierfür unterrichtet der Hersteller die notifizierte Stelle über das vorgesehene Produktionsprogramm. Die notifizierte Stelle nimmt im ersten Jahr der Fertigung mindestens zwei Besuche vor. Die Häufigkeit der folgenden Besuche wird von der notifizierten Stelle nach den Kriterien der Nummer 4.4 der Module D, E und H sowie Nummer 5.4 des Moduls H1 festgelegt.

(5) Im Fall einer Einzelanfertigung von unter die Kategorie III fallenden Behältern und Druckgeräten nach Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe b im Rahmen des Modul-H-Verfahrens führt die notifizierte Stelle die Abnahme nach Anhang I Nummer 3.2 für jedes Stück durch oder lässt diese durchführen. Hierfür unterrichtet der Hersteller die notifizierte Stelle über das vorgesehene Produktionsprogramm.

(6) Baugruppen im Sinne des Artikels 4 Absatz 2 sind einer Gesamtbewertung der Konformität zu unterziehen, die die folgenden Bewertungen umfasst:

a) die Bewertung jedes einzelnen der Druckgeräte im Sinne des Artikels 4 Absatz 1, aus denen diese Baugruppe zusammengesetzt ist und die zuvor keinem getrennten Konformitätsbewertungsverfahren und keiner getrennten CE-Kennzeichnung unterzogen wurden; das Bewertungsverfahren richtet sich nach der Kategorie jedes einzelnen dieser Druckgeräte;

b) die Bewertung des Zusammenbaus der verschiedenen Einzelteile der Baugruppe gemäß Anhang I Nummern 2.3, 2.8 und 2.9; diese ist entsprechend der höchsten Kategorie der betreffenden Druckgeräte durchzuführen, wobei Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion nicht berücksichtigt werden;

c) die Bewertung des Schutzes der Baugruppe vor einem Überschreiten der zulässigen Betriebsgrenzen gemäß Anhang I Nummern 2.10 und 3.2.3; diese ist entsprechend der höchsten Kategorie der zu schützenden Druckgeräte durchzuführen.

(7) Abweichend von den Absätzen 1 und 2 des vorliegenden Artikels können die zuständigen Behörden in berechtigten Fällen im Hoheitsgebiet des betreffenden Mitgliedstaats für Versuchszwecke die Bereitstellung auf dem Markt und die Inbetriebnahme einzelner Druckgeräte und Baugruppen gemäß Artikel 2, auf die die Verfahren der Absätze 1 und 2 des vorliegenden Artikels nicht angewandt wurden, gestatten.

(8) Aufzeichnungen und Schriftwechsel im Zusammenhang mit den Konformitätsbewertungsverfahren werden in einer Amtssprache des Mitgliedstaats abgefasst, in dem die für die Durchführung der Konformitätsbewertungsverfahren zuständige Stelle ihren Sitz hat, oder in einer anderen von dieser Stelle anerkannten Sprache.

Artikel 15

Europäische Werkstoffzulassung

(1) Die europäische Werkstoffzulassung wird auf Antrag eines Herstellers oder mehrerer Hersteller von Werkstoffen oder Druckgeräten von einer notifizierten Stelle gemäß Artikel 20 erteilt, die speziell dafür benannt wurde. Die notifizierte Stelle legt geeignete Untersuchungen und Prüfungen zur Zertifizierung der Übereinstimmung der Werkstofftypen mit den entsprechenden Anforderungen dieser Richtlinie fest und führt diese durch oder lässt diese durchführen. Im Fall von Werkstoffen, deren Verwendung vor dem 29. November 1999 als sicher befunden wurde, hat die notifizierte Stelle bei der Überprüfung der Übereinstimmung die vorhandenen Daten zu berücksichtigen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(2) Vor Erteilung einer europäischen Werkstoffzulassung unterrichtet die notifizierte Stelle die Mitgliedstaaten und die Kommission, indem sie ihnen die entsprechenden Angaben zusendet. Innerhalb einer Frist von drei Monaten kann ein Mitgliedstaat oder die Kommission unter Darlegung der Gründe Bemerkungen vorbringen. Die notifizierte Stelle kann die europäische Werkstoffzulassung erteilen und berücksichtigt hierbei die vorgebrachten Bemerkungen.

(3) Eine Kopie der europäischen Werkstoffzulassung wird den Mitgliedstaaten, den notifizierten Stellen und der Kommission übermittelt.

(4) Entspricht die europäische Werkstoffzulassung den Anforderungen, die sie abdeckt und die in Anhang I aufgeführt sind, veröffentlicht die Kommission die Fundstelle dieser Zulassung. Die Kommission sorgt für die Aktualisierung einer Liste dieser Zulassungen im *Amtsblatt der Europäischen Union*.

(5) Die notifizierte Stelle, die die europäische Werkstoffzulassung erteilt hat, zieht diese Zulassung zurück, wenn sie feststellt, dass die Zulassung nicht hätte erteilt werden dürfen, oder wenn der Werkstofftyp von einer harmonisierten Norm erfasst wird. Sie unterrichtet umgehend die übrigen Mitgliedstaaten, die notifizierten Stellen und die Kommission über jeden Entzug einer Zulassung.

(6) Ist ein Mitgliedstaat oder die Kommission der Auffassung, dass eine europäische Werkstoffzulassung, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, die wesentlichen Sicherheitsanforderungen nicht zur Gänze erfüllt, die sie abdeckt und die in Anhang I aufgeführt sind, beschließt die Kommission im Wege von Durchführungsrechtsakten, ob die Fundstellen dieser europäischen Werkstoffzulassung für Druckgeräte aus dem *Amtsblatt der Europäischen Union* gestrichen werden.

Die in Unterabsatz 1 dieses Absatzes genannten Durchführungsrechtsakte werden gemäß dem in Artikel 44 Absatz 3 genannten Prüfverfahren erlassen.

Artikel 16

Betreiberprüfstellen

(1) Abweichend von den Bestimmungen über die Aufgaben der notifizierten Stellen können die Mitgliedstaaten zulassen, dass in ihrem Hoheitsgebiet Druckgeräte oder Baugruppen, deren Konformität mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen von einer Betreiberprüfstelle bewertet wurde, die gemäß Absatz 7 benannt wurde, in Verkehr gebracht und von den Betreibern in Betrieb genommen werden.

(2) Die Druckgeräte und Baugruppen, deren Konformität von einer Betreiberprüfstelle bewertet wurde, dürfen nicht die CE-Kennzeichnung tragen.

(3) Die Druckgeräte oder Baugruppen nach Absatz 1 dürfen ausschließlich in den Betrieben der Unternehmensgruppe verwendet werden, der die Prüfstelle angehört. Die Gruppe wendet eine gemeinsame Sicherheitspolitik in Bezug auf die technischen Auslegungs-, Fertigungs-, Kontroll-, Wartungs- und Benutzungsbedingungen für Druckgeräte und Baugruppen an.

(4) Die Betreiberprüfstellen arbeiten ausschließlich für die Unternehmensgruppe, der sie angehören.

(5) Für die Konformitätsbewertung durch die Betreiberprüfstellen gelten die Verfahren der Module A2, C2, F und G nach Anhang III.

(6) Die Mitgliedstaaten teilen den anderen Mitgliedstaaten und der Kommission mit, welche Betreiberprüfstellen sie zugelassen haben, für welche Aufgaben diese benannt wurden und welche Betriebe bei jeder Betreiberprüfstelle unter Absatz 3 fallen.

(7) Bei der Benennung der Betreiberprüfstellen wenden die Mitgliedstaaten die in Artikel 25 ausgeführten Vorschriften an und vergewissern sich, dass die Gruppe, zu der die Betreiberprüfstelle gehört, die Kriterien gemäß Absatz 3 Satz 2 anwendet.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Artikel 17

EU-Konformitätserklärung

(1) Die EU-Konformitätserklärung besagt, dass die Erfüllung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I nachgewiesen wurde.

(2) Die EU-Konformitätserklärung entspricht in ihrem Aufbau dem Muster in Anhang IV, enthält die in den einschlägigen Konformitätsbewertungsverfahren des Anhangs III angegebenen Elemente und wird stets auf dem neuesten Stand gehalten. Sie wird in die Sprache bzw. Sprachen übersetzt, die von dem Mitgliedstaat vorgeschrieben wird/werden, in dem das Druckgerät oder die Baugruppe in Verkehr gebracht wird bzw. auf dessen Markt das Druckgerät bereitgestellt wird.

(3) Unterliegen Druckgeräte oder Baugruppen mehreren Rechtsvorschriften der Europäischen Union, in denen jeweils eine EU-Konformitätserklärung vorgeschrieben ist, wird nur eine einzige EU-Konformitätserklärung für sämtliche EU-Rechtsvorschriften ausgestellt. In dieser Erklärung sind die betroffenen Rechtsvorschriften der Union samt ihrer Fundstelle im Amtsblatt anzugeben.

(4) Mit der Ausstellung der EU-Konformitätserklärung übernimmt der Hersteller die Verantwortung für die Konformität des Druckgeräts oder der Baugruppe mit den Anforderungen dieser Richtlinie.

Artikel 18

Allgemeine Grundsätze der CE-Kennzeichnung

Für die CE-Kennzeichnung gelten die allgemeinen Grundsätze gemäß Artikel 30 der Verordnung (EG) Nr. 765/2008.

Artikel 19

Vorschriften und Bedingungen für die Anbringung der CE-Kennzeichnung

(1) Die CE-Kennzeichnung ist gut sichtbar, leserlich und dauerhaft anzubringen auf

a) dem Druckgerät im Sinne von Artikel 4 Absatz 1 oder seiner Datenplakette und

b) der Baugruppe im Sinne von Artikel 4 Absatz 2 oder ihrer Datenplakette.

Falls die Art des Druckgeräts oder der Baugruppe dies nicht zulässt oder nicht rechtfertigt, ist die CE-Kennzeichnung auf der Verpackung und den Begleitunterlagen anzubringen.

Das Druckgerät oder die Baugruppe nach Unterabsatz 1 Buchstabe a bzw. b muss fertig hergestellt sein oder sich in einem Zustand befinden, der die Abnahmeprüfung gemäß Anhang I Nummer 3.2 ermöglicht.

(2) Es ist nicht erforderlich, die CE-Kennzeichnung auf jedem einzelnen der Druckgeräte anzubringen, aus denen sich eine Baugruppe zusammensetzt. Die einzelnen Druckgeräte, die bei ihrem Einbau in die Baugruppe bereits die CE-Kennzeichnung tragen, behalten diese Kennzeichnung.

(3) Die CE-Kennzeichnung ist vor dem Inverkehrbringen des Druckgeräts oder der Baugruppe anzubringen.

(4) Hinter der CE-Kennzeichnung steht die Kennnummer der notifizierten Stelle, falls diese Stelle in der Phase der Fertigungskontrolle tätig war.

Die Kennnummer der notifizierten Stelle ist entweder von der Stelle selbst oder nach ihren Anweisungen durch den Hersteller oder seinen Bevollmächtigten anzubringen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(5) Hinter der CE-Kennzeichnung und gegebenenfalls der in Absatz 4 genannten Kennnummer kann ein anderes Zeichen stehen, das ein besonderes Risiko oder eine besondere Verwendung angibt.

(6) Die Mitgliedstaaten stützen sich auf die bestehenden Mechanismen, um eine ordnungsgemäße Durchführung des Systems der CE-Kennzeichnung sicherzustellen, und leiten im Fall einer missbräuchlichen Verwendung dieser Kennzeichnung angemessene Maßnahmen ein.

KAPITEL 4

NOTIFIZIERUNG VON KONFORMITÄTSBEWERTUNGSSTELLEN

Artikel 20

Notifizierung

Die Mitgliedstaaten notifizieren der Kommission und den übrigen Mitgliedstaaten die notifizierten Stellen und Betreiberprüfstellen, die befugt sind, Konformitätsbewertungsaufgaben gemäß Artikel 14, 15 oder 16 wahrzunehmen, und die unabhängigen Prüfstellen mit, die sie für die Wahrnehmung der Aufgaben gemäß Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 anerkannt haben.

Artikel 21

Notifizierende Behörden

(1) Die Mitgliedstaaten benennen eine notifizierende Behörde, die für die Einrichtung und Durchführung der erforderlichen Verfahren für die Bewertung und Notifizierung von Konformitätsbewertungsstellen und für die Überwachung der notifizierten Stellen, anerkannten unabhängigen Prüfstellen und Betreiberprüfstellen, einschließlich der Einhaltung von Artikel 27, zuständig ist.

(2) Die Mitgliedstaaten können entscheiden, dass die Bewertung und Überwachung nach Absatz 1 durch eine nationale Akkreditierungsstelle im Sinne von und im Einklang mit der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 erfolgt.

(3) Falls die notifizierende Behörde die in Absatz 1 genannte Bewertung, Notifizierung oder Überwachung an eine nicht hoheitliche Stelle delegiert oder ihr auf andere Weise überträgt, so muss diese Stelle eine juristische Person sein und den Anforderungen des Artikels 22 entsprechend genügen. Außerdem muss diese Stelle Vorsorge zur Deckung von aus ihrer Tätigkeit entstehenden Haftungsansprüchen treffen.

(4) Die notifizierende Behörde trägt die volle Verantwortung für die von der in Absatz 3 genannten Stelle durchgeführten Tätigkeiten.

Artikel 22

Anforderungen an notifizierende Behörden

(1) Eine notifizierende Behörde wird so eingerichtet, dass es zu keinerlei Interessenkonflikt mit den Konformitätsbewertungsstellen kommt.

(2) Eine notifizierende Behörde gewährleistet durch ihre Organisation und Arbeitsweise, dass bei der Ausübung ihrer Tätigkeit Objektivität und Unparteilichkeit gewahrt sind.

(3) Eine notifizierende Behörde wird so strukturiert, dass jede Entscheidung über die Notifizierung einer Konformitätsbewertungsstelle von kompetenten Personen getroffen wird, die nicht mit den Personen identisch sind, welche die Bewertung durchgeführt haben.

(4) Eine notifizierende Behörde darf weder Tätigkeiten, die Konformitätsbewertungsstellen durchführen, noch Beratungsleistungen auf einer gewerblichen oder wettbewerblichen Basis anbieten oder erbringen.

(5) Eine notifizierende Behörde stellt die Vertraulichkeit der von ihr erlangten Informationen sicher.

(6) Einer notifizierenden Behörde stehen kompetente Mitarbeiter in ausreichender Zahl zur Verfügung, so dass sie ihre Aufgaben ordnungsgemäß wahrnehmen kann.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Artikel 23

Informationspflichten der notifizierenden Behörden

Jeder Mitgliedstaat unterrichtet die Kommission über seine Verfahren zur Bewertung und Notifizierung von Konformitätsbewertungsstellen und zur Überwachung von notifizierten Stellen, unabhängigen Prüfstellen und Betreiberprüfstellen sowie über diesbezügliche Änderungen.

Die Kommission macht diese Informationen der Öffentlichkeit zugänglich.

Artikel 24

Anforderungen an notifizierte Stellen und anerkannte unabhängige Prüfstellen

(1) Eine notifizierte Stelle oder eine anerkannte unabhängige Prüfstelle erfüllt für die Zwecke der Notifizierung die Anforderungen der Absätze 2 bis 11.

(2) Eine Konformitätsbewertungsstelle ist nach dem nationalen Recht eines Mitgliedstaats gegründet und ist mit Rechtspersönlichkeit ausgestattet.

(3) Bei einer Konformitätsbewertungsstelle muss es sich um einen unabhängigen Dritten handeln, der mit der Einrichtung oder dem Druckgerät bzw. der Baugruppe, die oder das er bewertet, in keinerlei Verbindung steht.

Eine Stelle, die einem Wirtschaftsverband oder einem Fachverband angehört und die Druckgeräte oder Baugruppen bewertet, an deren Entwurf, Herstellung, Bereitstellung, Montage, Gebrauch oder Wartung Unternehmen beteiligt sind, die von diesem Verband vertreten werden, kann als eine derartige Stelle gelten, sofern sie nachweislich unabhängig ist und erwiesenermaßen keinerlei Interessenkonflikte vorliegen.

(4) Eine Konformitätsbewertungsstelle, ihre oberste Leitungsebene und die für die Erfüllung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Mitarbeiter dürfen nicht Konstrukteur, Hersteller, Lieferant, Installateur, Käufer, Eigentümer, Verwender oder Wartungsbetrieb der zu bewertenden Druckgeräte oder Baugruppen oder Vertreter einer dieser Parteien sein. Dies schließt nicht die Verwendung von bereits einer Konformitätsbewertung unterzogenen Druckgeräten oder Baugruppen, die für die Tätigkeit der Konformitätsbewertungsstelle nötig sind, oder die Verwendung solcher Geräte für den persönlichen Gebrauch aus.

Eine Konformitätsbewertungsstelle, ihre oberste Leitungsebene und die für die Erfüllung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Mitarbeiter dürfen weder direkt an Entwurf, Herstellung bzw. Bau, Vermarktung, Installation, Verwendung oder Wartung dieser Druckgeräte oder Baugruppen beteiligt sein noch die an diesen Tätigkeiten beteiligten Parteien vertreten. Sie dürfen sich nicht mit Tätigkeiten befassen, die ihre Unabhängigkeit bei der Beurteilung oder ihre Integrität im Zusammenhang mit den Konformitätsbewertungsmaßnahmen, für die sie notifiziert sind, beeinträchtigen können. Dies gilt insbesondere für Beratungsdienstleistungen.

Die Konformitätsbewertungsstellen gewährleisten, dass Tätigkeiten ihrer Zweigunternehmen oder Unterauftragnehmer die Vertraulichkeit, Objektivität oder Unparteilichkeit ihrer Konformitätsbewertungstätigkeiten nicht beeinträchtigen.

(5) Die Konformitätsbewertungsstellen und ihre Mitarbeiter führen die Konformitätsbewertungstätigkeiten mit der größtmöglichen Professionalität und der erforderlichen fachlichen Kompetenz in dem betreffenden Bereich durch; sie dürfen keinerlei Einflussnahme, insbesondere finanzieller Art, ausgesetzt sein, die sich auf ihre Beurteilung oder die Ergebnisse ihrer Konformitätsbewertungsarbeit auswirken könnte und speziell von Personen oder Personengruppen ausgeht, die ein Interesse am Ergebnis dieser Tätigkeiten haben.

(6) Eine Konformitätsbewertungsstelle ist in der Lage, alle Konformitätsbewertungsaufgaben zu bewältigen, die ihr nach Maßgabe von Artikel 14 oder Artikel 15 oder Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 zufallen und für die sie notifiziert wurde, gleichgültig, ob diese Aufgaben von der Stelle selbst, in ihrem Auftrag oder unter ihrer Verantwortung erfüllt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Eine Konformitätsbewertungsstelle verfügt jederzeit, für jedes Konformitätsbewertungsverfahren und für jede Art und Kategorie von Druckgeräten, für die sie notifiziert wurde, über

a) die erforderlichen Mitarbeiter mit Fachkenntnis und ausreichender einschlägiger Erfahrung, um die bei der Konformitätsbewertung anfallenden Aufgaben zu erfüllen,

b) Beschreibungen von Verfahren, nach denen die Konformitätsbewertung durchgeführt wird, um die Transparenz und die Wiederholbarkeit dieser Verfahren sicherzustellen, sowie über angemessene Strategien und geeignete Verfahren, bei denen zwischen den Aufgaben, die sie als Konformitätsbewertungsstelle wahrnimmt, und anderen Tätigkeiten unterschieden wird,

c) Verfahren zur Durchführung von Tätigkeiten unter gebührender Berücksichtigung der Größe eines Unternehmens, der Branche, in der es tätig ist, seiner Struktur, dem Grad an Komplexität der jeweiligen Produkttechnologie und der Tatsache, dass es sich bei dem Produktionsprozess um eine Massenfertigung oder Serienproduktion handelt.

Einer Konformitätsbewertungsstelle stehen die erforderlichen Mittel zur angemessenen Erledigung der technischen und administrativen Aufgaben zur Verfügung, die mit der Konformitätsbewertung verbunden sind, und sie hat Zugang zu allen benötigten Ausrüstungen oder Einrichtungen.

(7) Das Personal, das für die Ausführung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständig ist, verfügt über

a) eine solide Fach- und Berufsausbildung, die alle Tätigkeiten für die Konformitätsbewertung in dem Bereich umfasst, für den die Konformitätsbewertungsstelle notifiziert wurde,

b) eine ausreichende Kenntnis der Anforderungen, die mit den durchzuführenden Bewertungen verbunden sind, und die entsprechende Befugnis, solche Bewertungen durchzuführen,

c) angemessene Kenntnisse und Verständnis der wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I, der geltenden harmonisierten Normen und der betreffenden Bestimmungen der Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union und der nationalen Rechtsvorschriften,

d) die Fähigkeit zur Erstellung von Bescheinigungen, Protokollen und Berichten als Nachweis für durchgeführte Bewertungen.

(8) Die Unparteilichkeit der Konformitätsbewertungsstellen, ihrer obersten Leitungsebenen und des für die Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Personals wird garantiert.

Die Entlohnung der obersten Leitungsebene und der für die Erfüllung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Mitarbeiter darf sich nicht nach der Anzahl der durchgeführten Bewertungen oder deren Ergebnissen richten.

(9) Die Konformitätsbewertungsstellen schließen eine Haftpflichtversicherung ab, sofern die Haftpflicht nicht aufgrund der nationalen Rechtsvorschriften vom Staat übernommen wird oder der Mitgliedstaat selbst unmittelbar für die Konformitätsbewertung verantwortlich ist.

(10) Informationen, welche die Mitarbeiter einer Konformitätsbewertungsstelle bei der Durchführung ihrer Aufgaben gemäß Artikel 14, Artikel 15 oder Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 oder einer ihrer nationalen Durchführungsvorschriften erhalten, fallen unter die berufliche Schweigepflicht, außer gegenüber den zuständigen Behörden des Mitgliedstaats, in dem sie ihre Tätigkeiten ausüben. Eigentumsrechte werden geschützt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(11) Die Konformitätsbewertungsstellen wirken an den einschlägigen Normungsaktivitäten und den Aktivitäten der Koordinierungsgruppe notifizierter Stellen mit, die im Rahmen der jeweiligen Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union geschaffen wurde, bzw. sorgen dafür, dass die für die Erfüllung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Mitarbeiter darüber informiert werden, und wenden die von dieser Gruppe ausgearbeiteten Verwaltungsentscheidungen und Dokumente als allgemeine Leitlinien an.

Artikel 25

Anforderungen an Betreiberprüfstellen

(1) Eine Betreiberprüfstelle erfüllt für die Zwecke der Notifizierung die Anforderungen der Absätze 2 bis 11.

(2) Eine Betreiberprüfstelle ist nach dem nationalen Recht eines Mitgliedstaats gegründet und ist mit Rechtspersönlichkeit ausgestattet.

(3) Eine Betreiberprüfstelle muss organisatorisch abgrenzbar sein und innerhalb der Gruppe, zu der sie gehört, über Berichtsverfahren verfügen, die ihre Unparteilichkeit sicherstellen und belegen.

(4) Eine Betreiberprüfstelle, ihre oberste Leitungsebene und die für die Erfüllung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Mitarbeiter dürfen nicht Konstrukteur, Hersteller, Lieferant, Installateur, Käufer, Eigentümer, Verwender oder Wartungsbetrieb der zu bewertenden Druckgeräte bzw. Baugruppen oder Bevollmächtigter einer dieser Parteien sein. Dies schließt nicht die Verwendung von bereits einer Konformitätsbewertung unterzogenen Druckgeräten bzw. Baugruppen, die für die Tätigkeit der Betreiberprüfstelle nötig sind, oder die Verwendung solcher Geräte für den persönlichen Gebrauch aus.

Eine Betreiberprüfstelle, ihre oberste Leitungsebene und die für die Erfüllung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Mitarbeiter dürfen weder direkt an Entwurf, Herstellung bzw. Bau, Vermarktung, Installation, Verwendung oder Wartung dieser Druckgeräte oder Baugruppen beteiligt sein, noch die an diesen Tätigkeiten beteiligten Parteien vertreten. Sie dürfen sich nicht mit Tätigkeiten befassen, die ihre Unabhängigkeit bei der Beurteilung oder ihre Integrität im Zusammenhang mit den Konformitätsbewertungsmaßnahmen, für die sie notifiziert sind, beeinträchtigen können. Dies gilt insbesondere für Beratungsdienstleistungen.

(5) Die Betreiberprüfstellen und ihre Mitarbeiter führen die Konformitätsbewertungstätigkeiten mit der größtmöglichen Professionalität und der erforderlichen fachlichen Kompetenz in dem betreffenden Bereich durch; sie dürfen keinerlei Einflussnahme, insbesondere finanzieller Art, ausgesetzt sein, die sich auf ihre Beurteilung oder die Ergebnisse ihrer Konformitätsbewertungsarbeit auswirken könnte und speziell von Personen oder Personengruppen ausgeht, die ein Interesse am Ergebnis dieser Tätigkeiten haben.

(6) Eine Betreiberprüfstelle ist in der Lage, alle Konformitätsbewertungsaufgaben zu bewältigen, die ihr nach Maßgabe von Artikel 16 zufallen und für die sie notifiziert wurde, gleichgültig, ob diese Aufgaben von der Betreiberprüfstelle selbst, in ihrem Auftrag oder unter ihrer Verantwortung erfüllt werden.

Eine Betreiberprüfstelle verfügt jederzeit, für jedes Konformitätsbewertungsverfahren und für jede Art und Kategorie von Druckgeräten, für die sie notifiziert wurde, über

a) die erforderlichen Mitarbeiter mit Fachkenntnis und ausreichender einschlägiger Erfahrung, um die bei der Konformitätsbewertung anfallenden Aufgaben zu erfüllen,

b) Beschreibungen von Verfahren, nach denen die Konformitätsbewertung durchgeführt wird, um die Transparenz und die Wiederholbarkeit dieser Verfahren sicherzustellen, sowie über angemessene Strategien und geeignete Verfahren, bei denen zwischen den Aufgaben, die sie als Betreiberprüfstelle wahrnimmt, und anderen Tätigkeiten unterschieden wird,

c) Verfahren zur Durchführung von Tätigkeiten unter gebührender Berücksichtigung der Größe eines Unternehmens, der Branche, in der es tätig ist, seiner Struktur, dem Grad an Komplexität der jeweiligen Produkttechnologie und der Tatsache, dass es sich bei dem Produktionsprozess um eine Massenfertigung oder Serienproduktion handelt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Einer Betreiberprüfstelle stehen die erforderlichen Mittel zur angemessenen Erledigung der technischen und administrativen Aufgaben zur Verfügung, die mit der Konformitätsbewertung verbunden sind, und sie hat Zugang zu allen benötigten Ausrüstungen oder Einrichtungen.

(7) Die Mitarbeiter, die für die Durchführung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständig sind, verfügen über

a) eine solide Fach- und Berufsausbildung, die alle Tätigkeiten für die Konformitätsbewertung in dem Bereich umfasst, für den die Konformitätsbewertungsstelle notifiziert wurde,

b) eine ausreichende Kenntnis der Anforderungen, die mit den durchzuführenden Bewertungen verbunden sind, und die entsprechende Befugnis, solche Bewertungen durchzuführen,

c) angemessene Kenntnisse und Verständnis der wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I, der geltenden harmonisierten Normen und der betreffenden Bestimmungen der Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union und der nationalen Rechtsvorschriften,

d) die Fähigkeit zur Erstellung von Bescheinigungen, Protokollen und Berichten als Nachweis für durchgeführte Bewertungen.

(8) Die Unparteilichkeit der Betreiberprüfstellen, ihrer obersten Leitungsebenen und der für die Erfüllung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Mitarbeiter wird garantiert. Die Betreiberprüfstellen dürfen keiner Tätigkeit nachgehen, die der Unabhängigkeit ihres Urteils oder ihrer Integrität im Zusammenhang mit den Bewertungsaufgaben schaden könnten.

Die Entlohnung der obersten Leitungsebene und der für die Erfüllung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Mitarbeiter darf sich nicht nach der Anzahl der durchgeführten Bewertungen oder deren Ergebnissen richten.

(9) Die Betreiberprüfstellen schließen eine angemessene Haftpflichtversicherung ab, es sei denn, diese Haftpflicht wird von der Gruppe übernommen, der sie angehören.

(10) Informationen, welche die Mitarbeiter einer Betreiberprüfstelle bei der Durchführung ihrer Aufgaben gemäß Artikel 16 oder einer der nationalen Durchführungsvorschriften erhalten, fallen unter die berufliche Schweigepflicht außer gegenüber den zuständigen Behörden des Mitgliedstaats, in dem sie ihre Tätigkeiten ausüben. Eigentumsrechte werden geschützt.

(11) Die Betreiberprüfstellen wirken an den einschlägigen Normungsaktivitäten und den Aktivitäten der Koordinierungsgruppe notifizierter Stellen mit, die im Rahmen der jeweiligen Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union geschaffen wurde, bzw. sorgen dafür, dass die für die Erfüllung der Konformitätsbewertungsaufgaben zuständigen Mitarbeiter darüber informiert werden, und wenden die von dieser Gruppe ausgearbeiteten Verwaltungsentscheidungen und Dokumente als allgemeine Leitlinien an.

Artikel 26

Vermutung der Konformität von Konformitätsbewertungsstellen

Weist eine Konformitätsbewertungsstelle nach, dass sie die Kriterien der einschlägigen harmonisierten Normen oder ihrer Teile erfüllt, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht worden sind, wird vermutet, dass sie die Anforderungen nach Artikel 24 oder 25 erfüllt, insoweit als die anwendbaren harmonisierten Normen diese Anforderungen abdecken.

Artikel 27

Zweigunternehmen von Konformitätsbewertungsstellen und Vergabe von Unteraufträgen

(1) Vergibt eine notifizierte Stelle, eine Betreiberprüfstelle oder eine anerkannte unabhängige Prüfstelle bestimmte mit der Konformitätsbewertung verbundene Aufgaben an Unterauftragnehmer oder überträgt sie diese einem Zweigunternehmen, stellt sie sicher, dass der Unterauftragnehmer oder das Zweigunternehmen die Anforderungen von Artikel 24 oder Artikel 25 erfüllt, und unterrichtet die notifizierende Behörde entsprechend.

(2) Die notifizierten Stellen, Betreiberprüfstellen und anerkannten unabhängigen Prüfstellen tragen die volle Verantwortung für die Arbeiten, die von Unterauftragnehmern oder Zweigunternehmen ausgeführt werden, unabhängig davon, wo diese niedergelassen sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(3) Arbeiten dürfen nur dann an einen Unterauftragnehmer vergeben oder einem Zweigunternehmen übertragen werden, wenn der Kunde dem zustimmt.

(4) Die notifizierten Stellen, Betreiberprüfstellen und anerkannten unabhängigen Prüfstellen halten die einschlägigen Unterlagen über die Begutachtung der Qualifikation des Unterauftragnehmers oder des Zweigunternehmens und die von ihm gemäß Artikel 14, Artikel 15, Artikel 16 oder Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 ausgeführten Arbeiten für die notifizierende Behörde bereit.

Artikel 28

Anträge auf Notifizierung

(1) Eine Konformitätsbewertungsstelle beantragt ihre Notifizierung bei der notifizierenden Behörde des Mitgliedstaats, in dem sie ansässig ist.

(2) Dem Antrag auf Notifizierung legt sie eine Beschreibung der Konformitätsbewertungstätigkeiten, des/der Konformitätsbewertungsmoduls/-e und der Druckgeräte, für die diese Stelle Kompetenz beansprucht, sowie, wenn vorhanden, eine Akkreditierungsurkunde bei, die von einer nationalen Akkreditierungsstelle ausgestellt wurde und in der diese bescheinigt, dass die Konformitätsbewertungsstelle die Anforderungen von Artikel 24 oder 25 erfüllt.

(3) Kann die Konformitätsbewertungsstelle keine Akkreditierungsurkunde vorweisen, legt sie der notifizierenden Behörde als Nachweis alle Unterlagen vor, die erforderlich sind, um zu überprüfen, festzustellen und regelmäßig zu überwachen, ob sie die Anforderungen von Artikel 24 oder 25 erfüllt.

Artikel 29

Notifizierungsverfahren

(1) Die notifizierenden Behörden dürfen nur Konformitätsbewertungsstellen notifizieren, die die Anforderungen von Artikel 24 oder 25 erfüllen.

(2) Sie unterrichten die Kommission und die übrigen Mitgliedstaaten mit Hilfe des elektronischen Notifizierungsinstruments, das von der Kommission entwickelt und verwaltet wird.

(3) Eine Notifizierung enthält vollständige Angaben zu den Konformitätsbewertungstätigkeiten, dem/den betreffenden Konformitätsbewertungsmodul/-en und den betreffenden Druckgeräten sowie die betreffende Bestätigung der Kompetenz.

(4) Beruht eine Notifizierung nicht auf einer Akkreditierungsurkunde gemäß Artikel 28 Absatz 2, legt die notifizierende Behörde der Kommission und den übrigen Mitgliedstaaten die Unterlagen, die die Kompetenz der Konformitätsbewertungsstelle nachweisen, sowie die Vereinbarungen vor, die getroffen wurden, um sicherzustellen, dass die Stelle regelmäßig überwacht wird und stets den Anforderungen nach Artikel 24 oder 25 genügt.

(5) Die betreffende Stelle darf die Aufgaben einer notifizierten Stelle, einer anerkannten unabhängigen Prüfstelle oder einer Betreiberprüfstelle nur dann wahrnehmen, wenn weder die Kommission noch die übrigen Mitgliedstaaten innerhalb von zwei Wochen nach dieser Notifizierung, wenn eine Akkreditierungsurkunde vorliegt, oder innerhalb von zwei Monaten nach einer Notifizierung, wenn keine Akkreditierung vorliegt, Einwände erhoben haben.

Nur eine solche Stelle gilt für die Zwecke dieser Richtlinie als notifizierte Stelle, anerkannte unabhängige Prüfstelle oder Betreiberprüfstelle.

(6) Die notifizierende Behörde teilt der Kommission und den übrigen Mitgliedstaaten jede später eintretende Änderung der Notifizierung mit.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Artikel 30

Kennnummern und Verzeichnis notifizierter Stellen

(1) Die Kommission weist einer notifizierten Stelle eine Kennnummer zu.

Selbst wenn eine Stelle für mehrere Rechtsvorschriften der Union notifiziert ist, erhält sie nur eine einzige Kennnummer.

(2) Die Kommission veröffentlicht das Verzeichnis der nach dieser Richtlinie notifizierten Stellen samt den ihnen zugewiesenen Kennnummern und den Tätigkeiten, für die sie notifiziert wurden.

Die Kommission trägt dafür Sorge, dass das Verzeichnis stets auf dem neuesten Stand gehalten wird.

Artikel 31

Verzeichnis von anerkannten unabhängigen Prüfstellen und Betreiberprüfstellen

Die Kommission veröffentlicht das Verzeichnis der nach dieser Richtlinie notifizierten anerkannten unabhängigen Prüfstellen und Betreiberprüfstellen und der Tätigkeiten, für die sie anerkannt wurden.

Die Kommission trägt dafür Sorge, dass das Verzeichnis stets auf dem neuesten Stand gehalten wird.

Artikel 32

Änderungen der Notifizierungen

(1) Falls eine notifizierende Behörde feststellt oder darüber unterrichtet wird, dass eine notifizierte Stelle oder eine anerkannte unabhängige Prüfstelle die in Artikel 24 genannten Anforderungen nicht mehr erfüllt oder dass sie ihren Pflichten nicht nachkommt, schränkt sie die Notifizierung gegebenenfalls ein, setzt sie aus oder widerruft sie, wobei sie das Ausmaß berücksichtigt, in dem diesen Anforderungen nicht genügt oder diesen Pflichten nicht nachgekommen wurde. Sie unterrichtet unverzüglich die Kommission und die übrigen Mitgliedstaaten darüber.

Falls eine notifizierende Behörde feststellt oder darüber unterrichtet wird, dass eine Betreiberprüfstelle die in Artikel 25 genannten Anforderungen nicht mehr erfüllt oder dass sie ihren Pflichten nicht nachkommt, schränkt sie die Notifizierung gegebenenfalls ein, setzt sie aus oder widerruft sie, wobei sie das Ausmaß berücksichtigt, in dem diesen Anforderungen nicht genügt oder diesen Pflichten nicht nachgekommen wurde. Sie unterrichtet unverzüglich die Kommission und die übrigen Mitgliedstaaten darüber.

(2) Bei Widerruf, Einschränkung oder Aussetzung der Notifizierung oder wenn die notifizierte Stelle, die anerkannte unabhängige Prüfstelle oder die Betreiberprüfstelle ihre Tätigkeit einstellt, ergreift der notifizierende Mitgliedstaat die geeigneten Maßnahmen, um zu gewährleisten, dass die Akten dieser Stelle von einer anderen notifizierten Stelle, anerkannten unabhängigen Prüfstelle oder Betreiberprüfstelle weiter bearbeitet bzw. für die zuständigen notifizierenden Behörden und Marktüberwachungsbehörden auf deren Verlangen bereitgehalten werden.

Artikel 33

Anfechtung der Kompetenz von notifizierten Stellen, anerkannten unabhängigen Prüfstellen und Betreiberprüfstellen

(1) Die Kommission untersucht alle Fälle, in denen sie die Kompetenz einer notifizierten Stelle, einer anerkannten unabhängigen Prüfstelle oder einer Betreiberprüfstelle oder die dauerhafte Erfüllung der entsprechenden Anforderungen und Pflichten durch eine notifizierte Stelle, eine anerkannte unabhängige Prüfstelle oder eine Betreiberprüfstelle anzweifelt oder ihr Zweifel daran zur Kenntnis gebracht werden.

(2) Der notifizierende Mitgliedstaat erteilt der Kommission auf Verlangen sämtliche Auskünfte über die Grundlage für die Notifizierung oder für die Erhaltung der Kompetenz der betreffenden Konformitätsbewertungsstelle.

(3) Die Kommission stellt sicher, dass alle im Verlauf ihrer Untersuchungen erlangten sensiblen Informationen vertraulich behandelt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(4) Stellt die Kommission fest, dass eine notifizierte Stelle, eine anerkannte unabhängige Prüfstelle oder eine Betreiberprüfstelle die Voraussetzungen für ihre Notifizierung nicht oder nicht mehr erfüllt, verabschiedet sie einen Durchführungsrechtsakt, in dem sie den notifizierenden Mitgliedstaat auffordert, die erforderlichen Korrekturmaßnahmen zu treffen, einschließlich eines Widerrufs der Notifizierung, sofern dies nötig ist.

Dieser Durchführungsrechtsakt wird gemäß dem in Artikel 44 Absatz 2 genannten Beratungsverfahren erlassen.

Artikel 34

Pflichten der notifizierten Stellen, Betreiberprüfstellen und anerkannten unabhängigen Prüfstellen in Bezug auf ihre Arbeit

(1) Die notifizierten Stellen, Betreiberprüfstellen und anerkannten unabhängigen Prüfstellen führen Konformitätsbewertungen entsprechend den Konformitätsbewertungsaufgaben gemäß Artikel 14, Artikel 15, Artikel 16 oder Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 durch.

(2) Konformitätsbewertungen werden unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit durchgeführt, wobei unnötige Belastungen der Wirtschaftsakteure vermieden werden.

Die Konformitätsbewertungsstellen üben ihre Tätigkeiten unter gebührender Berücksichtigung der Größe eines Unternehmens, der Branche, in der es tätig ist, seiner Struktur sowie des Grads der Komplexität der betroffenen Druckgeräte- oder Baugruppentechnologie und des Massenfertigungs- oder Seriencharakters des Fertigungsprozesses aus.

Hierbei gehen sie allerdings so streng vor und halten ein solches Schutzniveau ein, wie es für die Konformität des Druckgeräts mit den Anforderungen dieser Richtlinie erforderlich ist.

(3) Stellt eine Konformitätsbewertungsstelle fest, dass ein Hersteller die wesentlichen Sicherheitsanforderungen nicht erfüllt hat, die in Anhang I, den entsprechenden harmonisierten Normen oder sonstigen technischen Spezifikationen festgelegt sind, fordert sie den Hersteller auf, angemessene Korrekturmaßnahmen zu ergreifen, und stellt keine Konformitätsbescheinigung aus.

(4) Hat eine Konformitätsbewertungsstelle bereits eine Bescheinigung ausgestellt und stellt im Rahmen der Überwachung der Konformität fest, dass das Druckgerät die Anforderungen nicht mehr erfüllt, fordert sie den Hersteller auf, angemessene Korrekturmaßnahmen zu ergreifen, und setzt die Bescheinigung falls nötig aus oder zieht sie zurück.

(5) Werden keine Korrekturmaßnahmen ergriffen oder zeigen sie nicht die nötige Wirkung, beschränkt die Konformitätsbewertungsstelle gegebenenfalls alle Bescheinigungen, setzt sie aus bzw. zieht sie zurück.

Artikel 35

Einspruch gegen Entscheidungen von notifizierten Stellen, anerkannten unabhängigen Prüfstellen und Betreiberprüfstellen

Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass Einspruchsverfahren gegen die Entscheidungen von notifizierten Stellen, anerkannten unabhängigen Prüfstellen und Betreiberprüfstellen vorgesehen sind.

Artikel 36

Meldepflichten der notifizierten Stellen, anerkannten unabhängigen Prüfstellen und Betreiberprüfstellen

(1) Die notifizierten Stellen, anerkannten unabhängigen Prüfstellen und die Betreiberprüfstellen melden der notifizierenden Behörde:

a) jede Verweigerung, Einschränkung, Aussetzung oder Rücknahme einer Bescheinigung,

b) alle Umstände, die Folgen für den Geltungsbereich oder die Bedingungen der Notifizierung haben,

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

c) jedes Auskunftsersuchen über Konformitätsbewertungstätigkeiten, das sie von den Marktüberwachungsbehörden erhalten haben,

d) auf Verlangen, welchen Konformitätsbewertungstätigkeiten sie im Geltungsbereich ihrer Notifizierung nachgegangen sind und welche anderen Tätigkeiten, einschließlich grenzüberschreitender Tätigkeiten und Vergabe von Unteraufträgen, sie ausgeführt haben.

(2) Die notifizierten Stellen, anerkannten unabhängigen Prüfstellen und die Betreiberprüfstellen übermitteln den übrigen Stellen, die unter dieser Richtlinie notifiziert sind, ähnlichen Konformitätsbewertungstätigkeiten nachgehen und dieselben Druckgeräte abdecken, einschlägige Informationen über die negativen und auf Verlangen auch über die positiven Ergebnisse von Konformitätsbewertungen.

Artikel 37

Erfahrungsaustausch

Die Kommission organisiert den Erfahrungsaustausch zwischen den nationalen Behörden der Mitgliedstaaten, die für die Notifizierungspolitik zuständig sind.

Artikel 38

Koordinierung der notifizierten Stellen, der anerkannten unabhängigen Prüfstellen und der Betreiberprüfstellen

Die Kommission sorgt dafür, dass eine zweckmäßige Koordinierung und Kooperation zwischen den im Rahmen dieser Richtlinie notifizierten Konformitätsbewertungsstellen in Form einer oder mehrerer sektoraler Gruppen von Konformitätsbewertungsstellen eingerichtet und ordnungsgemäß weitergeführt wird.

Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass sich die von ihnen notifizierten Konformitätsbewertungsstellen an der Arbeit dieser Gruppe bzw. Gruppen direkt oder über benannte Bevollmächtigte beteiligen.

KAPITEL 5

ÜBERWACHUNG DES UNIONSMARKTES, KONTROLLE DER AUF DEN UNIONSMARKT EINGEFÜHRTEN DRUCKGERÄTE UND BAUGRUPPEN UND SCHUTZKLAUSELVERFAHREN

Artikel 39

Überwachung des Unionsmarktes und Kontrolle der auf den Unionsmarkt eingeführten Druckgeräte oder Baugruppen

Für unter Artikel 1 dieser Richtlinie fallende Druckgeräte oder Baugruppen gelten Artikel 15 Absatz 3 und die Artikel 16 bis 29 der Verordnung (EG) Nr. 765/2008.

Artikel 40

Verfahren zur Behandlung von Druckgeräten oder Baugruppen, mit denen ein Risiko verbunden ist, auf nationaler Ebene

(1) Haben die Marktüberwachungsbehörden eines Mitgliedstaats hinreichenden Grund zu der Annahme, dass Druckgeräte oder Baugruppen, die unter diese Richtlinie fallen, mit einem Risiko für die Gesundheit oder Sicherheit von Menschen oder Haus- und Nutztiere oder Güter verbunden sind, so beurteilen sie, ob das betreffende Druckgerät oder die betreffende Baugruppe alle in dieser Richtlinie festgelegten einschlägigen Anforderungen erfüllt. Die betreffenden Wirtschaftsakteure arbeiten zu diesem Zweck im erforderlichen Umfang mit den Marktüberwachungsbehörden zusammen.

Gelangen die Marktüberwachungsbehörden im Verlauf der Beurteilung nach Unterabsatz 1 zu dem Ergebnis, dass das Druckgerät oder die Baugruppe die Anforderungen dieser Richtlinie nicht erfüllt, so fordern sie den betreffenden Wirtschaftsakteur unverzüglich auf, innerhalb einer von der Behörde vorgeschriebenen, der Art des Risikos angemessenen und vertretbaren Frist alle geeigneten Korrekturmaßnahmen zu ergreifen, um die Übereinstimmung des Druckgeräts oder der Baugruppe mit diesen Anforderungen herzustellen oder das Druckgerät oder die Baugruppe zurückzunehmen oder zurückzurufen.

Die Marktüberwachungsbehörden unterrichten die entsprechende notifizierte Stelle.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Artikel 21 der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 gilt für die in Unterabsatz 2 genannten Maßnahmen.

(2) Gelangen die Marktüberwachungsbehörden zu der Auffassung, dass sich die fehlende Konformität nicht auf das Hoheitsgebiet des Mitgliedstaats beschränkt, unterrichten sie die Kommission und die übrigen Mitgliedstaaten über die Ergebnisse der Beurteilung und die Maßnahmen, zu denen sie den Wirtschaftsakteur aufgefordert haben.

(3) Der Wirtschaftsakteur gewährleistet, dass alle geeigneten Korrekturmaßnahmen, die er ergreift, sich auf sämtliche betroffenen Druckgeräte und Baugruppen erstrecken, die er in der Union auf dem Markt bereitgestellt hat.

(4) Ergreift der betreffende Wirtschaftsakteur innerhalb der in Absatz 1 Unterabsatz 2 genannten Frist keine angemessenen Korrekturmaßnahmen, treffen die Marktüberwachungsbehörden alle geeigneten vorläufigen Maßnahmen, um die Bereitstellung des Druckgeräts oder der Baugruppe auf ihrem nationalen Markt zu untersagen oder einzuschränken, das Druckgerät oder die Baugruppe vom Markt zu nehmen oder zurückzurufen.

Die Marktüberwachungsbehörden unterrichten die Kommission und die übrigen Mitgliedstaaten unverzüglich über diese Maßnahmen.

(5) Aus den in Absatz 4 Unterabsatz 2 genannten Informationen gehen alle verfügbaren Angaben hervor, insbesondere die Daten für die Identifizierung des nichtkonformen Druckgeräts oder der nichtkonformen Baugruppe, die Herkunft des Druckgeräts oder der Baugruppe, die Art der behaupteten Nichtkonformität und des Risikos sowie die Art und Dauer der auf nationaler Ebene getroffenen Maßnahmen und die Argumente des betreffenden Wirtschaftsakteurs. Die Marktüberwachungsbehörden geben insbesondere an, ob die fehlende Konformität auf eine der folgenden Ursachen zurückzuführen ist:

a) das Druckgerät oder die Baugruppe erfüllt die Anforderungen hinsichtlich der Gesundheit oder Sicherheit von Menschen oder des Schutzes von Haus- und Nutztieren oder Gütern nicht oder

b) die harmonisierten Normen, bei deren Einhaltung nach Artikel 12 eine Konformitätsvermutung gilt, sind mangelhaft.

(6) Die Mitgliedstaaten — außer jenem, der das Verfahren nach diesem Artikel eingeleitet hat — unterrichten die Kommission und die übrigen Mitgliedstaaten unverzüglich über alle erlassenen Maßnahmen und jede weitere ihnen vorliegende Information über die fehlende Konformität des Druckgeräts oder der Baugruppe sowie, falls sie der erlassenen nationalen Maßnahme nicht zustimmen, über ihre Einwände.

(7) Erhebt weder ein Mitgliedstaat noch die Kommission innerhalb von drei Monaten nach Erhalt der in Absatz 4 Unterabsatz 2 genannten Informationen Einwand gegen eine vorläufige Maßnahme eines Mitgliedstaats, so gilt diese Maßnahme als gerechtfertigt.

(8) Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass unverzüglich geeignete restriktive Maßnahmen hinsichtlich des betreffenden Druckgeräts oder der betreffenden Baugruppe — wie etwa die Rücknahme des Druckgeräts oder der Baugruppe vom Markt — getroffen werden.

Artikel 41

Schutzklauselverfahren der Union

(1) Wurden nach Abschluss des Verfahrens gemäß Artikel 40 Absätze 3 und 4 Einwände gegen eine Maßnahme eines Mitgliedstaats erhoben oder ist die Kommission der Auffassung, dass diese nationale Maßnahme nicht mit dem Unionsrecht vereinbar ist, konsultiert die Kommission unverzüglich die Mitgliedstaaten und den betreffenden Wirtschaftsakteur bzw. die betreffenden Wirtschaftsakteure und nimmt eine Beurteilung der nationalen Maßnahme vor. Anhand der Ergebnisse dieser Beurteilung erlässt die Kommission einen Durchführungsrechtsakt, in dem sie festlegt, ob die nationale Maßnahme gerechtfertigt ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Kommission richtet ihren Beschluss an alle Mitgliedstaaten und teilt ihn diesen und dem betreffenden Wirtschaftsakteur oder den betreffenden Wirtschaftsakteuren unverzüglich mit.

(2) Hält sie die nationale Maßnahme für gerechtfertigt, so ergreifen alle Mitgliedstaaten die erforderlichen Maßnahmen, um zu gewährleisten, dass das nichtkonforme Druckgerät oder die nichtkonforme Baugruppe vom Markt genommen wird, und unterrichten die Kommission darüber. Hält sie die nationale Maßnahme nicht für gerechtfertigt, muss der betreffende Mitgliedstaat sie rückgängig machen.

(3) Gilt die nationale Maßnahme als gerechtfertigt und wird die fehlende Konformität des Druckgeräts oder der Baugruppe auf Mängel der harmonisierten Normen gemäß Artikel 40 Absatz 5 Buchstabe b zurückgeführt, leitet die Kommission das Verfahren nach Artikel 11 der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 ein.

Artikel 42

Konforme Druckgeräte oder Baugruppen, die ein Risiko darstellen

(1) Stellt ein Mitgliedstaat nach einer Beurteilung gemäß Artikel 40 Absatz 1 fest, dass ein Druckgerät oder eine Baugruppe ein Risiko für die Gesundheit oder Sicherheit von Menschen, für Haus- und Nutztiere oder für Güter darstellt, obwohl es bzw. sie mit dieser Richtlinie übereinstimmt, so fordert er den betreffenden Wirtschaftsakteur dazu auf, alle geeigneten Maßnahmen zu ergreifen, um dafür zu sorgen, dass das betreffende Druckgerät oder die betreffende Baugruppe bei seinem bzw. ihrem Inverkehrbringen dieses Risiko nicht mehr aufweist oder dass es bzw. sie innerhalb einer von dem Mitgliedstaat vorgeschriebenen, der Art des Risikos angemessenen und vertretbaren Frist zurückgenommen oder zurückgerufen wird.

(2) Der Wirtschaftsakteur gewährleistet, dass sich seine Korrekturmaßnahmen auf sämtliche betroffenen Druckgeräte oder Baugruppen erstrecken, die er in der Union auf dem Markt bereitgestellt hat.

(3) Der Mitgliedstaat unterrichtet die Kommission und die anderen Mitgliedstaaten unverzüglich. Aus diesen Informationen gehen alle verfügbaren Angaben hervor, insbesondere die Daten für die Identifizierung der betreffenden Druckgeräte oder Baugruppen, ihre Herkunft, ihre Lieferkette, die Art des Risikos sowie die Art und Dauer der auf nationaler Ebene getroffenen Maßnahmen.

(4) Die Kommission konsultiert unverzüglich die Mitgliedstaaten und den betreffenden Wirtschaftsakteur bzw. die betreffenden Wirtschaftsakteure und nimmt eine Beurteilung der auf nationaler Ebene getroffenen Maßnahmen vor. Anhand der Ergebnisse dieser Beurteilung entscheidet die Kommission im Wege von Durchführungsrechtsakten, ob die nationale Maßnahme gerechtfertigt ist oder nicht, und schlägt, falls erforderlich, geeignete Maßnahmen vor.

Die in Unterabsatz 1 dieses Absatzes genannten Durchführungsrechtsakte werden gemäß dem in Artikel 44 Absatz 3 genannten Prüfverfahren erlassen.

In hinreichend begründeten Fällen äußerster Dringlichkeit im Zusammenhang mit dem Schutz der Gesundheit und Sicherheit von Menschen oder dem Schutz von Haus- und Nutztieren oder Gütern erlässt die Kommission nach dem Verfahren gemäß Artikel 44 Absatz 4 sofort geltende Durchführungsrechtsakte.

(5) Die Kommission richtet ihren Beschluss an alle Mitgliedstaaten und teilt ihn diesen und dem betreffenden Wirtschaftsakteur oder den betreffenden Wirtschaftsakteuren unverzüglich mit.

Artikel 43

Formale Nichtkonformität

(1) Unbeschadet des Artikels 40 fordert ein Mitgliedstaat den betroffenen Wirtschaftsakteur auf, die betreffende Nichtkonformität zu beseitigen, falls er einen der folgenden Fälle feststellt:

a) Die CE-Kennzeichnung wurde unter Verletzung von Artikel 30 der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 oder von Artikel 19 dieser Richtlinie angebracht.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

b) Die CE-Kennzeichnung wurde nicht angebracht.

c) Die Kennnummer der notifizierten Stelle, die in der Phase der Fertigungskontrolle tätig war, wurde unter Verletzung von Artikel 19 angebracht oder wurde nicht angebracht.

d) Die Kennzeichnung und Etikettierung nach Anhang I Nummer 3.3 wurde nicht durchgeführt bzw. wurde unter Verletzung von Artikel 19 oder Anhang I Nummer 3.3 durchgeführt.

e) Die EU-Konformitätserklärung wurde nicht ausgestellt.

f) Die EU-Konformitätserklärung wurde nicht ordnungsgemäß ausgestellt.

g) Die technischen Unterlagen sind entweder nicht verfügbar oder unvollständig.

h) Die in Artikel 6 Absatz 6 oder Artikel 8 Absatz 3 genannten Angaben fehlen, sind falsch oder unvollständig.

i) Eine sonstige Verwaltungsanforderung nach Artikel 6 oder Artikel 8 ist nicht erfüllt.

(2) Besteht die Nichtkonformität gemäß Absatz 1 weiter, trifft der betroffene Mitgliedstaat alle geeigneten Maßnahmen, um die Bereitstellung des Druckgeräts bzw. der Baugruppe auf dem Markt zu beschränken oder zu untersagen oder um dafür zu sorgen, dass es bzw. sie zurückgerufen oder vom Markt genommen wird.

KAPITEL 6

AUSSCHUSSVERFAHREN UND DELEGIERTE RECHTSAKTE

Artikel 44

Ausschussverfahren

(1) Die Kommission wird von dem Ausschuss „Druckgeräte“ unterstützt. Dieser Ausschuss ist ein Ausschuss im Sinne der Verordnung (EU) Nr. 182/2011.

(2) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gilt Artikel 4 der Verordnung (EU) Nr. 182/2011.

(3) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gilt Artikel 5 der Verordnung (EU) Nr. 182/2011.

(4) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gilt Artikel 8 der Verordnung (EU) Nr. 182/2011 in Verbindung mit dessen Artikel 5.

(5) Die Kommission hört den Ausschuss zu allen Angelegenheiten, in denen nach der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 oder nach einem anderen Rechtsakt der Union eine Konsultation von Sachverständigen des Sektors vorgeschrieben ist.

Der Ausschuss kann darüber hinaus im Einklang mit seiner Geschäftsordnung jegliche anderen Angelegenheiten im Zusammenhang mit der Anwendung dieser Richtlinie prüfen, die entweder von seinem Vorsitz oder von einem Vertreter eines Mitgliedstaats vorgelegt werden.

Artikel 45

Übertragung von Befugnissen

(1) Zur Berücksichtigung sich abzeichnender, überaus gravierender Sicherheitsprobleme wird der Kommission die Befugnis übertragen, gemäß Artikel 46 zur Neueinstufung von Druckgeräten oder Baugruppen delegierte Rechtsakte zu erlassen, um

a) dafür zu sorgen, dass ein Druckgerät oder eine Baureihe von Druckgeräten, das bzw. die unter Artikel 4 Absatz 3 fällt, den Anforderungen des Artikels 4 Absatz 1 genügt,

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

b) dafür zu sorgen, dass eine Baugruppe oder eine Baureihe von Baugruppen, das bzw. die unter Artikel 4 Absatz 3 fällt, den Anforderungen des Artikels 4 Absatz 2 genügt,

c) ein Druckgerät oder eine Baureihe von Druckgeräten abweichend von den Anforderungen des Anhangs II in eine andere Kategorie einzustufen.

(2) Hegt ein Mitgliedstaat Bedenken hinsichtlich der Sicherheit von Druckgeräten oder Baugruppen, setzt er die Kommission unter Angabe von Gründen unverzüglich davon in Kenntnis.

(3) Bevor sie einen delegierten Rechtsakt erlässt, führt die Kommission eine gründliche Beurteilung der Risiken durch, die eine Neueinstufung erforderlich machen.

Artikel 46

Ausübung der Befugnisübertragung

(1) Die Befugnis zum Erlass delegierter Rechtsakte wird der Kommission unter den in diesem Artikel festgelegten Bedingungen übertragen.

(2) Die Befugnis zum Erlass delegierter Rechtsakte gemäß Artikel 45 wird der Kommission ab dem 1. Juni 2015 für fünf Jahre übertragen. Die Kommission erstellt spätestens neun Monate vor Ablauf des Zeitraums von fünf Jahren einen Bericht über die Befugnisübertragung. Die Befugnisübertragung verlängert sich stillschweigend um Zeiträume gleicher Länge, es sei denn, das Europäische Parlament oder der Rat widersprechen einer solchen Verlängerung spätestens drei Monate vor Ablauf des jeweiligen Zeitraums.

(3) Die Befugnisübertragung gemäß Artikel 45 kann vom Europäischen Parlament oder vom Rat jederzeit widerrufen werden. Der Beschluss über den Widerruf beendet die Übertragung der in diesem Beschluss angegebenen Befugnisse. Er wird am Tag nach seiner Veröffentlichung im *Amtsblatt der Europäischen Union* oder zu einem im Beschluss über den Widerruf angegebenen späteren Zeitpunkt wirksam. Die Gültigkeit von delegierten Rechtsakten, die bereits in Kraft sind, wird von dem Beschluss über den Widerruf nicht berührt.

(4) Sobald die Kommission einen delegierten Rechtsakt erlässt, übermittelt sie ihn gleichzeitig dem Europäischen Parlament und dem Rat.

(5) Ein delegierter Rechtsakt, der gemäß Artikel 45 erlassen wurde, tritt nur in Kraft, wenn weder das Europäische Parlament noch der Rat innerhalb einer Frist von zwei Monaten nach Übermittlung dieses Rechtsakts an das Europäische Parlament und den Rat keine erhoben haben oder wenn vor Ablauf dieser Frist das Europäische Parlament und der Rat beide der Kommission mitgeteilt haben, dass sie keine Einwände erheben werden. Auf Initiative des Europäischen Parlaments oder des Rates wird diese Frist um zwei Monate verlängert.

KAPITEL 7

ÜBERGANGS- UND SCHLUSSBESTIMMUNGEN

Artikel 47

Sanktionen

Die Mitgliedstaaten legen Regelungen für Sanktionen fest, die bei Verstößen der Wirtschaftsakteure gegen die nach Maßgabe dieser Richtlinie erlassenen nationalen Rechtsvorschriften verhängt werden, und treffen die zu deren Durchsetzung erforderlichen Maßnahmen. Solche Regelungen können bei schweren Verstößen strafrechtlicher Natur sein.

Die in Absatz 1 genannten Sanktionen müssen wirksam, verhältnismäßig und abschreckend sein.

Artikel 48

Übergangsbestimmungen

(1) Die Mitgliedstaaten dürfen die Inbetriebnahme von Druckgeräten und Baugruppen, die den in ihrem Hoheitsgebiet zum Zeitpunkt des Beginns der Anwendung der Richtlinie 97/23/EG geltenden Vorschriften entsprechen und bis zum 29. Mai 2002 in Verkehr gebracht wurden, nicht behindern.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(2) Die Mitgliedstaaten dürfen die Bereitstellung auf dem Markt und/oder die Inbetriebnahme von unter die Richtlinie 97/23/EG fallenden Druckgeräten oder Baugruppen, die mit jener Richtlinie übereinstimmen und vor dem 1. Juni 2015 in Verkehr gebracht wurden, nicht behindern.

(3) Gemäß der Richtlinie 97/23/EG von Konformitätsbewertungsstellen ausgestellte Bescheinigungen und gefasste Beschlüsse bleiben im Rahmen der vorliegenden Richtlinie gültig.

Artikel 49

Umsetzung

(1) Die Mitgliedstaaten erlassen und veröffentlichen bis zum 28. Februar 2015 die erforderlichen Rechts- und Verwaltungsvorschriften, um Artikel 13 nachzukommen. Sie teilen der Kommission unverzüglich den Wortlaut dieser Maßnahmen mit.

Sie wenden diese Maßnahmen ab dem 1. Juni 2015 an.

Bei Erlass dieser Maßnahmen nehmen die Mitgliedstaaten in den Vorschriften selbst oder durch einen Hinweis bei der amtlichen Veröffentlichung auf die vorliegende Richtlinie Bezug. In diese Vorschriften fügen sie die Erklärung ein, dass Bezugnahmen in den geltenden Rechts- und Verwaltungsvorschriften auf Artikel 9 der Richtlinie 97/23/EG als Bezugnahmen auf Artikel 13 der vorliegenden Richtlinie gelten. Die Mitgliedstaaten regeln die Einzelheiten dieser Bezugnahme und die Formulierung dieser Erklärung.

(2) Die Mitgliedstaaten erlassen und veröffentlichen bis zum 18. Juli 2016 die erforderlichen Rechts- und Verwaltungsvorschriften, um dem Artikel 2 Absätze 15 bis 32, den Artikeln 6 bis 12, 14, 17 und 18, dem Artikel 19 Absätze 3 bis 5, den Artikeln 20 bis 43, 47 und 48 sowie den Anhängen I, II, III und IV nachzukommen.

Sie teilen der Kommission unverzüglich den Wortlaut dieser Maßnahmen mit. Sie wenden diese Maßnahmen ab dem 19. Juli 2016 an.

Bei Erlass dieser Maßnahmen nehmen die Mitgliedstaaten in den Vorschriften selbst oder durch einen Hinweis bei der amtlichen Veröffentlichung auf die vorliegende Richtlinie Bezug. In diese Vorschriften fügen sie die Erklärung ein, dass Bezugnahmen in den geltenden Rechts- und Verwaltungsvorschriften auf die durch die vorliegende Richtlinie aufgehobene Richtlinie als Bezugnahmen auf die vorliegende Richtlinie gelten. Die Mitgliedstaaten regeln die Einzelheiten dieser Bezugnahme und die Formulierung dieser Erklärung.

(3) Die Mitgliedstaaten teilen der Kommission den Wortlaut der wichtigsten innerstaatlichen Rechtsvorschriften mit, die sie auf dem unter diese Richtlinie fallenden Gebiet erlassen.

Artikel 50

Aufhebung

Artikel 9 der Richtlinie 97/23/EG wird unbeschadet der Pflichten der Mitgliedstaaten hinsichtlich der in Anhang V Teil B genannten Frist für die Umsetzung dieses Artikels in innerstaatliches Recht und für die Anwendung des dort genannten Artikels mit Wirkung vom 1. Juni 2015 gestrichen.

Die Richtlinie 97/23/EG in der Fassung der in Anhang V Teil A aufgeführten Rechtsakte wird unbeschadet der Pflichten der Mitgliedstaaten hinsichtlich der in Anhang V Teil B genannten Frist für die Umsetzung der dort genannten Richtlinie in innerstaatliches Recht und für die Anwendung dieser Richtlinie mit Wirkung vom 19. Juli 2016 aufgehoben.

Bezugnahmen auf die aufgehobene Richtlinie gelten als Bezugnahmen auf die vorliegende Richtlinie und sind nach Maßgabe der Entsprechungstabelle in Anhang VI zu lesen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Artikel 51

Inkrafttreten und Geltung

Diese Richtlinie tritt am zwanzigsten Tag nach ihrer Veröffentlichung im *Amtsblatt der Europäischen Union* in Kraft.

Artikel 1, Artikel 2 Nummern 1 bis 14, Artikel 3, 4, 5, 14, 15 und 16, Artikel 19 Absätze 1 und 2 sowie Artikel 44, 45 und 46 gelten ab dem 19. Juli 2016.

Artikel 52

Adressaten

Diese Richtlinie ist an die Mitgliedstaaten gerichtet.

Geschehen zu Brüssel am 15. Mai 2014.

Im Namen des Europäischen Parlaments	*Im Namen des Rates*
Der Präsident	*Der Präsident*
M. SCHULZ	D. KOURKOULAS

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ANHANG I

WESENTLICHE SICHERHEITSANFORDERUNGEN

VORBEMERKUNGEN

1. Die Pflichten im Zusammenhang mit den in diesem Anhang aufgeführten wesentlichen Sicherheitsanforderungen für Druckgeräte gelten auch für Baugruppen, wenn von ihnen eine entsprechende Gefahr ausgeht.

2. Die in dieser Richtlinie aufgeführten wesentlichen Sicherheitsanforderungen sind bindend. Die Pflichten, die sich aus den wesentlichen Sicherheitsanforderungen ergeben, gelten nur, wenn von dem betreffenden Druckgerät bei Verwendung unter den vom Hersteller nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Bedingungen die entsprechende Gefahr ausgeht.

3. Der Hersteller ist verpflichtet, eine Analyse der Gefahren und Risiken vorzunehmen, um die mit seinem Gerät verbundenen druckbedingten Gefahren und Risiken zu ermitteln; er muss das Gerät dann unter Berücksichtigung seiner Analyse auslegen und bauen.

4. Die wesentlichen Sicherheitsanforderungen sind so zu interpretieren und anzuwenden, dass dem Stand der Technik und der Praxis zum Zeitpunkt der Konzeption und der Fertigung sowie den technischen und wirtschaftlichen Erwägungen Rechnung getragen wird, die mit einem hohen Maß des Schutzes von Gesundheit und Sicherheit zu vereinbaren sind.

1. ALLGEMEINES

1.1. Druckgeräte sind so auszulegen, herzustellen, zu überprüfen und gegebenenfalls auszurüsten und zu installieren, dass ihre Sicherheit gewährleistet ist, wenn sie im Einklang mit der Betriebsanleitung des Herstellers oder unter nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Bedingungen in Betrieb genommen werden.

1.2. Bei der Wahl der angemessensten Lösungen hat der Hersteller folgende Grundsätze, und zwar in der angegebenen Reihenfolge, zu beachten:

— Abwendung oder Verminderung der Gefahren, soweit dies nach vernünftigem Ermessen möglich ist;

— Anwendung von geeigneten Schutzmaßnahmen gegen nicht abzuwendende Gefahren;

— gegebenenfalls Unterrichtung der Benutzer über die Restgefahren und Hinweise auf geeignete besondere Maßnahmen zur Verringerung der Risiken bei der Installation und/oder der Benutzung.

1.3. Wenn die Möglichkeit einer unsachgemäßen Verwendung bekannt oder vorhersehbar ist, sind die Druckgeräte so auszulegen, dass dem einer derartigen Benutzung innewohnenden Risiko vorgebeugt wird oder, falls dies nicht möglich ist, vor einer unsachgemäßen Benutzung des Druckgeräts in angemessener Weise gewarnt wird.

2. ENTWURF

2.1. **Allgemeines**

Druckgeräte sind unter Berücksichtigung aller für die Gewährleistung der Sicherheit der Geräte während ihrer gesamten Lebensdauer entscheidenden Faktoren fachgerecht zu entwerfen.

In dem Entwurf sind geeignete Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen, bei denen umfassende Methoden verwendet werden, von denen bekannt ist, dass sie geeignete Sicherheitsmargen in Bezug auf alle relevanten Ausfallarten konsistent einbeziehen.

2.2. **Auslegung auf die erforderliche Belastbarkeit**

2.2.1. Druckgeräte sind auf Belastungen auszulegen, die der beabsichtigten Verwendung und anderen nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Betriebsbedingungen angemessen sind. Insbesondere sind die folgenden Faktoren zu berücksichtigen:

— Innen- und Außendruck;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— Umgebungs- und Betriebstemperaturen;

— statischer Druck und Füllgewichte unter Betriebs- und Prüfbedingungen;

— Belastungen durch Verkehr, Wind und Erdbeben;

— Reaktionskräfte und -momente im Zusammenhang mit Trageelementen, Befestigungen, Rohrleitungen usw.;

— Korrosion und Erosion, Materialermüdung usw.;

— Zersetzung instabiler Fluide.

Unterschiedliche Belastungen, die gleichzeitig auftreten können, sind unter Beachtung der Wahrscheinlichkeit ihres gleichzeitigen Auftretens zu berücksichtigen.

2.2.2. Die Auslegung auf die erforderliche Belastbarkeit hat auf der Grundlage eines der folgenden Verfahren zu erfolgen:

— in der Regel eine Berechnungsmethode gemäß Nummer 2.2.3, gegebenenfalls ergänzt durch eine experimentelle Auslegungsmethode gemäß Nummer 2.2.4;

— eine experimentelle Auslegungsmethode ohne Berechnung gemäß Nummer 2.2.4, wenn das Produkt aus dem maximal zulässigen Druck (PS) und dem Volumen V kleiner als 6 000 bar L oder das Produkt PS DN kleiner als 3 000 bar ist.

2.2.3. *Berechnungsmethode*

a) Druckfestigkeit und andere Belastungsaspekte

Für Druckgeräte sind die zulässigen Beanspruchungen hinsichtlich der nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Versagensmöglichkeiten abhängig von den Betriebsbedingungen zu begrenzen. Dazu sind Sicherheitsfaktoren anzuwenden, die es ermöglichen, alle Unsicherheiten aufgrund der Herstellung, des tatsächlichen Betriebes, der Beanspruchung, der Berechnungsmodelle, der Werkstoffeigenschaften und des Werkstoffverhaltens vollständig abzudecken.

Die Berechnungsmethoden müssen ausreichende Sicherheitsmargen entsprechend den Bedingungen von Nummer 7, soweit anwendbar, ergeben.

Zur Erfüllung der obigen Anforderungen kann eine der nachfolgenden Methoden, die geeignet ist, gegebenenfalls in Ergänzung oder Kombination angewandt werden:

— Auslegung nach Formeln,

— Auslegung nach Analyseverfahren,

— Auslegung nach bruchmechanischen Verfahren.

b) Belastbarkeit

Zum Nachweis der Belastbarkeit des betreffenden Druckgeräts sind geeignete Auslegungsberechnungen durchzuführen.

Insbesondere gilt Folgendes:

— Die Berechnungsdrücke dürfen nicht geringer als die maximal zulässigen Drücke sein, und die statischen und dynamischen Fluiddrücke sowie die Zerfallsdrücke von instabilen Fluiden sind zu berücksichtigen. Wird ein Behälter in einzelne Druckräume unterteilt, so ist bei der Berechnung der Trennwand zwischen den Druckräumen von dem höchstmöglichen Druck in einem Druckraum und von dem geringstmöglichen Druck in dem benachbarten Druckraum auszugehen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— Die Berechnungstemperaturen müssen angemessene Sicherheitsmargen aufweisen.

— Bei der Auslegung sind alle möglichen Temperatur- und Druckkombinationen zu berücksichtigen, die unter nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Betriebsbedingungen des Gerätes auftreten können.

— Die maximale Spannung und die Spannungskonzentrationen müssen innerhalb sicherer Grenzwerte liegen.

— Bei der Berechnung des Druckraums sind bei den Werkstoffeigenschaften entsprechende Werte zu verwenden, die sich auf belegte Daten stützen, wobei sowohl die Bestimmungen gemäß Nummer 4 als auch entsprechende Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen sind. Zu den zu berücksichtigenden Werkstoffeigenschaften zählen:

  — Streckgrenze, 0,2 %- bzw. 1 %-Dehngrenze bei der Berechnungstemperatur;

  — Zugfestigkeit;

  — Zeitstandfestigkeit, z. B. Kriechfestigkeit;

  — Ermüdungsdaten;

  — Elastizitätsmodul;

  — angemessene plastische Verformung;

  — Kerbschlagarbeit;

  — Bruchzähigkeit.

— Auf die Werkstoffeigenschaften sind geeignete Verbindungsfaktoren anzuwenden, die beispielsweise von der Art der zerstörungsfreien Prüfungen, den Eigenschaften der Werkstoffverbindungen und den in Betracht gezogenen Betriebsbedingungen abhängen.

— Beim Entwurf sind alle nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Verschleißmechanismen (insbesondere Korrosion, Kriechen, Ermüdung) entsprechend der beabsichtigen Verwendung des Gerätes zu berücksichtigen. In der Betriebsanleitung gemäß Nummer 3.4 ist auf Entwurfsmerkmale hinzuweisen, die für die Lebensdauer des Gerätes von Belang sind, beispielsweise

  — für Kriechen: Auslegungslebensdauer in Stunden bei spezifizierten Temperaturen;

  — für Ermüdung: Auslegungszyklenzahl bei spezifizierten Spannungswerten;

  — für Korrosion: Korrosionszuschlag bei der Auslegung.

c) Stabilität

Wenn sich mit der errechneten Wanddicke keine ausreichende strukturelle Stabilität erzielen lässt, sind die notwendigen Maßnahmen zu treffen, wobei die mit dem Transport und der Handhabung verbundenen Risiken zu berücksichtigen sind.

2.2.4. *Experimentelle Auslegungsmethode*

Die Auslegung des Gerätes kann im Ganzen oder teilweise durch ein Prüfprogramm überprüft werden, das an einem für das Druckgerät oder die Druckgerätebaureihe repräsentativen Muster durchgeführt wird.

Das Prüfprogramm ist vor den Prüfungen eindeutig festzulegen und, sofern eine notifizierte Stelle für die Entwurfsbewertung im angewandten Modul zuständig ist, von dieser anzuerkennen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

In diesem Programm sind die Prüfbedingungen sowie die Annahme- und Ablehnungskriterien festzulegen. Die Ist-Werte der wesentlichen Abmessungen und der Eigenschaften der Ausgangswerkstoffe der Druckgeräte sind vor der Prüfung festzustellen.

Während der Prüfungen müssen erforderlichenfalls die kritischen Bereiche des Druckgeräts mittels geeigneter Instrumente, mit denen sich Verformungen und Spannungen hinreichend genau messen lassen, beobachtet werden können.

Das Prüfprogramm umfasst Folgendes:

a) eine Druckfestigkeitsprüfung, durch die überprüft werden soll, dass bei einem Druck mit einer gegenüber dem maximal zulässigen Druck festgelegten Sicherheitsmarge das Gerät keine signifikante Undichtigkeit oder Verformung über einen festgelegten Grenzwert hinaus zeigt.

   Zur Bestimmung des Prüfdrucks sind die Unterschiede zwischen den unter Prüfbedingungen gemessenen Werten für die geometrischen Merkmale und die Werkstoffeigenschaften einerseits und den für die Konstruktion zugelassenen Werten andererseits zu berücksichtigen; der Unterschied zwischen Prüf- und Auslegungstemperaturen ist ebenfalls zu berücksichtigen;

b) bei Kriech- oder Ermüdungsrisiko geeignete Prüfungen, die entsprechend den für das Gerät vorgesehenen Betriebsbedingungen (z. B. Betriebsdauer bei bestimmten Temperaturen, Zahl der Zyklen bei bestimmten Spannungswerten) festgelegt werden;

c) falls erforderlich, ergänzende Prüfungen hinsichtlich weiterer besonderer Einwirkungen gemäß Nummer 2.2.1, beispielsweise Korrosion oder aggressive Einwirkungen von außen.

2.3. **Vorkehrungen für die Sicherheit in Handhabung und Betrieb**

Die Bedienungseinrichtungen der Druckgeräte müssen so beschaffen sein, dass ihre Bedienung kein nach vernünftigem Ermessen vorhersehbares Risiko mit sich bringt. Die folgenden Punkte sind gegebenenfalls besonders zu beachten:

— Verschluss- und Öffnungsvorrichtungen;

— gefährliches Abblasen aus Überdruckventilen;

— Vorrichtungen zur Verhinderung des physischen Zugangs bei Überdruck oder Vakuum im Gerät;

— Oberflächentemperaturen unter Berücksichtigung der beabsichtigten Verwendung;

— Zersetzung instabiler Fluide.

Insbesondere müssen Druckgeräte mit abnehmbarer Verschlussvorrichtung mit einer selbsttätigen oder von Hand bedienbaren Einrichtung ausgerüstet sein, durch die das Bedienungspersonal ohne weiteres sicherstellen kann, dass sich die Vorrichtung risikolos öffnen lässt. Lässt sich die Vorrichtung schnell betätigen, so muss das Druckgerät außerdem mit einer Sperre ausgerüstet sein, die ein Öffnen verhindert, solange der Druck oder die Temperatur des Fluids ein Risiko darstellt.

2.4. **Vorkehrungen für die Inspektion**

a) Druckgeräte sind so zu entwerfen, dass alle erforderlichen Sicherheitsinspektionen durchgeführt werden können.

b) Falls dies zur Gewährleistung der kontinuierlichen Gerätesicherheit erforderlich ist, sind Vorkehrungen zur Feststellung des inneren Zustands des Druckgerätes vorzusehen, wie Öffnungen für den Zugang zum Inneren des Druckgerätes, so dass geeignete Inspektionen sicher und ergonomisch vorgenommen werden können.

c) Andere Mittel zur Gewährleistung eines sicheren Zustands der Druckgeräte können bei folgenden Gegebenheiten eingesetzt werden:

   — wenn diese zu klein für einen Einstieg sind;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— wenn sich das Öffnen des Druckgerätes nachteilig auf das Innere des Gerätes auswirken würde;

— wenn der Inhaltsstoff den Werkstoff, aus dem das Druckgerät hergestellt ist, erwiesenermaßen nicht angreift und auch kein anderer interner Schädigungsprozess nach vernünftigem Ermessen vorhersehbar ist.

2.5. **Entleerungs- und Entlüftungsmöglichkeiten**

Es sind, falls erforderlich, geeignete Vorrichtungen zur Entleerung und Entlüftung der Druckgeräte vorzusehen, um:

— schädliche Einwirkungen wie Wasserschlag, Vakuumeinbruch, Korrosion und unkontrollierte chemische Reaktionen zu vermeiden; dabei sind alle Betriebs- und Prüfzustände, insbesondere Druckprüfungen zu berücksichtigen;

— Reinigung, Inspektion und Wartung gefahrlos zu ermöglichen.

2.6. **Korrosion und andere chemische Einflüsse**

Erforderlichenfalls sind entsprechende Wanddickenzuschläge oder angemessene Schutzvorkehrungen gegen Korrosion oder andere chemische Einflüsse vorzusehen, wobei die beabsichtigte und nach vernünftigem Ermessen vorhersehbare Verwendung gebührend zu berücksichtigen ist.

2.7. **Verschleiß**

Wo starke Erosions- oder Abrieberscheinungen auftreten können, sind angemessene Maßnahmen zu treffen, um

— diese Erscheinungen durch geeignete Auslegung, z. B. Wanddickenzuschläge, oder durch die Verwendung von Auskleidungen oder Beschichtungen zu minimieren,

— den Austausch der am stärksten betroffenen Teile zu ermöglichen,

— mit Hilfe der in Nummer 3.4 genannten Betriebsanleitung die Aufmerksamkeit auf diejenigen Maßnahmen zu richten, die für einen kontinuierlichen sicheren Betrieb erforderlich sind.

2.8. **Baugruppen**

Baugruppen sind so auszulegen, dass

— die untereinander verbundenen Komponenten zuverlässig und für ihre Betriebsbedingungen geeignet sind,

— der richtige Einbau aller Komponenten und ihre angemessene Integration und Montage innerhalb der Baugruppe gewährleistet wird.

2.9. **Füllen und Entleeren**

Gegebenenfalls sind die Druckgeräte so auszulegen und mit Ausrüstungsteilen auszustatten bzw. für eine entsprechende Ausstattung vorzubereiten, dass ein sicheres Füllen und Entleeren gewährleistet ist; hierbei ist insbesondere auf folgende Risiken zu achten:

a) beim Füllen:

— Überfüllen oder zu hoher Druck, insbesondere im Hinblick auf den Füllungsgrad und den Dampfdruck bei der Bezugstemperatur;

— Instabilität des Druckgeräts;

b) beim Entleeren: unkontrolliertes Freisetzen des unter Druck stehenden Fluids;

c) beim Füllen und Entleeren: gefährdendes An- und Abkoppeln.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.10. **Schutz vor Überschreiten der zulässigen Grenzen des Druckgerätes**

In den Fällen, in denen unter nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Bedingungen die zulässigen Grenzen überschritten werden könnten, ist das Druckgerät mit geeigneten Schutzvorrichtungen auszustatten bzw. für eine entsprechende Ausstattung vorzubereiten, sofern das Gerät nicht als Teil einer Baugruppe durch andere Schutzvorrichtungen geschützt wird.

Die geeignete Schutzvorrichtung bzw. die Kombination geeigneter Schutzvorrichtungen ist in Abhängigkeit von dem jeweiligen Gerät bzw. der jeweiligen Baugruppe und den jeweiligen Betriebsbedingungen zu bestimmen.

Zu den geeigneten Schutzvorrichtungen und Kombinationen von Schutzvorrichtungen zählen

a) Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion im Sinne von Artikel 2 Nummer 4,

b) gegebenenfalls geeignete Überwachungseinrichtungen wie Anzeige- und/oder Warnvorrichtungen, die es ermöglichen, dass entweder automatisch oder von Hand angemessene Maßnahmen ergriffen werden, um für die Einhaltung der zulässigen Grenzen des Druckgerätes zu sorgen.

2.11. **Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion**

2.11.1. Für die Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion gilt Folgendes:

— Sie sind unter Berücksichtigung etwaiger Wartungs- und Prüfanforderungen für die Vorrichtungen so auszulegen und zu bauen, dass sie zuverlässig und für die vorgesehenen Betriebsbedingungen geeignet sind.

— Sie dürfen keine anderen Aufgaben erfüllen, es sei denn, ihre sicherheitsrelevanten Funktionen können dadurch nicht beeinträchtigt werden.

— Sie haben den geeigneten Auslegungsgrundsätzen im Hinblick auf einen angemessenen und zuverlässigen Schutz zu entsprechen. Zu diesen Grundsätzen gehören insbesondere fehlsicheres Verhalten (fail safe), Redundanz, Verschiedenartigkeit und Selbstüberwachung.

2.11.2. *Einrichtungen zur Druckbegrenzung*

Diese Einrichtungen sind so auszulegen, dass der Druck nicht betriebsmäßig den maximal zulässigen Druck PS überschreitet; eine kurzzeitige Drucküberschreitung ist jedoch im Einklang mit Nummer 7.3, sofern zutreffend, zulässig.

2.11.3. *Einrichtungen zur Temperaturüberwachung*

Diese Einrichtungen haben über eine sicherheitstechnisch angemessene und auf die Messaufgabe abgestimmte Ansprechzeit zu verfügen.

2.12. **Externer Brand**

Sofern erforderlich, sind Druckgeräte insbesondere unter Berücksichtigung ihres Verwendungszwecks so auszulegen und gegebenenfalls mit geeigneten Ausrüstungsteilen auszustatten oder für eine entsprechende Ausstattung vorzubereiten, dass sie im Fall eines externen Brandes die Anforderungen hinsichtlich der Schadensbegrenzung erfüllen.

3. FERTIGUNG

3.1. **Fertigungsverfahren**

Der Hersteller hat die sachkundige Ausführung der in der Entwurfsphase festgelegten Maßnahmen zu gewährleisten, indem er geeignete Techniken und entsprechende Verfahren anwendet; dies gilt insbesondere im Hinblick auf die folgenden Punkte:

3.1.1. *Vorbereitung der Bauteile*

Bei der Vorbereitung der Bauteile (z. B. Formen und Schweißkantenvorbereitung) darf es nicht zu Beschädigungen, zu Rissen oder Veränderungen der mechanischen Eigenschaften kommen, die die Sicherheit des Druckgerätes beeinträchtigen können.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.1.2. *Dauerhafte Werkstoffverbindungen*

Die dauerhaften Werkstoffverbindungen und die angrenzenden Bereiche dürfen an der Oberfläche und im Inneren keine Mängel aufweisen, die die Sicherheit der Geräte beeinträchtigen könnten.

Die Eigenschaften der dauerhaften Verbindungen haben den für die zu verbindenden Werkstoffe spezifizierten Mindesteigenschaften zu entsprechen, es sei denn, bei den Konstruktionsberechnungen werden eigens andere Werte für entsprechende Eigenschaften berücksichtigt.

Bei Druckgeräten sind die dauerhaften Verbindungen der Teile, die zur Druckfestigkeit des Gerätes beitragen, und die unmittelbar damit verbundenen Teile von qualifiziertem Personal mit angemessener Befähigung und nach fachlich einwandfreien Arbeitsverfahren auszuführen.

Die Zulassung von Arbeitsverfahren und Personal ist für Druckgeräte der Kategorien II, III und IV von einer zuständigen unabhängigen Stelle vorzunehmen; hierbei handelt es sich nach Wahl des Herstellers um

— eine notifizierte Stelle,

— eine von einem Mitgliedstaat gemäß Artikel 20 anerkannte Prüfstelle.

Zur Erteilung dieser Zulassungen hat die unabhängige Stelle die in den entsprechenden harmonisierten Normen vorgesehenen Untersuchungen und Prüfungen oder gleichwertige Untersuchungen und Prüfungen durch zuführen oder diese durchführen zu lassen.

3.1.3. *Zerstörungsfreie Prüfungen*

Bei Druckgeräten sind die zerstörungsfreien Prüfungen an den dauerhaften Verbindungen von qualifiziertem Personal mit angemessener Befähigung auszuführen. Bei Druckgeräten der Kategorien III und IV ist die Qualifikation dieses Personals von einer unabhängigen Prüfstelle, die von einem Mitgliedstaat gemäß Artikel 20 anerkannt wurde, zu billigen.

3.1.4. *Wärmebehandlung*

Besteht das Risiko, dass die Werkstoffeigenschaften durch das Fertigungsverfahren so stark geändert werden, dass hierdurch die Sicherheit des Druckgerätes beeinträchtigt wird, so ist in einem geeigneten Fertigungsstadium eine angemessene Wärmebehandlung durchzuführen.

3.1.5. *Rückverfolgbarkeit*

Es sind geeignete Verfahren einzuführen und aufrechtzuerhalten, um die Werkstoffe der Teile des Gerätes, die zur Druckfestigkeit beitragen, mit geeigneten Mitteln vom Materialeingang über den Herstellungsprozess bis zur Endabnahme des hergestellten Druckgerätes identifizieren zu können.

3.2. **Abnahme**

Druckgeräte sind der nachstehend beschriebenen Abnahme zu unterziehen.

3.2.1. *Schlussprüfung*

Druckgeräte sind einer Schlussprüfung zu unterziehen, bei der durch Sichtprüfung und Kontrolle der zugehörigen Unterlagen zu überprüfen ist, ob die Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt sind. Hierbei können Prüfungen, die während der Fertigung durchgeführt worden sind, berücksichtigt werden. Soweit von der Sicherheit her erforderlich, ist die Schlussprüfung innen und außen an allen Teilen des Gerätes, gegebenenfalls während des Fertigungsprozesses (z. B. falls Kontrolle bei der Schlussprüfung nicht mehr möglich), durchzuführen.

3.2.2. *Druckprüfung*

Die Abnahme der Druckgeräte hat eine Druckfestigkeitsprüfung einzuschließen, die normalerweise in Form eines hydrostatischen Druckversuchs durchgeführt wird, wobei der Druck mindestens dem in Nummer 7.4 festgelegten Wert — falls anwendbar — zu entsprechen hat.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Für serienmäßig hergestellte Geräte der Kategorie I kann diese Prüfung auf statistischer Grundlage durchgeführt werden.

Ist der hydrostatische Druckversuch nachteilig oder nicht durchführbar, so können andere Prüfungen, die sich als wirksam erwiesen haben, durchgeführt werden. Für andere Prüfungen als den hydrostatischen Druckversuch sind zuvor zusätzliche Maßnahmen, wie zerstörungsfreie Prüfungen oder andere gleichwertige Verfahren, anzuwenden.

3.2.3. *Prüfung der Sicherheitseinrichtungen*

Bei Baugruppen hat die Abnahme auch eine Prüfung der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion zu umfassen, bei der überprüft wird, dass die Anforderungen gemäß Nummer 2.10 vollständig erfüllt sind.

3.3. **Kennzeichnung und Etikettierung**

Neben der gemäß Artikel 18 und 19 vorzunehmenden CE-Kennzeichnung und den nach Artikel 6 Absatz 6 und Artikel 8 Absatz 3 bereitzustellenden Angaben sind folgende Angaben zu machen:

a) für alle Druckgeräte:

— Herstellungsjahr;

— Angaben, die eine Identifizierung des Druckgeräts seiner Art entsprechend erlauben, wie Typ-, Serien- oder Chargenkennzeichnung, Fabrikationsnummer;

— Angaben über die wesentlichen zulässigen oberen/unteren Grenzwerte.

b) je nach Art des Druckgeräts sind weitere Angaben zu machen, die zur Gewährleistung der Sicherheit bei Montage, Betrieb, Benutzung und gegebenenfalls Wartung und regelmäßiger Überprüfung erforderlich sind, z. B.

— das Druckgerätevolumen V in l,

— die Nennweite DN für Rohrleitungen,

— den aufgebrachten Prüfdruck PT in bar und das Datum,

— den Einstelldruck der Sicherheitseinrichtung in bar,

— die Druckgeräteleistung in kW,

— die Netzspannung in Volt,

— die beabsichtigte Verwendung,

— den Füllungsgrad in kg/l,

— die Höchstfüllmasse in kg,

— die Leermasse in kg,

— die Fluidgruppe.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

c) Falls erforderlich, sind die Druckgeräte mit Warnhinweisen zu versehen, mit denen auf Fälle unsachgemäßer Verwendung hingewiesen wird, die erfahrungsgemäß möglich sind.

Auf dem Druckgerät oder einer an ihm fest angebrachten Datenplakette sind die in den Buchstaben a, b und c genannten Angaben zu machen, wobei folgende Ausnahmen gelten:

— Eine wiederholte Kennzeichnung von Einzelteilen, beispielsweise von Rohrteilen, die für dieselbe Baugruppe bestimmt sind, kann gegebenenfalls durch Verwendung einer entsprechenden Dokumentation vermieden werden;

— Ist das Druckgerät zu klein (z. B. Ausrüstungsteile), so können diese Angaben auf einem am Druckgerät befestigten Etikett gemacht werden;

— Angaben über die Füllmasse und die unter Buchstabe c genannten Warnhinweise können auf Etiketten oder in einer anderen angemessenen Form gemacht bzw. gegeben werden, sofern sie für einen angemessenen Zeitraum lesbar bleiben.

3.4. **Betriebsanleitung**

a) Bei ihrer Bereitstellung auf dem Markt ist den Druckgeräten, sofern erforderlich, eine Betriebsanleitung für den Benutzer beizufügen, die alle der Sicherheit dienlichen Informationen zu folgenden Aspekten enthält:

— Montage einschließlich Verbindung verschiedener Druckgeräte;

— Inbetriebnahme;

— Benutzung;

— Wartung einschließlich Inspektion durch den Benutzer.

b) Die Betriebsanleitung hat die gemäß Nummer 3.3 auf dem Druckgerät anzubringenden Angaben mit Ausnahme der Serienkennzeichnung zu enthalten; der Betriebsanleitung sind gegebenenfalls die technischen Dokumente sowie Zeichnungen und Pläne beizufügen, die für das richtige Verständnis dieser Anleitung erforderlich sind.

c) Gegebenenfalls ist in der Betriebsanleitung auch auf die Risiken einer unsachgemäßen Verwendung gemäß Nummer 1.3 und auf die besonderen Merkmale des Entwurfs gemäß Nummer 2.2.3 hinzuweisen.

4. WERKSTOFFE

Die zur Herstellung von Druckgeräten verwendeten Werkstoffe müssen, falls sie nicht ersetzt werden sollen, für die gesamte vorgesehene Lebensdauer geeignet sein.

Schweißzusatzwerkstoffe und sonstige Verbindungswerkstoffe brauchen nur die entsprechenden Auflagen der Nummern 4.1, 4.2 Buchstabe a und 4.3 erster Absatz zu erfüllen, und zwar sowohl einzeln als auch in der Verbindung.

4.1. Für Werkstoffe drucktragender Teile gelten folgende Bestimmungen:

a) Sie müssen Eigenschaften besitzen, die allen nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Betriebsbedingungen und allen Prüfbedingungen entsprechen, und insbesondere eine ausreichend hohe Duktilität und Zähigkeit besitzen. Falls zutreffend, müssen die Eigenschaften dieser Werkstoffe den Bestimmungen der Nummer 7.5 entsprechen. Insbesondere müssen die Werkstoffe so ausgewählt sein, dass es gegebenenfalls nicht zu einem Sprödbruch kommt; muss aus bestimmten Gründen ein spröder Werkstoff verwendet werden, so sind entsprechende Maßnahmen zu treffen.

b) Sie müssen gegen die im Druckgerät geführten Fluide in ausreichendem Maße chemisch beständig sein; die für die Betriebssicherheit erforderlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften dürfen während der vorgesehenen Lebensdauer nicht wesentlich beeinträchtigt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

c) Sie dürfen durch Alterung nicht wesentlich beeinträchtigt werden.

d) Sie müssen für die vorgesehenen Verarbeitungsverfahren geeignet sein.

e) Sie müssen so ausgewählt sein, dass bei der Verbindung unterschiedlicher Werkstoffe keine wesentlich nachteiligen Wirkungen auftreten.

4.2. Vom Hersteller des Druckgeräts:

a) sind die für die Berechnung im Hinblick auf Nummer 2.2.3 erforderlichen Kennwerte sowie die wesentlichen Eigenschaften der Werkstoffe und ihrer Behandlung gemäß Nummer 4.1 sachgerecht festzulegen;

b) sind in den technischen Unterlagen Angaben zur Einhaltung der Werkstoffvorschriften der vorliegenden Richtlinie in einer der folgenden Formen zu machen:

— Verwendung von Werkstoffen entsprechend den harmonisierten Normen;

— Verwendung von Werkstoffen, für die eine europäische Werkstoffzulassung für Druckgeräte gemäß Artikel 15 vorliegt;

— Einzelgutachten zu den Werkstoffen;

c) ist bei Druckgeräten der Kategorien III und IV eine besondere Bewertung des Einzelgutachtens zu den Werkstoffen von der für die Konformitätsbewertung des Druckgerätes zuständigen notifizierten Stelle durchführen zu lassen.

4.3. Der Hersteller des Druckgeräts hat die geeigneten Maßnahmen zu ergreifen, um sicherzustellen, dass der verwendete Werkstoff den vorgegebenen Anforderungen entspricht. Insbesondere sind für alle Werkstoffe vom Werkstoffhersteller ausgefertigte Unterlagen einzuholen, durch die die Übereinstimmung mit einer gegebenen Vorschrift bescheinigt wird.

Für die wichtigsten drucktragenden Teile von Druckgeräten der Kategorien II, III und IV hat dies in Form einer Bescheinigung mit spezifischer Prüfung der Produkte zu erfolgen.

Wendet ein Werkstoffhersteller ein geeignetes, von einer in der Union niedergelassenen zuständigen Stelle zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem an, das in Bezug auf die Werkstoffe einer spezifischen Bewertung unterzogen wurde, so wird davon ausgegangen, dass die vom Hersteller ausgestellten Bescheinigungen den Nachweis der Übereinstimmung mit den entsprechenden Anforderungen dieser Nummer bieten.

SPEZIFISCHE ANFORDERUNGEN FÜR BESTIMMTE DRUCKGERÄTE

Zusätzlich zu den Anforderungen gemäß den Nummern 1 bis 4 gelten die nachstehenden Anforderungen für die unter die Nummern 5 und 6 fallenden Druckgeräte.

5. BEFEUERTE ODER ANDERWEITIG BEHEIZTE DRUCKGERÄTE MIT ÜBERHITZUNGSRISIKO GEMÄSS ARTIKEL 4 ABSATZ 1

Diese Druckgeräte sind Teil von

— Dampf- und Heißwassererzeugern gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe b, wie z. B. befeuerte Dampf- und Heißwasserkessel, Überhitzer und Zwischenüberhitzer, Abhitzekessel, Abfallverbrennungskessel, elektrisch beheizte Kessel oder Elektrodenkessel und Dampfdrucktöpfe, zusammen mit ihren Ausrüstungsteilen und gegebenenfalls ihren Systemen zur Speisewasserbehandlung und zur Brennstoffzufuhr;

— Prozessheizgeräten für andere Medien als Dampf und Heißwasser gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe a, wie z. B. Erhitzer für chemische und ähnliche Prozesse sowie Druckgeräte für die Nahrungsmittelindustrie.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Diese Druckgeräte sind so zu berechnen, auszulegen und zu bauen, dass das Risiko eines signifikanten Versagens druckhaltender Teile aufgrund von Überhitzung vermieden oder minimiert wird. Insbesondere ist gegebenenfalls sicherzustellen, dass

a) geeignete Schutzvorrichtungen vorgesehen werden, damit Betriebsparameter wie Wärmezufuhr, Wärmeabgabe und, wo zutreffend, Flüssigkeitsstand begrenzt werden können, um das Risiko einer örtlichen oder generellen Überhitzung zu vermeiden,

b) falls erforderlich, Probenahmestellen vorgesehen werden, damit die Eigenschaften der Fluide bewertet werden können, um Risiken im Zusammenhang mit Ablagerungen und/oder Korrosion zu vermeiden,

c) angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Risiken von Schäden durch Ablagerungen abzuwenden,

d) Möglichkeiten zur sicheren Abführung von Nachwärme nach einem Abschalten geschaffen werden,

e) Maßnahmen vorgesehen werden, damit eine gefährliche Ansammlung entzündlicher Mischungen aus brennbaren Stoffen und Luft sowie ein Flammenrückschlag vermieden werden.

6. ROHRLEITUNGEN GEMÄSS ARTIKEL 4 ABSATZ 1 BUCHSTABE c

Durch Auslegung und Bau ist Folgendes sicherzustellen:

a) Dem Risiko einer Überbeanspruchung durch unzulässige Bewegung oder übermäßige Kräfte z. B. an Flanschen, Verbindungen, Kompensatoren oder Schlauchleitungen ist durch Unterstützung, Befestigung, Verankerung, Ausrichtung oder Vorspannung in geeigneter Weise vorzubeugen.

b) Falls sich im Innern von Rohrleitungen für gasförmige Fluide Kondensflüssigkeit bilden kann, sind Einrichtungen zur Entwässerung bzw. zur Entfernung von Ablagerungen aus tiefliegenden Bereichen vorzusehen, um Schäden aufgrund von Wasserschlag oder Korrosion zu vermeiden.

c) Die Möglichkeit von Schäden durch Turbulenzen oder Wirbelbildung ist gebührend zu berücksichtigen. Dabei gelten die entsprechenden Bestimmungen der Nummer 2.7.

d) Das Risiko von Ermüdungserscheinungen durch Vibrationen in Rohren ist gebührend zu berücksichtigen.

e) Enthalten die Rohrleitungen Fluide der Gruppe 1, so ist in geeigneter Weise dafür zu sorgen, dass die Rohrabzweigungen, die wegen ihrer Abmessungen erhebliche Risiken mit sich bringen, abgesperrt werden können.

f) Zur Minimierung des Risikos einer unbeabsichtigten Entnahme sind die Entnahmestellen an der permanenten Seite der Verbindungen unter Angabe des enthaltenen Fluids deutlich zu kennzeichnen.

g) Zur Erleichterung von Wartungs-, Inspektions- und Reparaturarbeiten sind Lage und Verlauf von erdverlegten Rohr- und Fernleitungen zumindest in der technischen Dokumentation anzugeben.

7. BESONDERE QUANTITATIVE ANFORDERUNGEN FÜR BESTIMMTE DRUCKGERÄTE

Die nachstehenden Bestimmungen sind in der Regel anzuwenden. Werden sie nicht angewandt, einschließlich für den Fall, dass Werkstoffe nicht speziell genannt sind und harmonisierte Normen nicht angewandt werden, so ist vom Hersteller nachzuweisen, dass geeignete Maßnahmen ergriffen wurden, um ein gleichwertiges Gesamtsicherheitsniveau zu erzielen.

Die unter dieser Nummer festgelegten Bestimmungen ergänzen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Nummern 1 bis 6 bei Druckgeräten, für die sie gelten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.1. **Zulässige Belastungen**

7.1.1. *Symbole*

$R_{e/t}$ (Elastizitätsgrenze) bezeichnet je nach Fall folgende Werte bei Berechnungstemperatur:

— obere Streckgrenze bei Werkstoffen, die eine untere und obere Streckgrenze aufweisen;

— 1,0 %-Dehngrenze bei Austenitstahl und unlegiertem Aluminium;

— 0,2 %-Dehngrenze in den übrigen Fällen.

$R_{m/20}$ bezeichnet den Mindestwert der Zugfestigkeit bei 20 °C.

$R_{m/t}$ bezeichnet die Zugfestigkeit bei Berechnungstemperatur.

7.1.2. Die zulässige allgemeine Membranspannung darf bei überwiegend statischen Belastungen und bei Temperaturen außerhalb des Bereichs, in dem Kriechphänomene signifikant sind, je nach verwendetem Werkstoff den jeweils niedrigeren der folgenden Werte nicht überschreiten:

— ferritischer Stahl, einschließlich normalgeglühter (normalisierend gewalzter) Stahl und mit Ausnahme von Feinkornstahl und Stahl mit besonderer Wärmebehandlung: $^2/_3$ von $R_{e/t}$ und $^5/_{12}$ von $R_{m/20}$;

— austenitischer Stahl:

  — wenn die Bruchdehnung über 30 % beträgt: $^2/_3$ von $R_{e/t}$;

  — oder alternativ hierzu, wenn die Bruchdehnung über 35 % beträgt: $^5/_6$ von $R_{e/t}$ und $^1/_3$ von $R_{m/t}$;

— unlegierter und niedriglegierter Stahlguss: $^{10}/_{19}$ von $R_{e/t}$ und $^1/_3$ von $R_{m/20}$;

— Aluminium: $^2/_3$ von $R_{e/t}$;

— nicht aushärtbare Aluminiumlegierungen: $^2/_3$ von $R_{e/t}$ und $^5/_{12}$ von $R_{m/20}$.

7.2. **Verbindungskoeffizienten**

Bei Schweißverbindungen dürfen die Verbindungskoeffizienten folgende Werte nicht überschreiten:

— Bei Druckgeräten, an denen zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen durchgeführt werden, um zu überprüfen, dass die Verbindungen keine wesentlichen Mängel aufweisen: 1;

— bei Druckgeräten, an denen zerstörungsfreie Stichprobenprüfungen durchgeführt werden: 0,85;

— bei Druckgeräten, an denen mit Ausnahme einer Sichtprüfung keine zerstörungsfreien Prüfungen durchgeführt werden: 0,7.

Erforderlichenfalls sind auch die Beanspruchungsart sowie die mechanisch-technologischen Eigenschaften der Verbindung zu berücksichtigen.

7.3. **Einrichtungen zur Druckbegrenzung, insbesondere bei Druckbehältern**

Die vorübergehende Drucküberschreitung gemäß Nummer 2.11.2 ist auf 10 % des höchstzulässigen Drucks zu begrenzen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.4. **Hydrostatischer Prüfdruck**

Bei Druckbehältern darf der hydrostatische Prüfdruck gemäß Nummer 3.2.2 den höheren der folgenden Werte nicht unterschreiten:

— den 1,25fachen Wert der Höchstbelastung des Druckgeräts im Betrieb unter Berücksichtigung des höchstzulässigen Drucks und der höchstzulässigen Temperatur;

— den 1,43fachen Wert des höchstzulässigen Drucks.

7.5. **Werkstoffeigenschaften**

Sofern nicht andere zu berücksichtigende Kriterien andere Werte erfordern, gilt ein Stahl als ausreichend duktil im Sinne von Nummer 4.1 Buchstabe a, wenn seine Bruchdehnung im normgemäß durchgeführten Zugversuch mindestens 14 % und die Kerbschlagarbeit an einer ISO-V-Probe bei einer Temperatur von höchstens 20 °C, jedoch höchstens bei der vorgesehenen tiefsten Betriebstemperatur mindestens 27 J beträgt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ANHANG II

KONFORMITÄTSBEWERTUNGSDIAGRAMME

(1) Die römischen Ziffern in den Diagrammen entsprechen folgenden Modulkategorien:

I	=	Modul A
II	=	Module A2, D1, E1
III	=	Module B (Entwurfsmuster) + D, B (Entwurfsmuster) + F, B (Baumuster) + E, B (Baumuster) + C2, H
IV	=	Module B (Baumuster) + D, B (Baumuster)+ F, G, H1

(2) Die in Artikel 2 Nummer 4 definierten und in Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe d genannten Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion fallen unter die Kategorie IV. Als Ausnahme hiervon können jedoch für spezifische Geräte hergestellte Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion in dieselbe Kategorie wie das zu schützende Gerät eingestuft werden.

(3) Maßgebend für die Einstufung der in Artikel 2 Nummer 5 definierten und in Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe d genannten drucktragenden Ausrüstungsteile sind:

— ihr maximal zulässiger Druck PS;

— das für sie maßgebliche Volumen V bzw. ihre Nennweite DN;

— die Gruppe der Fluide, für die sie bestimmt sind.

Zur Präzisierung der Konformitätsbewertungskategorien gilt das jeweilige Diagramm für Behälter bzw. Rohrleitungen.

Werden sowohl das Volumen als auch die Nennweite als geeignet im Sinne von Unterabsatz 1 zweiter Gedankenstrich angesehen, so ist das druckhaltende Ausrüstungsteil in die jeweils höhere Kategorie einzustufen.

(4) Mit den Abgrenzungskurven in den nachstehenden Konformitätsbewertungsdiagrammen wird der Höchstwert für jede Kategorie angegeben.

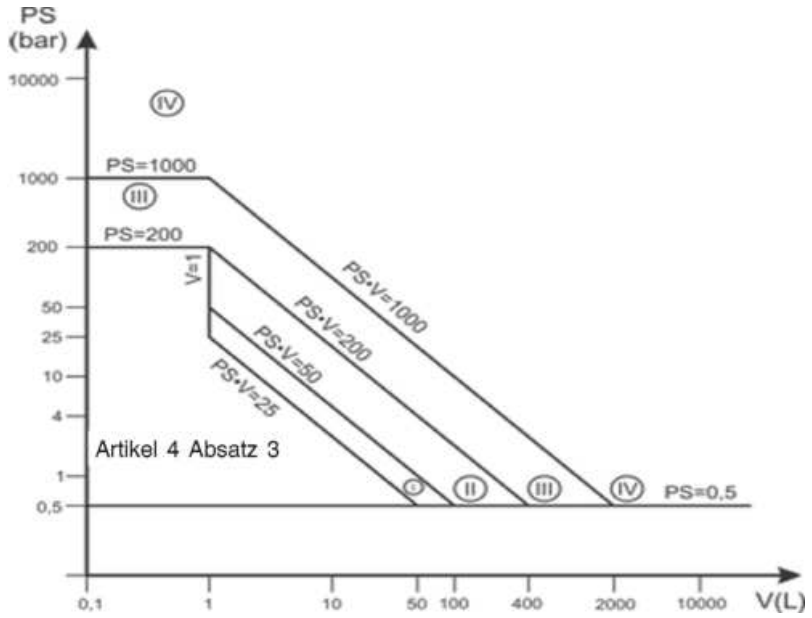


Diagramm 1

Behälter gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe a Ziffer i erster Gedankenstrich

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Als Ausnahme hiervon sind Behälter, die für ein instabiles Gas bestimmt sind und nach Diagramm 1 unter die Kategorie I oder II fallen, in die Kategorie III einzustufen.

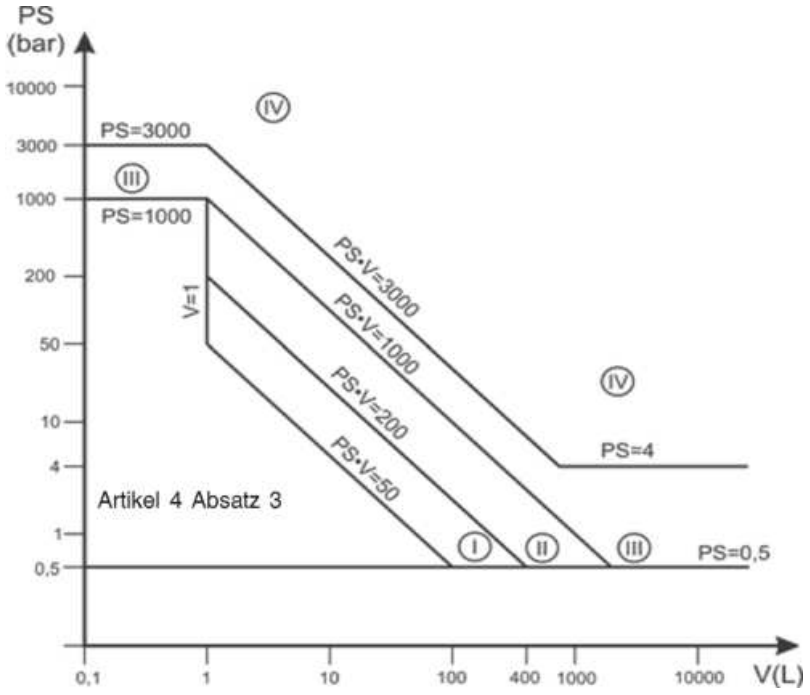


Diagramm 2

Behälter gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe a Ziffer i zweiter Gedankenstrich

Als Ausnahme hiervon sind tragbare Feuerlöscher und Flaschen für Atemschutzgeräte mindestens in die Kategorie III einzustufen.

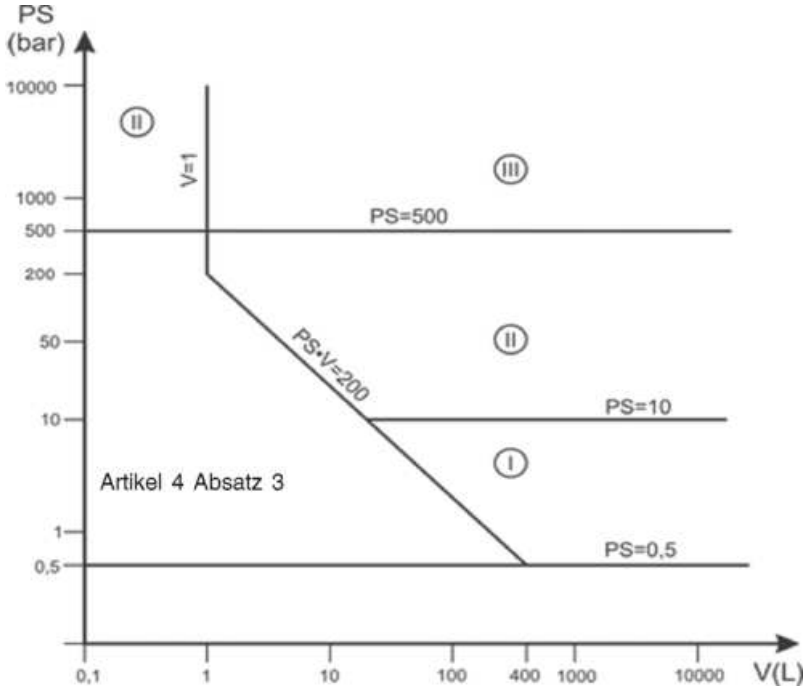


Diagramm 3

Behälter gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe a Ziffer ii erster Gedankenstrich

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

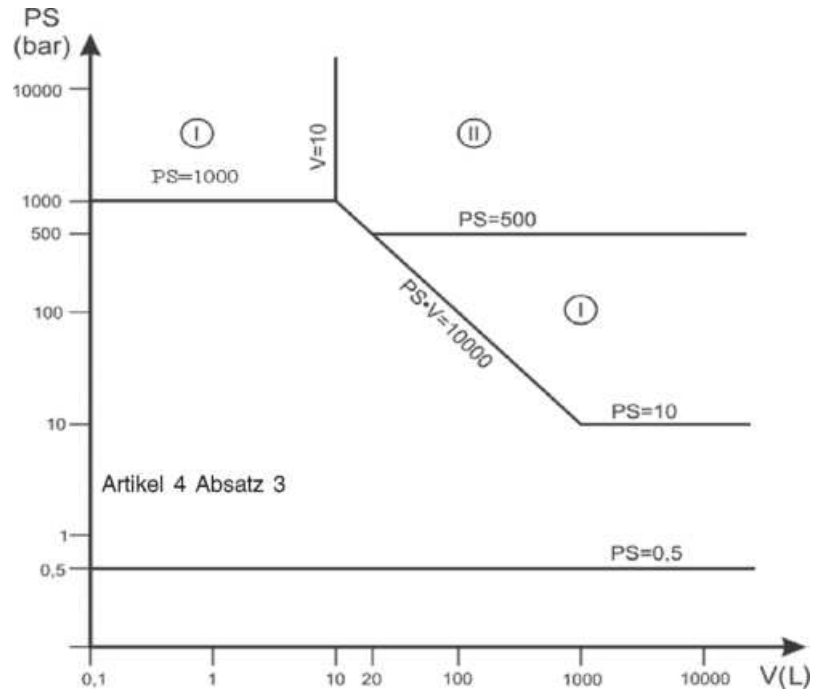


Diagramm 4

Behälter gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe a Ziffer ii zweiter Gedankenstrich

Als Ausnahme hiervon sind Baugruppen für die Erzeugung von Warmwasser nach Artikel 4 Absatz 2 Unterabsatz 2 entweder einer EU-Baumusterprüfung (Modul B — Entwurfsmuster) im Hinblick auf ihre Konformität mit den wesentlichen Anforderungen des Anhangs I Nummern 2.10, 2.11, 3.4, 5 Buchstabe a und 5 Buchstabe d oder einer umfassenden Qualitätssicherung (Modul H) zu unterziehen.

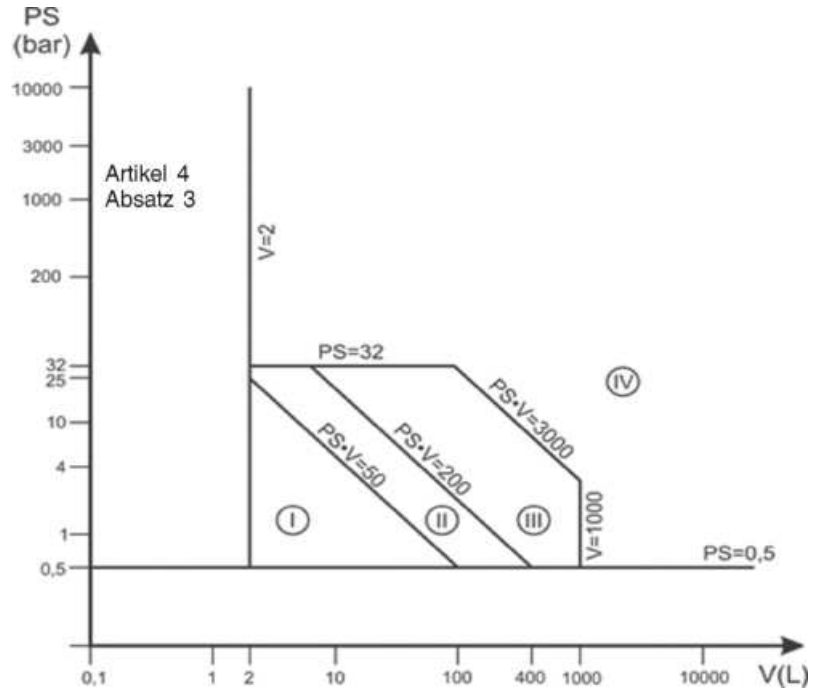


Diagramm 5

Druckgeräte gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe b

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Als Ausnahme hiervon sind Schnellkochtöpfe einer Entwurfskontrolle nach einem Prüfverfahren zu unterziehen, das mindestens einem der Module der Kategorie III entspricht.

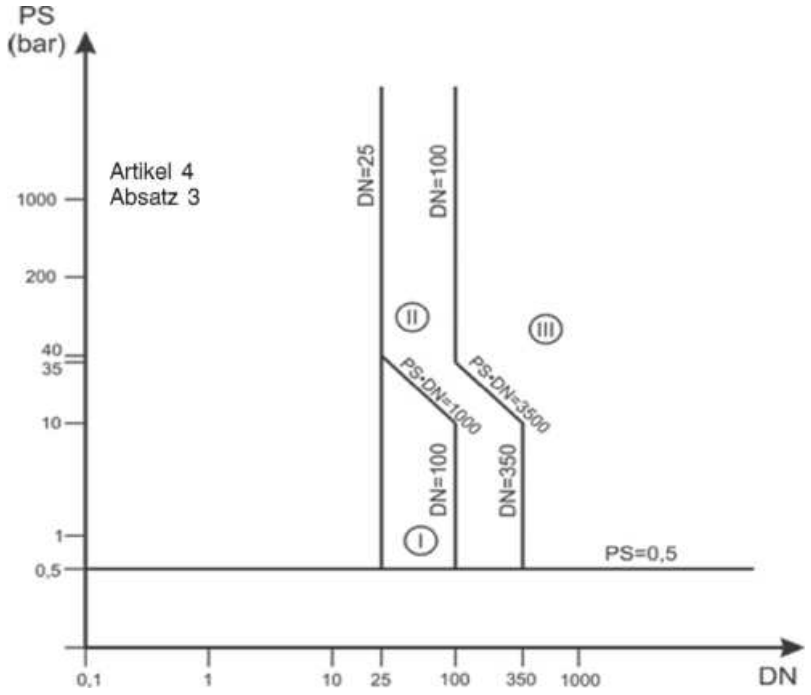


Diagramm 6

Rohrleitungen gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe c Ziffer i erster Gedankenstrich

Als Ausnahme hiervon sind Rohrleitungen, die für instabile Gase bestimmt sind und nach Diagramm 6 unter die Kategorie I oder II fallen, in die Kategorie III einzustufen.

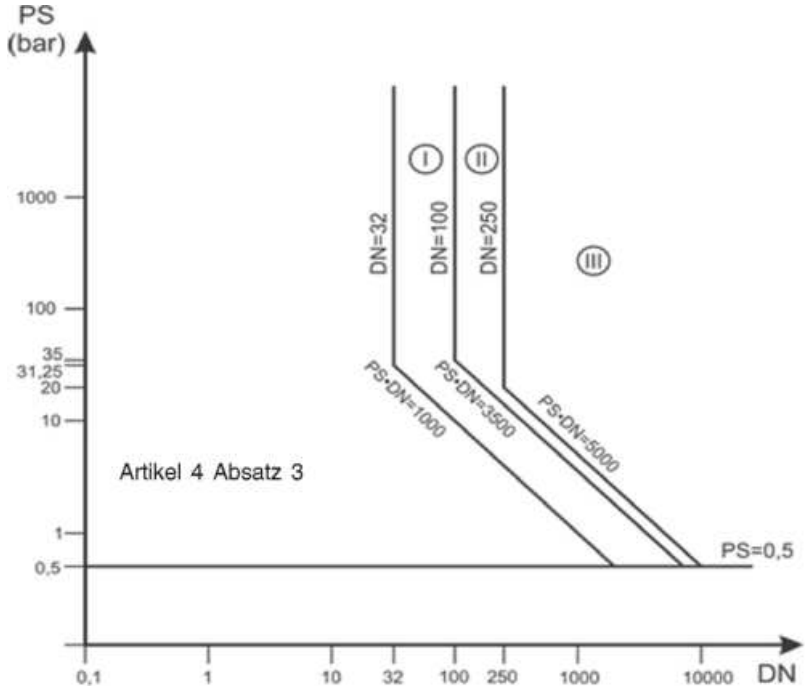


Diagramm 7

Rohrleitungen gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe c Ziffer i zweiter Gedankenstrich

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Als Ausnahme hiervon sind Rohrleitungen, die Fluide mit Temperaturen von mehr als 350 °C enthalten und nach Diagramm 7 unter die Kategorie II fallen, in die Kategorie III einzustufen.

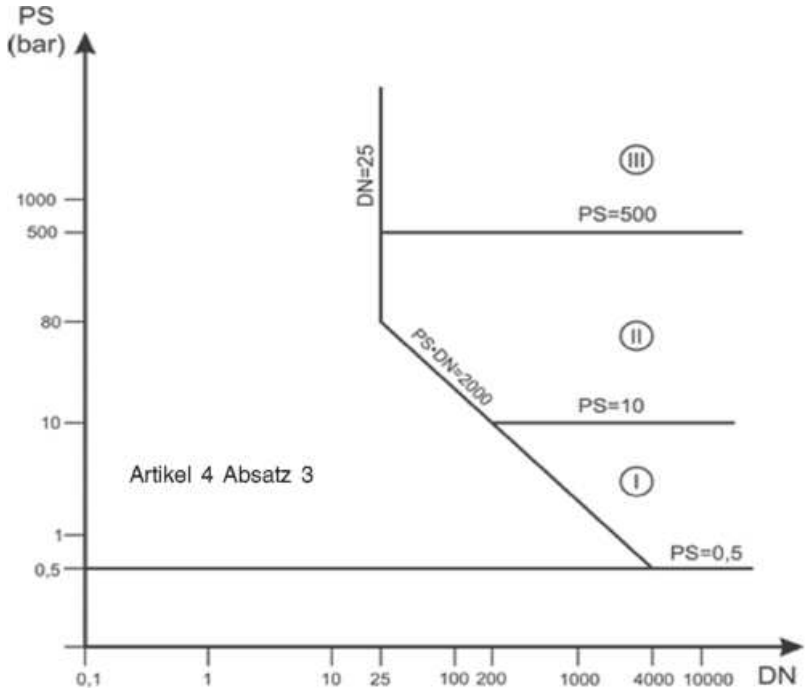


Diagramm 8

Rohrleitungen gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe c Ziffer ii erster Gedankenstrich

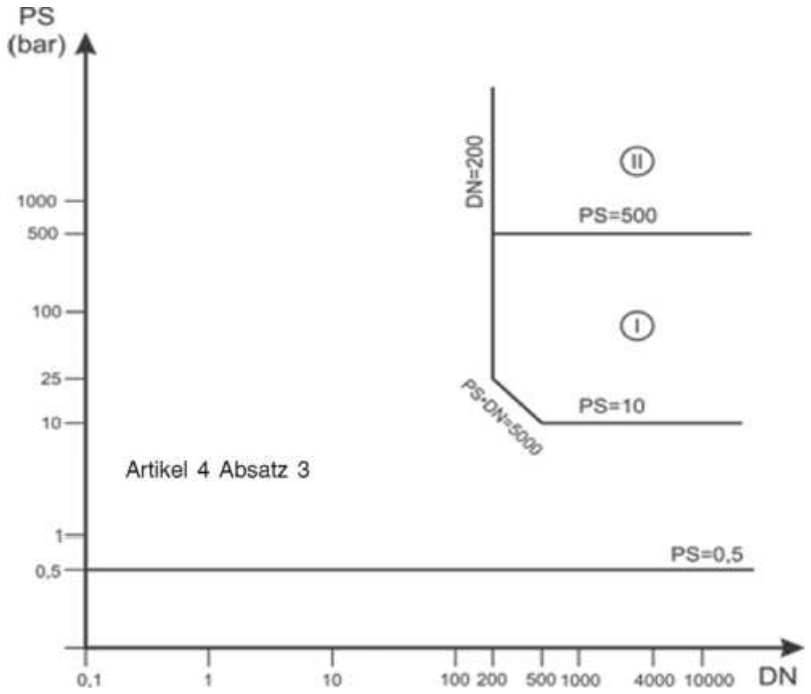


Diagramm 9

Rohrleitungen gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe c Ziffer ii zweiter Gedankenstrich

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ANHANG III

KONFORMITÄTSBEWERTUNGSVERFAHREN

Die Pflichten, die sich aufgrund der Bestimmungen dieses Anhangs für Druckgeräte ergeben, gelten auch für Baugruppen.

1. MODUL A: (INTERNE FERTIGUNGSKONTROLLE)

1. Bei der internen Fertigungskontrolle handelt es sich um das Konformitätsbewertungsverfahren, mit dem der Hersteller die in den Nummern 2, 3 und 4 genannten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass die betreffenden Produkte den auf sie anwendbaren Anforderungen der Rechtsvorschrift genügen.

2. **Technische Unterlagen**

Der Hersteller erstellt die technischen Unterlagen.

Anhand dieser Unterlagen muss es möglich sein, die Übereinstimmung des Druckgeräts mit den es betreffenden Anforderungen zu bewerten; sie müssen eine geeignete Risikoanalyse und -bewertung enthalten. In den technischen Unterlagen sind die anwendbaren Anforderungen aufzuführen und der Entwurf, die Herstellung und der Betrieb des Druckgeräts zu erfassen, soweit sie für die Bewertung von Belang sind. Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

— eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

— Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

— Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

— eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen *im Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind, und eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie in den Punkten erfüllt wurden, in denen diese harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

— die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw.;

— die Prüfberichte.

3. **Herstellung**

Der Hersteller trifft alle erforderlichen Maßnahmen, damit das Fertigungsverfahren und seine Überwachung die Übereinstimmung der gefertigten Druckgeräte mit den in Nummer 2 genannten technischen Unterlagen und mit den Anforderungen dieser Richtlinie gewährleisten.

4. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

4.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das die anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt, die CE-Kennzeichnung an.

4.2. Der Hersteller stellt für ein Modell des Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie zusammen mit den technischen Unterlagen nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Druckgerät sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5. **Bevollmächtigter**

Die in Nummer 4 genannten Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

2. MODUL A2: INTERNE FERTIGUNGSKONTROLLE MIT ÜBERWACHTEN DRUCKGERÄTEPRÜFUNGEN IN UNREGELMÄSSIGEN ABSTÄNDEN

1. Bei der internen Fertigungskontrolle mit Abnahme durch den Hersteller mit überwachten Druckgeräteprüfungen in unregelmäßigen Abständen handelt es sich um das Konformitätsbewertungsverfahren, mit dem der Hersteller die in den Nummern 2, 3, 4 und 5 genannten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass das betreffende Druckgerät den Anforderungen dieser Richtlinie genügt.

2. **Technische Unterlagen**

Der Hersteller erstellt die technischen Unterlagen. Anhand dieser Unterlagen muss es möglich sein, die Übereinstimmung des Druckgeräts mit den betreffenden Anforderungen zu bewerten; sie müssen eine geeignete Risikoanalyse und -bewertung enthalten. In den technischen Unterlagen sind die anwendbaren Anforderungen aufzuführen und der Entwurf, die Herstellung und der Betrieb des Druckgeräts zu erfassen, soweit sie für die Bewertung von Belang sind. Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

— eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

— Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

— Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

— eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind, sowie eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllt worden sind, wenn die genannten harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

— die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw. und

— die Prüfberichte.

3. **Herstellung**

Der Hersteller trifft alle erforderlichen Maßnahmen, damit der Fertigungsprozess und seine Überwachung die Übereinstimmung der hergestellten Druckgeräte mit den in Nummer 2 genannten technischen Unterlagen und mit den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie gewährleisten.

4. **Abnahme und Druckgeräteprüfungen**

Der Hersteller nimmt eine Abnahme der Druckgeräte vor, die einer Überwachung in Form unangemeldeter Besuche durch die vom Hersteller ausgewählte notifizierte Stelle unterliegt.

Die notifizierte Stelle führt in von ihr festgelegten unregelmäßigen Abständen die Produktprüfungen durch bzw. lässt sie durchführen, um die Qualität der internen Prüfungen der Druckgeräte zu überprüfen, wobei sie unter anderem der technischen Komplexität der Druckgeräte und der Produktionsmenge Rechnung trägt.

Bei diesen Besuchen muss die notifizierte Stelle:

— sich vergewissern, dass der Hersteller die Abnahme gemäß Anhang I Nummer 3.2 tatsächlich durchführt;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— in den Fertigungs- oder Lagerstätten Druckgeräte zu Kontrollzwecken entnehmen. Die notifizierte Stelle entscheidet über die Anzahl der zu entnehmenden Druckgeräte sowie darüber, ob es erforderlich ist, an diesen entnommenen Druckgeräten die Abnahme ganz oder teilweise durchzuführen oder durchführen zu lassen.

Mit diesem Stichprobenverfahren soll ermittelt werden, ob sich der Fertigungsprozess der Druckgeräte innerhalb annehmbarer Grenzen bewegt, um die Konformität der Druckgeräte zu gewährleisten.

Bei Nichtkonformität eines oder mehrerer Druckgeräte ergreift die notifizierte Stelle die geeigneten Maßnahmen.

Der Hersteller bringt unter der Verantwortung der notifizierten Stelle deren Kennnummer während des Fertigungsprozesses an.

5. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

5.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das die anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt, die CE-Kennzeichnung an.

5.2. Der Hersteller stellt für ein Modell des Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie zusammen mit den technischen Unterlagen nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Druckgerät sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

6. **Bevollmächtigter**

Die in Nummer 5 genannten Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

3. MODUL B: EU-BAUMUSTERPRÜFUNG

3.1. ***EU-Baumusterprüfung (Baumuster)***

1. Bei der EU-Baumusterprüfung (Baumuster) handelt es sich um den Teil eines Konformitätsbewertungsverfahrens, bei dem eine notifizierte Stelle den technischen Entwurf eines Druckgeräts untersucht und prüft und bescheinigt, dass er die Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt.

2. Bei der EU-Baumusterprüfung (Baumuster) handelt es sich um die Bewertung der Eignung des technischen Entwurfs des Druckgeräts anhand einer Prüfung der in Nummer 3 genannten technischen Unterlagen und zusätzlichen Nachweise sowie um die Prüfung eines für die geplante Produktion repräsentativen Musters des vollständigen Druckgeräts.

3. Der Antrag auf EU-Baumusterprüfung ist vom Hersteller bei einer einzigen notifizierten Stelle seiner Wahl einzureichen.

Der Antrag enthält Folgendes:

— Name und Anschrift des Herstellers und, wenn der Antrag vom Bevollmächtigten eingereicht wird, auch dessen Name und Anschrift;

— eine schriftliche Erklärung, dass derselbe Antrag bei keiner anderen notifizierten Stelle eingereicht worden ist;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— die technischen Unterlagen. Anhand dieser Unterlagen muss es möglich sein, die Übereinstimmung des Druckgeräts mit den anwendbaren Anforderungen zu bewerten; sie müssen eine geeignete Risikoanalyse und -bewertung enthalten. In den technischen Unterlagen sind die anwendbaren Anforderungen aufzuführen und der Entwurf, die Herstellung und der Betrieb des Druckgeräts zu erfassen, soweit sie für die Bewertung von Belang sind. Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

— eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

— Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

— Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

— eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind, sowie eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllt worden sind, wenn die genannten harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

— die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw.;

— Prüfberichte;

— Angaben zu den bei der Fertigung vorgesehenen Prüfungen;

— Angaben zu den erforderlichen Qualifikationen oder Zulassungen gemäß Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3;

— für die betreffende Produktion repräsentative Muster.

Das Muster kann sich auf mehrere Versionen eines Druckgeräts beziehen, sofern die Unterschiede zwischen den verschiedenen Versionen das Sicherheitsniveau nicht beeinträchtigen.

Die notifizierte Stelle kann zusätzliche Muster anfordern, wenn dies zur Durchführung des Prüfprogramms erforderlich ist;

— die zusätzlichen Nachweise für die Eignung der für den Entwurf gewählten Lösungen. In diesen zusätzlichen Nachweisen müssen alle Unterlagen vermerkt sein, nach denen insbesondere dann vorgegangen worden ist, wenn die einschlägigen harmonisierten Normen nicht in vollem Umfang angewandt worden sind. Die zusätzlichen Nachweise umfassen erforderlichenfalls die Ergebnisse von Prüfungen, die von einem geeigneten Labor des Herstellers, der andere einschlägige technische Spezifikationen anwendet, oder von einem anderen Prüflabor in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung durchgeführt wurden.

4. Die notifizierte Stelle hat folgende Aufgaben:

4.1. Prüfung der technischen Unterlagen und zusätzlichen Nachweise, um zu bewerten, ob der technische Entwurf des Druckgeräts und das Fertigungsverfahren angemessen sind.

Die notifizierte Stelle hat dabei insbesondere folgende Aufgaben:

— Sie begutachtet die Werkstoffe, wenn diese nicht den geltenden harmonisierten Normen oder einer europäischen Werkstoffzulassung für Druckgerätewerkstoffe entsprechen, und überprüft die vom Werkstoffhersteller gemäß Anhang I Nummer 4.3 ausgestellte Bescheinigung.

— Sie erteilt die Zulassung für die Arbeitsverfahren zur Ausführung dauerhafter Verbindungen oder überprüft, ob diese bereits gemäß Anhang I Nummer 3.1.2 zugelassen worden sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— Sie überprüft, ob das Personal für die Ausführung der dauerhaften Verbindungen und die zerstörungsfreien Prüfungen gemäß Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 qualifiziert oder zugelassen ist.

4.2. Prüfung, ob das/die Muster in Übereinstimmung mit den technischen Unterlagen hergestellt wurde/n, und Feststellung, welche Teile nach den anwendbaren Vorschriften der einschlägigen harmonisierten Normen entworfen wurden und welche Teile unter Zugrundelegung sonstiger technischer Spezifikationen ohne Anwendung der einschlägigen Vorschriften dieser Normen entworfen wurden;

4.3. Durchführung der geeigneten Untersuchungen und erforderlichen Prüfungen, um festzustellen, ob die Lösungen aus den einschlägigen harmonisierten Normen korrekt angewandt worden sind, sofern der Hersteller sich dafür entschieden hat, diese anzuwenden;

4.4. Durchführung der geeigneten Untersuchungen und erforderlichen Prüfungen, um festzustellen, ob die Lösungen, die von einem Hersteller gewählt werden, der sonstige einschlägige technische Spezifikationen anwendet, die entsprechenden wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Richtlinie erfüllen, falls er die Lösungen aus den einschlägigen harmonisierten Normen nicht angewandt hat;

4.5. Vereinbarung mit dem Hersteller, wo die Untersuchungen und Prüfungen durchgeführt werden.

5. Die notifizierte Stelle erstellt einen Prüfungsbericht über die gemäß Nummer 4 durchgeführten Maßnahmen und die dabei erzielten Ergebnisse. Unbeschadet ihrer Pflichten gegenüber der notifizierenden Behörde veröffentlicht die notifizierte Stelle den Inhalt dieses Berichts oder Teile davon nur mit Zustimmung des Herstellers.

6. Entspricht das Baumuster den für das betreffende Messgerät geltenden Anforderungen dieser Richtlinie, stellt die notifizierte Stelle dem Hersteller eine EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Baumuster) aus. Unbeschadet der Nummer 7 muss diese Bescheinigung zehn Jahre lang gültig und verlängerbar sein, und sie muss den Namen und die Anschrift des Herstellers, die Ergebnisse der Prüfung, etwaige Bedingungen für ihre Gültigkeit und die erforderlichen Daten für die Identifizierung des zugelassenen Baumusters enthalten.

Eine Liste der wichtigsten technischen Unterlagen wird der Bescheinigung beigefügt und in einer Kopie von der notifizierten Stelle aufbewahrt.

Die Bescheinigung und ihre Anhänge enthalten alle zweckdienlichen Angaben, anhand deren sich die Übereinstimmung der hergestellten Druckgeräte mit dem geprüften Baumuster beurteilen und gegebenenfalls eine Kontrolle nach ihrer Inbetriebnahme durchführen lässt.

Entspricht das Baumuster nicht den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie, verweigert die notifizierte Stelle die Ausstellung einer EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Baumuster) und unterrichtet den Antragsteller darüber, wobei sie ihre Weigerung ausführlich begründet. Es ist ein Einspruchsverfahren vorzusehen.

7. Die notifizierte Stelle hält sich über alle Änderungen des allgemein anerkannten Stands der Technik auf dem Laufenden; deuten diese darauf hin, dass das zugelassene Baumuster nicht mehr den anwendbaren Anforderungen der Richtlinie entspricht, entscheidet sie, ob derartige Änderungen weitere Untersuchungen nötig machen. Ist dies der Fall, setzt die notifizierte Stelle den Hersteller davon in Kenntnis.

Der Hersteller unterrichtet die notifizierte Stelle, der die technischen Unterlagen zur EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Baumuster) vorliegen, über alle Änderungen an dem zugelassenen Baumuster, die dessen Übereinstimmung mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie oder den Bedingungen für die Gültigkeit der Bescheinigung beeinträchtigen können. Derartige Änderungen erfordern eine Zusatzgenehmigung in Form einer Ergänzung der ursprünglichen EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Baumuster).

8. Jede notifizierte Stelle unterrichtet ihre notifizierende Behörde über die EU-Baumusterprüfbescheinigungen (für Baumuster) und/oder etwaige Ergänzungen dazu, die sie ausgestellt oder zurückgenommen hat, und übermittelt ihrer notifizierenden Behörde in regelmäßigen Abständen oder auf Verlangen eine Aufstellung aller solcher Bescheinigungen und/oder Ergänzungen dazu, die sie verweigert, ausgesetzt oder auf andere Art eingeschränkt hat.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Jede notifizierte Stelle unterrichtet die übrigen notifizierten Stellen über die EU-Baumusterprüfbescheinigungen (für Baumuster) und/oder etwaige Ergänzungen dazu, die sie verweigert, zurückgenommen, ausgesetzt oder auf andere Weise eingeschränkt hat, und teilt ihnen, wenn sie dazu aufgefordert wird, alle von ihr ausgestellten Bescheinigungen und/oder Ergänzungen dazu mit.

Wenn sie dies verlangen, erhalten die Kommission, die Mitgliedstaaten und die anderen notifizierten Stellen eine Abschrift der EU-Baumusterprüfbescheinigungen (für Baumuster) und/oder ihrer Ergänzungen. Wenn sie dies verlangen, erhalten die Kommission und die Mitgliedstaaten eine Abschrift der technischen Unterlagen und der Ergebnisse der durch die notifizierte Stelle vorgenommenen Prüfungen. Die notifizierte Stelle bewahrt ein Exemplar der EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Baumuster), ihrer Anhänge und Ergänzungen sowie des technischen Dossiers einschließlich der vom Hersteller eingereichten Unterlagen so lange auf, bis die Gültigkeitsdauer der Bescheinigung endet.

9. Der Hersteller hält ein Exemplar der EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Baumuster), ihrer Anhänge und Ergänzungen zusammen mit den technischen Unterlagen nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit.

10. Der Bevollmächtigte des Herstellers kann den in Nummer 3 genannten Antrag einreichen und die in den Nummern 7 und 9 genannten Pflichten erfüllen, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

3.2. ***EU-Baumusterprüfung (Entwurfsmuster)***

1. Bei der EU-Baumusterprüfung (Entwurfsmuster) handelt es sich um den Teil eines Konformitätsbewertungsverfahrens, bei dem eine notifizierte Stelle den technischen Entwurf eines Druckgeräts untersucht und prüft und bescheinigt, dass er die Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt.

2. Die EU-Baumusterprüfung (Entwurfsmuster) besteht in einer Bewertung der Angemessenheit des technischen Entwurfs des Druckgeräts anhand einer Prüfung der in Nummer 3 genannten technischen Unterlagen und zusätzlichen Nachweise, ohne Prüfung eines Musters.

Die experimentelle Auslegungsmethode gemäß Anhang I Nummer 2.2.4 darf im Rahmen dieses Moduls nicht verwendet werden.

3. Der Antrag auf EU-Baumusterprüfung (Entwurfsmuster) ist vom Hersteller bei einer einzigen notifizierten Stelle seiner Wahl einzureichen.

Der Antrag enthält Folgendes:

— Name und Anschrift des Herstellers und, wenn der Antrag vom Bevollmächtigten eingereicht wird, auch dessen Name und Anschrift;

— eine schriftliche Erklärung, dass derselbe Antrag bei keiner anderen notifizierten Stelle eingereicht worden ist;

— die technischen Unterlagen. Anhand dieser Unterlagen muss es möglich sein, die Übereinstimmung des Druckgeräts mit den anwendbaren Anforderungen der Richtlinie zu bewerten; sie müssen eine geeignete Risikoanalyse und -bewertung enthalten. In den technischen Unterlagen sind die anwendbaren Anforderungen aufzuführen und der Entwurf, die Herstellung und der Betrieb des Druckgeräts zu erfassen, soweit sie für die Bewertung von Belang sind. Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

  — eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

  — Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

  — Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind, sowie eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllt worden sind, wenn die genannten harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

— die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw.;

— Angaben zu den erforderlichen Qualifikationen oder Zulassungen gemäß Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3;

— die zusätzlichen Nachweise für die Eignung der für den Entwurf gewählten Lösungen. In diesen zusätzlichen Nachweisen müssen alle Unterlagen vermerkt sein, nach denen insbesondere dann vorgegangen worden ist, wenn die einschlägigen harmonisierten Normen nicht in vollem Umfang angewandt worden sind. Diese zusätzlichen Nachweise umfassen erforderlichenfalls die Ergebnisse von Prüfungen, die von einem geeigneten Labor des Herstellers oder von einem anderen Prüflabor in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung durchgeführt wurden.

Der Antrag kann sich auf mehrere Versionen eines Druckgeräts erstrecken, sofern die Unterschiede zwischen den verschiedenen Versionen das Sicherheitsniveau nicht beeinträchtigen.

4. Die notifizierte Stelle hat folgende Aufgaben:

4.1. Prüfung der technischen Unterlagen und zusätzlichen Nachweise, um zu bewerten, ob der technische Entwurf des Produkts angemessen ist.

Die notifizierte Stelle hat dabei insbesondere folgende Aufgaben:

— Sie begutachtet die verwendeten Werkstoffe, wenn diese nicht den geltenden harmonisierten Normen oder einer europäischen Werkstoffzulassung für Druckgerätewerkstoffe entsprechen.

— Sie erteilt die Zulassung für die Arbeitsverfahren zur Ausführung dauerhafter Verbindungen oder überprüft, ob diese bereits gemäß Anhang I Nummer 3.1.2 zugelassen worden sind.

4.2. Durchführung der geeigneten Untersuchungen, um festzustellen, ob die Lösungen aus den einschlägigen harmonisierten Normen korrekt angewandt worden sind, sofern der Hersteller sich für ihre Anwendung entschieden hat;

4.3. Durchführung der geeigneten Untersuchungen, um festzustellen, ob die vom Hersteller gewählten Lösungen die entsprechenden wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Richtlinie erfüllen, falls er die Lösungen aus den einschlägigen harmonisierten Normen nicht angewandt hat.

5. Die notifizierte Stelle erstellt einen Prüfungsbericht über die gemäß Nummer 4 durchgeführten Maßnahmen und die dabei erzielten Ergebnisse. Unbeschadet ihrer Pflichten gegenüber den notifizierenden Behörden veröffentlicht die notifizierte Stelle den Inhalt dieses Berichts oder Teile davon nur mit Zustimmung des Herstellers.

6. Entspricht der Entwurf den Anforderungen dieser Richtlinie, stellt die notifizierte Stelle dem Hersteller eine EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Entwurfsmuster) aus. Unbeschadet der Nummer 7 muss diese Bescheinigung zehn Jahre lang gültig und verlängerbar sein, und sie muss den Namen und die Anschrift des Herstellers, die Ergebnisse der Prüfung, etwaige Bedingungen für ihre Gültigkeit und die erforderlichen Daten für die Identifizierung des zugelassenen Baumusters enthalten.

Eine Liste der wichtigsten technischen Unterlagen wird der Bescheinigung beigefügt und in einer Kopie von der notifizierten Stelle aufbewahrt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Bescheinigung und ihre Anhänge enthalten alle zweckdienlichen Angaben, anhand deren sich die Übereinstimmung der hergestellten Druckgeräte mit dem geprüften Entwurfsmuster beurteilen und gegebenenfalls eine Kontrolle nach ihrer Inbetriebnahme durchführen lässt.

Entspricht der Entwurf nicht den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie, verweigert die notifizierte Stelle die Ausstellung einer EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Entwurfsmuster) und unterrichtet den Antragsteller darüber, wobei sie ihre Weigerung ausführlich begründet.

7. Die notifizierte Stelle hält sich über alle Änderungen des allgemein anerkannten Stands der Technik auf dem Laufenden; deuten sie darauf hin, dass der zugelassene Entwurf nicht mehr den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie entspricht, entscheidet sie, ob diese Änderungen weitere Untersuchungen nötig machen. Ist dies der Fall, setzt die notifizierte Stelle den Hersteller davon in Kenntnis.

Der Hersteller unterrichtet die notifizierte Stelle, der die technischen Unterlagen zur EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Entwurfsmuster) vorliegen, über alle Änderungen an dem zugelassenen Entwurf, die dessen Übereinstimmung mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie oder den Bedingungen für die Gültigkeit der Bescheinigung beeinträchtigen können. Derartige Änderungen erfordern eine Zusatzgenehmigung in Form einer Ergänzung der ursprünglichen EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Entwurfsmuster).

8. Jede notifizierte Stelle unterrichtet ihre notifizierenden Behörden über die EU-Baumusterprüfbescheinigungen (für Entwurfsmuster) und/oder etwaige Ergänzungen dazu, die sie ausgestellt oder zurückgenommen hat, und übermittelt ihren notifizierenden Behörden in regelmäßigen Abständen oder auf Verlangen eine Aufstellung aller Bescheinigungen und/oder Ergänzungen dazu, die sie verweigert, ausgesetzt oder auf andere Art eingeschränkt hat.

Jede notifizierte Stelle unterrichtet die übrigen notifizierten Stellen über die EU-Baumusterprüfbescheinigungen (für Entwurfsmuster) und/oder etwaige Ergänzungen dazu, die sie verweigert, zurückgenommen, ausgesetzt oder auf andere Weise eingeschränkt hat, und teilt ihnen, wenn sie dazu aufgefordert wird, alle von ihr ausgestellten Bescheinigungen und/oder Ergänzungen dazu mit.

Wenn sie dies verlangen, erhalten die Kommission, die Mitgliedstaaten und die anderen notifizierten Stellen eine Abschrift der EU-Baumusterprüfbescheinigungen (für Entwurfsmuster) und/oder ihrer Ergänzungen. Wenn sie dies verlangen, erhalten die Kommission und die Mitgliedstaaten eine Abschrift der technischen Unterlagen und der Ergebnisse der durch die notifizierte Stelle vorgenommenen Prüfungen. Die notifizierte Stelle bewahrt ein Exemplar der EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Entwurfsmuster), ihrer Anhänge und Ergänzungen sowie des technischen Dossiers einschließlich der vom Hersteller eingereichten Unterlagen so lange auf, bis die Gültigkeitsdauer der Bescheinigung endet.

9. Der Hersteller hält ein Exemplar der EU-Baumusterprüfbescheinigung (für Entwurfsmuster), ihrer Anhänge und Ergänzungen zusammen mit den technischen Unterlagen zehn Jahre lang nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts für die nationalen Behörden bereit.

10. Der Bevollmächtigte des Herstellers kann den in Nummer 3 genannten Antrag einreichen und die in den Nummern 7 und 9 genannten Pflichten erfüllen, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

4. MODUL C2: KONFORMITÄT MIT DER BAUART AUF DER GRUNDLAGE EINER INTERNEN FERTIGUNGSKONTROLLE MIT ÜBERWACHTEN DRUCKGERÄTEPRÜFUNGEN IN UNREGELMÄSSIGEN ABSTÄNDEN

1. Die Konformität mit der Bauart auf der Grundlage einer internen Fertigungskontrolle mit überwachten Druckgeräteprüfungen in unregelmäßigen Abständen ist der Teil eines Konformitätsbewertungsverfahrens, bei dem der Hersteller die in den Nummern 2, 3 und 4 festgelegten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass die betreffenden Druckgeräte der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart entsprechen und den auf sie anwendbaren Anforderungen der Richtlinie genügen.

2. **Herstellung**

Der Hersteller trifft alle erforderlichen Maßnahmen, damit das Fertigungsverfahren und seine Überwachung die Übereinstimmung der hergestellten Druckgeräte mit der in der EU- Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart und mit den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie gewährleistet.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3. **Abnahme und Druckgeräteprüfungen**

Eine vom Hersteller gewählte notifizierte Stelle führt in von ihr festgelegten unregelmäßigen Abständen die Prüfungen durch bzw. lässt sie durchführen, um die Qualität der Abnahme und der internen Prüfungen der Druckgeräte zu überprüfen, wobei sie unter anderem der technischen Komplexität der Druckgeräte und der Produktionsmenge Rechnung trägt.

Die notifizierte Stelle vergewissert sich, dass der Hersteller die Abnahme gemäß Anhang I Nummer 3.2 tatsächlich durchführt.

Vor dem Inverkehrbringen entnimmt die notifizierte Stelle vor Ort eine geeignete Stichprobe der fertigen Druckgeräte und untersucht sie; ferner führt sie geeignete Prüfungen entsprechend den einschlägigen Abschnitten der harmonisierten Normen und/oder gleichwertige Prüfungen nach sonstigen einschlägigen technischen Spezifikationen durch, um die Konformität der Druckgeräte mit den anwendbaren Anforderungen der Rechtsvorschrift zu prüfen.

Die notifizierte Stelle entscheidet über die Anzahl der zu entnehmenden Druckgeräte sowie darüber, ob es erforderlich ist, an diesen entnommenen Druckgeräten die Abnahme ganz oder teilweise durchzuführen oder durchführen zu lassen.

Weist die Stichprobe kein annehmbares Qualitätsniveau auf, trifft die Stelle geeignete Maßnahmen.

Mit diesem Stichprobenverfahren soll ermittelt werden, ob sich der Fertigungsprozess der Druckgeräte innerhalb annehmbarer Grenzen bewegt, um die Konformität der Druckgeräte zu gewährleisten.

Führt eine notifizierte Stelle die Prüfungen durch, bringt der Hersteller unter ihrer Verantwortung während des Fertigungsprozesses ihre Kennnummer an.

4. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

4.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät und jeder einzelnen Baugruppe, das/die mit der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart übereinstimmt und die anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt, die CE-Kennzeichnung an.

4.2. Der Hersteller stellt für ein Modell eines Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Druckgerät sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

5. **Bevollmächtigter**

Die in Nummer 4 genannten Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

5. MODUL D: KONFORMITÄT MIT DER BAUART AUF DER GRUNDLAGE EINER QUALITÄTSSICHERUNG BEZOGEN AUF DEN PRODUKTIONSPROZESS

1. Die Konformität mit der Bauart auf der Grundlage einer Qualitätssicherung bezogen auf den Produktionsprozess ist der Teil eines Konformitätsbewertungsverfahrens, bei dem der Hersteller die in den Nummern 2 und 5 festgelegten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass die betreffenden Druckgeräte oder Baugruppen der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart entsprechen und den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie genügen.

2. **Herstellung**

Der Hersteller betreibt ein zugelassenes Qualitätssicherungssystem für die Herstellung, Endabnahme und Prüfung der betreffenden Druckgeräte gemäß Nummer 3 und unterliegt der Überwachung gemäß Nummer 4.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3. **Qualitätssicherungssystem**

3.1. Der Hersteller beantragt für die betreffenden Druckgeräte bei der notifizierten Stelle seiner Wahl die Bewertung seines Qualitätssicherungssystems.

Der Antrag enthält Folgendes:

— Name und Anschrift des Herstellers und, wenn der Antrag vom Bevollmächtigten eingereicht wird, auch dessen Name und Anschrift;

— eine schriftliche Erklärung, dass derselbe Antrag bei keiner anderen notifizierten Stelle eingereicht worden ist;

— alle einschlägigen Angaben über die vorgesehene Bauart der Druckgeräte;

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— die technischen Unterlagen über die zugelassene Bauart und eine Abschrift der EU-Baumusterprüfbescheinigung.

3.2. Das Qualitätssicherungssystem gewährleistet die Übereinstimmung der Druckgeräte mit der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart und mit den auf sie anwendbaren Anforderungen der Richtlinie.

Alle vom Hersteller berücksichtigten Elemente, Anforderungen und Vorschriften sind systematisch und ordnungsgemäß in Form schriftlicher Grundsätze, Verfahren und Anweisungen zusammenzustellen. Diese Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem müssen eine einheitliche Auslegung der Qualitätssicherungsprogramme, -pläne, -handbücher und -berichte ermöglichen.

Sie müssen insbesondere eine angemessene Beschreibung folgender Punkte enthalten:

— Qualitätsziele sowie organisatorischer Aufbau, Zuständigkeiten und Befugnisse der Geschäftsleitung in Bezug auf die Druckgerätequalität;

— entsprechende Fertigungs-, Qualitätssteuerungs- und Qualitätssicherungstechniken und andere systematische Maßnahmen, insbesondere die zugelassenen Arbeitsverfahren zur Ausführung der dauerhaften Verbindungen gemäß Anhang I Nummer 3.1.2;

— Untersuchungen und Prüfungen, die vor, während und nach der Herstellung durchgeführt werden (unter Angabe ihrer Häufigkeit);

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation oder Zulassung der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter, insbesondere des für die Ausführung der dauerhaften Verbindungen und die zerstörungsfreien Prüfungen nach Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 zuständigen Personals; und

— Mittel, mit denen die Verwirklichung der angestrebten Qualität und die wirksame Arbeitsweise des Qualitätssicherungssystems überwacht werden können.

3.3. Die notifizierte Stelle bewertet das Qualitätssicherungssystem, um festzustellen, ob es die in Nummer 3.2 genannten Anforderungen erfüllt.

Bei den Bestandteilen des Qualitätssicherungssystems, die die entsprechenden Spezifikationen der einschlägigen harmonisierten Norm erfüllen, geht sie von einer Konformität mit diesen Anforderungen aus.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Zusätzlich zur Erfahrung mit Qualitätsmanagementsystemen verfügt mindestens ein Mitglied des Auditteams über Erfahrung mit der Bewertung in dem einschlägigen Druckgerätebereich und der betreffenden Druckgerätetechnik sowie über Kenntnis der anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie. Das Audit umfasst auch eine Kontrollbesichtigung des Herstellerwerks.

Das Auditteam überprüft die in Nummer 3.1 fünfter Gedankenstrich genannten technischen Unterlagen, um sich zu vergewissern, dass der Hersteller in der Lage ist, die einschlägigen Anforderungen dieser Richtlinie zu erkennen und die erforderlichen Prüfungen durchzuführen, damit die Übereinstimmung des Produkts mit diesen Anforderungen gewährleistet ist.

Die Entscheidung wird dem Hersteller mitgeteilt. Die Mitteilung muss das Fazit des Audits und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

3.4. Der Hersteller verpflichtet sich, die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten zu erfüllen und dafür zu sorgen, dass das System stets sachgemäß und effizient betrieben wird.

3.5. Der Hersteller hält die notifizierte Stelle, die das Qualitätssicherungssystem zugelassen hat, über alle geplanten Änderungen des Qualitätssicherungssystems auf dem Laufenden.

Die notifizierte Stelle beurteilt die geplanten Änderungen und entscheidet, ob das geänderte Qualitätssicherungssystem noch den in Nummer 3.2 genannten Anforderungen entspricht oder ob eine erneute Bewertung erforderlich ist.

Sie gibt dem Hersteller ihre Entscheidung bekannt. Die Mitteilung muss das Fazit der Prüfung und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

4. **Überwachung unter der Verantwortung der notifizierten Stelle**

4.1. Die Überwachung soll gewährleisten, dass der Hersteller die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten vorschriftsmäßig erfüllt.

4.2. Der Hersteller gewährt der notifizierten Stelle für die Bewertung Zugang zu den Herstellungs-, Abnahme-, Prüf- und Lagereinrichtungen und stellt ihr alle erforderlichen Unterlagen zur Verfügung, insbesondere:

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter.

4.3. Die notifizierte Stelle führt regelmäßig Audits durch, um sicherzustellen, dass der Hersteller das Qualitätssicherungssystem aufrechterhält und anwendet, und übergibt ihm einen entsprechenden Prüfbericht. Die Häufigkeit der regelmäßigen Audits ist so zu wählen, dass alle drei Jahre eine vollständige Neubewertung vorgenommen wird.

4.4. Darüber hinaus kann die notifizierte Stelle dem Hersteller unangemeldete Besuche abstatten. Die Notwendigkeit derartiger zusätzlicher Besuche und deren Häufigkeit wird anhand eines von der notifizierten Stelle verwendeten Kontrollbesuchsystems ermittelt. Bei diesem System sind insbesondere die folgenden Faktoren zu berücksichtigen:

— Kategorie des Druckgeräts;

— Ergebnisse früherer Kontrollbesuche;

— erforderliche Verfolgung von Korrekturmaßnahmen;

— gegebenenfalls an die Zulassung des Systems geknüpfte besondere Bedingungen;

— wesentliche Änderungen von Fertigungsorganisation, Fertigungskonzepten oder -techniken.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei diesen Besuchen kann die notifizierte Stelle bei Bedarf Produktprüfungen zur Kontrolle des ordnungsgemäßen Funktionierens des Qualitätssicherungssystems vornehmen oder vornehmen lassen. Die notifizierte Stelle übergibt dem Hersteller einen Bericht über den Besuch und im Falle von Prüfungen einen Prüfbericht.

5. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

5.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das mit der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart übereinstimmt und die anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt, die CE-Kennzeichnung und — unter der Verantwortung der in Nummer 3.1 genannten notifizierten Stelle — deren Kennnummer an.

5.2. Der Hersteller stellt für jedes Modell eines Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Druckgerät sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

6. Der Hersteller hält nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang folgende Unterlagen für die nationalen Behörden bereit:

— die Unterlagen gemäß Nummer 3.1;

— die genehmigten Änderungen gemäß Nummer 3.5;

— die Entscheidungen und Berichte der notifizierten Stelle gemäß den Nummern 3.3, 3.5, 4.3 und 4.4.

7. Jede notifizierte Stelle unterrichtet ihre notifizierenden Behörden über die Zulassungen für Qualitätssicherungssysteme, die sie ausgestellt oder zurückgezogen hat, und übermittelt ihren notifizierenden Behörden in regelmäßigen Abständen oder auf Verlangen eine Aufstellung aller Zulassungen für Qualitätssysteme, die sie verweigert, ausgesetzt oder auf andere Art eingeschränkt hat.

Jede notifizierte Stelle unterrichtet die übrigen notifizierten Stellen über die Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie verweigert, ausgesetzt, zurückgenommen oder auf andere Art eingeschränkt hat, und auf Aufforderung über die Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie erteilt hat.

8. **Bevollmächtigter**

Die in den Nummern 3.1, 3.5, 5 und 6 genannten Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

6. MODUL D1: QUALITÄTSSICHERUNG BEZOGEN AUF DEN PRODUKTIONSPROZESS

1. Bei der Qualitätssicherung bezogen auf den Produktionsprozess handelt es sich um das Konformitätsbewertungsverfahren, bei dem der Hersteller die in den Nummern 2, 4 und 7 festgelegten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass die betreffenden Druckgeräte den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie genügen.

2. **Technische Unterlagen**

Der Hersteller erstellt die technischen Unterlagen. Anhand dieser Unterlagen muss es möglich sein, die Übereinstimmung des Druckgeräts mit den betreffenden Anforderungen zu bewerten; sie müssen eine geeignete Risikoanalyse und -bewertung enthalten. In den technischen Unterlagen sind die anwendbaren Anforderungen aufzuführen und der Entwurf, die Herstellung und der Betrieb des Druckgeräts zu erfassen, soweit sie für die Bewertung von Belang sind. Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

— eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

— Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

— eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind, sowie eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllt worden sind, wenn die genannten harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

— die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw. und

— die Prüfberichte.

3. Der Hersteller hält die technischen Unterlagen nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die zuständigen nationalen Behörden bereit.

4. **Herstellung**

Der Hersteller betreibt ein zugelassenes Qualitätssicherungssystem für die Herstellung, Endabnahme und Prüfung der betreffenden Druckgeräte gemäß Nummer 5 und unterliegt der Überwachung gemäß Nummer 6.

5. **Qualitätssicherungssystem**

5.1. Der Hersteller beantragt für die betreffenden Druckgeräte bei der notifizierten Stelle seiner Wahl die Bewertung seines Qualitätssicherungssystems.

Der Antrag enthält Folgendes:

— Name und Anschrift des Herstellers und, wenn der Antrag vom Bevollmächtigten eingereicht wird, auch dessen Name und Anschrift;

— eine schriftliche Erklärung, dass derselbe Antrag bei keiner anderen notifizierten Stelle eingereicht worden ist;

— alle einschlägigen Angaben über die vorgesehene Bauart der Druckgeräte;

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— die technischen Unterlagen gemäß Nummer 2.

5.2. Das Qualitätssicherungssystem gewährleistet die Übereinstimmung der Druckgeräte mit den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie.

Alle vom Hersteller berücksichtigten Elemente, Anforderungen und Vorschriften sind systematisch und ordnungsgemäß in Form schriftlicher Grundsätze, Verfahren und Anweisungen zusammenzustellen. Diese Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem müssen eine einheitliche Auslegung der Qualitätssicherungsprogramme, -pläne, -handbücher und -berichte ermöglichen.

Sie müssen insbesondere eine angemessene Beschreibung folgender Punkte enthalten:

— Qualitätsziele sowie organisatorischer Aufbau, Zuständigkeiten und Befugnisse der Geschäftsleitung in Bezug auf die Druckgerätequalität;

— entsprechende Fertigungs-, Qualitätssteuerungs- und Qualitätssicherungstechniken und andere systematische Maßnahmen, insbesondere die zugelassenen Arbeitsverfahren zur Ausführung der dauerhaften Verbindungen gemäß Anhang I Nummer 3.1.2;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— Untersuchungen und Prüfungen, die vor, während und nach der Herstellung durchgeführt werden (unter Angabe ihrer Häufigkeit);

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter, insbesondere des für die Ausführung der dauerhaften Verbindungen nach Anhang I Nummer 3.1.2 zuständigen Personals;

— Mittel, mit denen die Verwirklichung der angestrebten Produktqualität und die wirksame Arbeitsweise des Qualitätssicherungssystems überwacht werden können.

5.3. Die notifizierte Stelle bewertet das Qualitätssicherungssystem, um festzustellen, ob es die in Nummer 5.2 genannten Anforderungen erfüllt. Bei jedem Bestandteil des Qualitätssicherungssystems, der die entsprechende harmonisierte Norm erfüllt, wird von der Erfüllung der in Nummer 5.2 genannten Anforderungen ausgegangen.

Zusätzlich zur Erfahrung mit Qualitätsmanagementsystemen verfügt mindestens ein Mitglied des Auditteams über Erfahrung mit der Bewertung der betreffenden Druckgerätetechnik sowie über Kenntnis der anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie. Das Audit umfasst auch einen Kontrollbesuch des Herstellerwerks.

Das Auditteam überprüft die in Nummer 2 genannten technischen Unterlagen, um sich zu vergewissern, dass der Hersteller in der Lage ist, die einschlägigen Anforderungen dieser Richtlinie zu erkennen und die erforderlichen Prüfungen durchzuführen, damit die Übereinstimmung des Druckgeräts mit diesen Anforderungen gewährleistet ist.

Die Entscheidung wird dem Hersteller mitgeteilt. Die Mitteilung muss das Fazit des Audits und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

5.4. Der Hersteller verpflichtet sich, die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten zu erfüllen und dafür zu sorgen, dass das System stets sachgemäß und effizient betrieben wird.

5.5. Der Hersteller hält die notifizierte Stelle, die das Qualitätssicherungssystem zugelassen hat, über alle geplanten Änderungen des Qualitätssicherungssystems auf dem Laufenden.

Die notifizierte Stelle beurteilt die geplanten Änderungen und entscheidet, ob das geänderte Qualitätssicherungssystem noch den in Nummer 5.2 genannten Anforderungen entspricht oder ob eine erneute Bewertung erforderlich ist.

Sie gibt dem Hersteller ihre Entscheidung bekannt. Die Mitteilung muss das Fazit der Prüfung und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

6. **Überwachung unter der Verantwortung der notifizierten Stelle**

6.1. Die Überwachung soll gewährleisten, dass der Hersteller die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten vorschriftsmäßig erfüllt.

6.2. Der Hersteller gewährt der notifizierten Stelle für die Bewertung Zugang zu den Herstellungs-, Abnahme-, Prüf- und Lagereinrichtungen und stellt ihr alle erforderlichen Unterlagen zur Verfügung, insbesondere:

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— die technischen Unterlagen gemäß Nummer 2;

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.3. Die notifizierte Stelle führt regelmäßig Audits durch, um sicherzustellen, dass der Hersteller das Qualitätssicherungssystem aufrechterhält und anwendet, und übergibt ihm einen entsprechenden Prüfbericht. Die Häufigkeit der regelmäßigen Audits ist so zu wählen, dass alle drei Jahre eine vollständige Neubewertung vorgenommen wird.

6.4. Darüber hinaus kann die notifizierte Stelle dem Hersteller unangemeldete Besuche abstatten. Die Notwendigkeit derartiger zusätzlicher Besuche und deren Häufigkeit wird anhand eines von der notifizierten Stelle verwendeten Kontrollbesuchsystems ermittelt. Bei diesem System sind insbesondere die folgenden Faktoren zu berücksichtigen:

— Kategorie des Druckgeräts;

— Ergebnisse früherer Kontrollbesuche;

— erforderliche Verfolgung von Korrekturmaßnahmen;

— gegebenenfalls an die Zulassung des Systems geknüpfte besondere Bedingungen;

— wesentliche Änderungen von Fertigungsorganisation, Fertigungskonzepten oder -techniken.

Bei diesen Besuchen kann die notifizierte Stelle bei Bedarf Produktprüfungen zur Kontrolle des ordnungsgemäßen Funktionierens des Qualitätssicherungssystems vornehmen. Die notifizierte Stelle übergibt dem Hersteller einen Bericht über den Besuch und im Falle von Prüfungen einen Prüfbericht.

7. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

7.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie entspricht, die CE-Kennzeichnung und unter der Verantwortung der in Nummer 5.1 genannten notifizierten Stelle deren Kennnummer an.

7.2. Der Hersteller stellt für jedes Modell eines Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Produktmodell sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

8. Der Hersteller hält nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang folgende Unterlagen für die nationalen Behörden bereit:

— die Unterlagen gemäß Nummer 5.1;

— die Änderungen gemäß Nummer 5.5;

— die Entscheidungen und Berichte der notifizierten Stelle gemäß den Nummern 5.5, 6.3 und 6.4.

9. Jede notifizierte Stelle unterrichtet ihre notifizierenden Behörden über die Zulassungen für Qualitätssicherungssysteme, die sie ausgestellt oder zurückgezogen hat, und übermittelt ihren notifizierenden Behörden in regelmäßigen Abständen oder auf Verlangen eine Aufstellung aller Zulassungen für Qualitätssysteme, die sie verweigert, ausgesetzt oder auf andere Art eingeschränkt hat.

Jede notifizierte Stelle unterrichtet die übrigen notifizierten Stellen über die Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie verweigert, ausgesetzt oder zurückgenommen hat, und auf Aufforderung über die Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie erteilt hat.

10. **Bevollmächtigter**

Die in den Nummern 3, 5.1, 5.5, 7 und 8 genannten Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7. MODUL E: KONFORMITÄT MIT DER BAUART AUF DER GRUNDLAGE DER QUALITÄTSSICHERUNG BEZOGEN AUF DAS DRUCKGERÄT

1. Die Konformität mit der Bauart auf der Grundlage einer Qualitätssicherung bezogen auf das Druckgerät ist der Teil eines Konformitätsbewertungsverfahrens, bei dem der Hersteller die in den Nummern 2 und 5 festgelegten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass die betreffenden Druckgeräte der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart entsprechen und den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie genügen.

2. **Herstellung**

Der Hersteller betreibt ein zugelassenes Qualitätssicherungssystem für die Endabnahme des Fertigprodukts und die Prüfung der betreffenden Druckgeräte gemäß Nummer 3 und unterliegt der Überwachung gemäß Nummer 4.

3. **Qualitätssicherungssystem**

3.1. Der Hersteller beantragt bei einer notifizierten Stelle seiner Wahl die Bewertung seines Qualitätssicherungssystems für die betreffenden Druckgeräte.

Der Antrag enthält Folgendes:

— Name und Anschrift des Herstellers und, wenn der Antrag vom Bevollmächtigten eingereicht wird, auch dessen Name und Anschrift;

— eine schriftliche Erklärung, dass derselbe Antrag bei keiner anderen notifizierten Stelle eingereicht worden ist;

— alle einschlägigen Angaben über die vorgesehene Bauart der Druckgeräte;

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— die technischen Unterlagen über die zugelassene Bauart und eine Abschrift der EU-Baumusterprüfbescheinigung.

3.2. Das Qualitätssicherungssystem gewährleistet die Übereinstimmung der Produkte mit der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart und mit den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie.

Alle vom Hersteller berücksichtigten Elemente, Anforderungen und Vorschriften sind systematisch und ordnungsgemäß in Form schriftlicher Grundsätze, Verfahren und Anweisungen zusammenzustellen. Diese Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem müssen eine einheitliche Auslegung der Qualitätssicherungsprogramme, -pläne, -handbücher und -berichte ermöglichen.

Sie müssen insbesondere eine angemessene Beschreibung folgender Punkte enthalten:

— Qualitätsziele sowie organisatorischer Aufbau, Zuständigkeiten und Befugnisse der Geschäftsleitung in Bezug auf die Produktqualität;

— nach der Herstellung durchgeführte Untersuchungen und Prüfungen;

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation oder Zulassung der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter, insbesondere des für die Ausführung der dauerhaften Verbindungen und die zerstörungsfreien Prüfungen nach Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 zuständigen Personals;

— Mittel, mit denen die wirksame Arbeitsweise des Qualitätssicherungssystems überwacht wird.

3.3. Die notifizierte Stelle bewertet das Qualitätssicherungssystem, um festzustellen, ob es die in Nummer 3.2 genannten Anforderungen erfüllt. Bei den Bestandteilen des Qualitätssicherungssystems, die die entsprechenden Spezifikationen der einschlägigen harmonisierten Norm erfüllen, geht sie von einer Konformität mit diesen Anforderungen aus.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Zusätzlich zur Erfahrung mit Qualitätsmanagementsystemen verfügt mindestens ein Mitglied des Auditteams über Erfahrung mit der Bewertung in dem einschlägigen Druckgerätebereich und der betreffenden Druckgerätetechnik sowie über Kenntnis der anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie. Das Audit umfasst auch einen Kontrollbesuch des Herstellerwerks.

Das Auditteam überprüft die in Nummer 3.1 fünfter Gedankenstrich genannten technischen Unterlagen, um sich zu vergewissern, dass der Hersteller in der Lage ist, die einschlägigen Anforderungen dieser Richtlinie zu erkennen und die erforderlichen Prüfungen durchzuführen, damit die Übereinstimmung des Druckgeräts mit diesen Anforderungen gewährleistet ist.

Die Entscheidung wird dem Hersteller mitgeteilt. Die Mitteilung muss das Fazit des Audits und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

3.4. Der Hersteller verpflichtet sich, die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten zu erfüllen und dafür zu sorgen, dass das System stets sachgemäß und effizient betrieben wird.

3.5. Der Hersteller hält die notifizierte Stelle, die das Qualitätssicherungssystem zugelassen hat, über alle geplanten Änderungen des Qualitätssicherungssystems auf dem Laufenden.

Die notifizierte Stelle beurteilt die geplanten Änderungen und entscheidet, ob das geänderte Qualitätssicherungssystem noch den in Nummer 3.2 genannten Anforderungen entspricht oder ob eine erneute Bewertung erforderlich ist.

Sie gibt dem Hersteller ihre Entscheidung bekannt. Die Mitteilung muss das Fazit der Prüfung und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

4. **Überwachung unter der Verantwortung der notifizierten Stelle**

4.1. Die Überwachung soll gewährleisten, dass der Hersteller die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten vorschriftsmäßig erfüllt.

4.2. Der Hersteller gewährt der notifizierten Stelle für die Bewertung Zugang zu den Herstellungs-, Abnahme-, Prüf- und Lagereinrichtungen und stellt ihr alle erforderlichen Unterlagen zur Verfügung, insbesondere:

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— die technischen Unterlagen;

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter.

4.3. Die notifizierte Stelle führt regelmäßig Audits durch, um sicherzustellen, dass der Hersteller das Qualitätssicherungssystem aufrechterhält und anwendet, und übergibt ihm einen entsprechenden Prüfbericht. Die Häufigkeit der regelmäßigen Audits ist so zu wählen, dass alle drei Jahre eine vollständige Neubewertung vorgenommen wird.

4.4. Darüber hinaus kann die notifizierte Stelle dem Hersteller unangemeldete Besuche abstatten.

Die Notwendigkeit derartiger zusätzlicher Besuche und deren Häufigkeit wird anhand eines von der notifizierten Stelle verwendeten Kontrollbesuchsystems ermittelt. Bei diesem System sind insbesondere die folgenden Faktoren zu berücksichtigen:

— Kategorie des Druckgeräts;

— Ergebnisse früherer Kontrollbesuche;

— erforderliche Verfolgung von Korrekturmaßnahmen;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— gegebenenfalls an die Zulassung des Systems geknüpfte besondere Bedingungen;

— wesentliche Änderungen von Fertigungsorganisation, Fertigungskonzepten oder -techniken.

Bei diesen Besuchen kann die notifizierte Stelle bei Bedarf Produktprüfungen zur Kontrolle des ordnungsgemäßen Funktionierens des Qualitätssicherungssystems vornehmen oder vornehmen lassen. Die notifizierte Stelle übergibt dem Hersteller einen Bericht über den Besuch und im Falle von Prüfungen einen Prüfbericht.

5. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

5.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das mit der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart übereinstimmt und die anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt, die CE-Kennzeichnung und — unter der Verantwortung der in Nummer 3.1 genannten notifizierten Stelle — deren Kennnummer an.

5.2. Der Hersteller stellt für jedes Modell eines Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Produktmodell sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

6. Der Hersteller hält nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang folgende Unterlagen für die nationalen Behörden bereit:

— die Unterlagen gemäß Nummer 3.1;

— die genehmigte Änderung gemäß Nummer 3.5;

— die Entscheidungen und Berichte der notifizierten Stelle gemäß den Nummern 3.3, 3.5, 4.3 und 4.4.

7. Jede notifizierte Stelle unterrichtet ihre notifizierenden Behörden über die Zulassungen für Qualitätssicherungssysteme, die sie ausgestellt oder zurückgezogen hat, und übermittelt ihren notifizierenden Behörden in regelmäßigen Abständen oder auf Verlangen eine Aufstellung aller Zulassungen für Qualitätssysteme, die sie verweigert, ausgesetzt oder auf andere Art eingeschränkt hat.

Jede notifizierte Stelle unterrichtet die anderen notifizierten Stellen über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie verweigert, ausgesetzt oder zurückgenommen hat, und auf Aufforderung über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie erteilt hat.

8. **Bevollmächtigter**

Die in den Nummern 3.1, 3.5, 5 und 6 genannten Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

8. MODUL E1: QUALITÄTSSICHERUNG VON ENDABNAHME UND PRÜFUNG DER DRUCKGERÄTE

1. Bei der Qualitätssicherung von Endabnahme und Prüfung der Druckgeräte handelt es sich um das Konformitätsbewertungsverfahren, bei dem der Hersteller die in den Nummern 2, 4 und 7 festgelegten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass die betreffenden Druckgeräte den auf sie anwendbaren Anforderungen der Richtlinie genügen.

2. **Technische Unterlagen**

Der Hersteller erstellt die technischen Unterlagen. Anhand dieser Unterlagen muss es möglich sein, die Übereinstimmung des Druckgeräts mit den betreffenden Anforderungen zu bewerten; sie müssen eine geeignete Risikoanalyse und -bewertung enthalten. In den technischen Unterlagen sind die anwendbaren Anforderungen aufzuführen und der Entwurf, die Herstellung und der Betrieb des Druckgeräts zu erfassen, soweit sie für die Bewertung von Belang sind. Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

— eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

— Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

— eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind, und eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie in den Punkten erfüllt wurden, in denen diese harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

— die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw. und

— die Prüfberichte.

3. Der Hersteller hält die technischen Unterlagen nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die zuständigen nationalen Behörden bereit.

4. **Herstellung**

Der Hersteller betreibt ein zugelassenes Qualitätssicherungssystem für die Endabnahme des Fertigprodukts und die Prüfung der betreffenden Druckgeräte gemäß Nummer 5 und unterliegt der Überwachung gemäß Nummer 6.

5. **Qualitätssicherungssystem**

5.1. Der Hersteller beantragt bei einer notifizierten Stelle seiner Wahl die Bewertung seines Qualitätssicherungssystems für die betreffenden Druckgeräte.

Der Antrag enthält Folgendes:

— Name und Anschrift des Herstellers und, wenn der Antrag vom Bevollmächtigten eingereicht wird, auch dessen Name und Anschrift;

— eine schriftliche Erklärung, dass derselbe Antrag bei keiner anderen notifizierten Stelle eingereicht worden ist;

— alle einschlägigen Angaben über die vorgesehene Bauart der Druckgeräte;

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem und

— die technischen Unterlagen gemäß Nummer 2.

5.2. Das Qualitätssicherungssystem gewährleistet die Übereinstimmung der Druckgeräte mit den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie.

Im Rahmen des Qualitätssicherungssystems wird jedes Druckgerät geprüft. Es werden Prüfungen gemäß der (den) in Artikel 12 genannten Norm(en) oder gleichwertige Prüfungen und insbesondere eine Abnahme nach Anhang I Nummer 3.2 durchgeführt, um die Übereinstimmung mit den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie zu gewährleisten.

Alle vom Hersteller berücksichtigten Elemente, Anforderungen und Vorschriften sind systematisch und ordnungsgemäß in Form schriftlicher Grundsätze, Verfahren und Anweisungen zusammenzustellen. Diese Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem müssen eine einheitliche Auslegung der Qualitätssicherungsprogramme, -pläne, -handbücher und -berichte ermöglichen.

Sie müssen insbesondere eine angemessene Beschreibung folgender Punkte enthalten:

— Qualitätsziele sowie organisatorischer Aufbau, Zuständigkeiten und Befugnisse der Geschäftsleitung in Bezug auf die Druckgerätequalität;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— zugelassene Arbeitsverfahren zur Ausführung der dauerhaften Verbindungen gemäß Anhang I Nummer 3.1.2;

— nach der Herstellung durchgeführte Untersuchungen und Prüfungen;

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation oder Zulassung der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter, insbesondere des für die Ausführung der dauerhaften Verbindungen nach Anhang I Nummer 3.1.2 zuständigen Personals;

— Mittel, mit denen die wirksame Arbeitsweise des Qualitätssicherungssystems überwacht wird.

5.3. Die notifizierte Stelle bewertet das Qualitätssicherungssystem, um festzustellen, ob es die in Nummer 5.2 genannten Anforderungen erfüllt.

Bei jedem Bestandteil des Qualitätssicherungssystems, der die entsprechenden Spezifikationen der einschlägigen harmonisierten Norm erfüllt, geht sie von einer Konformität mit diesen Anforderungen aus.

Zusätzlich zur Erfahrung mit Qualitätsmanagementsystemen verfügt mindestens ein Mitglied des Auditteams über Erfahrung mit der Bewertung in dem einschlägigen Druckgerätebereich und der betreffenden Druckgerätetechnik sowie über Kenntnis der anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie. Das Audit umfasst auch einen Kontrollbesuch des Herstellerwerks.

Das Auditteam überprüft die in Nummer 2 genannten technischen Unterlagen, um sich zu vergewissern, dass der Hersteller in der Lage ist, die einschlägigen Anforderungen dieser Richtlinie zu erkennen und die erforderlichen Prüfungen durchzuführen, damit die Übereinstimmung des Druckgeräts mit diesen Anforderungen gewährleistet ist.

Die Entscheidung wird dem Hersteller mitgeteilt. Die Mitteilung muss das Fazit des Audits und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

5.4. Der Hersteller verpflichtet sich, die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten zu erfüllen und dafür zu sorgen, dass das System stets sachgemäß und effizient betrieben wird.

5.5. Der Hersteller hält die notifizierte Stelle, die das Qualitätssicherungssystem zugelassen hat, über alle geplanten Änderungen des Qualitätssicherungssystems auf dem Laufenden.

Die notifizierte Stelle beurteilt die geplanten Änderungen und entscheidet, ob das geänderte Qualitätssicherungssystem noch den in Nummer 5.2 genannten Anforderungen entspricht oder ob eine erneute Bewertung erforderlich ist.

Sie gibt dem Hersteller ihre Entscheidung bekannt. Die Mitteilung muss das Fazit der Prüfung und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

6. **Überwachung unter der Verantwortung der notifizierten Stelle**

6.1. Die Überwachung soll gewährleisten, dass der Hersteller die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten vorschriftsmäßig erfüllt.

6.2. Der Hersteller gewährt der notifizierten Stelle für die Bewertung Zugang zu den Herstellungs-, Abnahme-, Prüf- und Lagereinrichtungen und stellt ihr alle erforderlichen Unterlagen zur Verfügung, insbesondere:

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— die technischen Unterlagen gemäß Nummer 2;

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.3. Die notifizierte Stelle führt regelmäßig Audits durch, um sicherzustellen, dass der Hersteller das Qualitätssicherungssystem aufrechterhält und anwendet, und übergibt ihm einen entsprechenden Prüfbericht. Die Häufigkeit der regelmäßigen Audits ist so zu wählen, dass alle drei Jahre eine vollständige Neubewertung vorgenommen wird.

6.4. Darüber hinaus kann die notifizierte Stelle dem Hersteller unangemeldete Besuche abstatten. Die Notwendigkeit derartiger zusätzlicher Besuche und deren Häufigkeit wird anhand eines von der notifizierten Stelle verwendeten Kontrollbesuchsystems ermittelt. Bei diesem System sind insbesondere die folgenden Faktoren zu berücksichtigen:

— Kategorie des Druckgeräts;

— Ergebnisse früherer Kontrollbesuche;

— erforderliche Verfolgung von Korrekturmaßnahmen;

— gegebenenfalls an die Zulassung des Systems geknüpfte besondere Bedingungen;

— wesentliche Änderungen von Fertigungsorganisation, Fertigungskonzepten oder -techniken.

Bei diesen Besuchen kann die notifizierte Stelle bei Bedarf Produktprüfungen zur Kontrolle des ordnungsgemäßen Funktionierens des Qualitätssicherungssystems vornehmen. Die notifizierte Stelle übergibt dem Hersteller einen Bericht über den Besuch und im Falle von Prüfungen einen Prüfbericht.

7. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

7.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie entspricht, die CE-Kennzeichnung und unter der Verantwortung der in Nummer 5.1 genannten notifizierten Stelle deren Kennnummer an.

7.2. Der Hersteller stellt für jedes Modell eines Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Druckgerät sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

8. Der Hersteller hält nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang folgende Unterlagen für die nationalen Behörden bereit:

— die Unterlagen gemäß Nummer 5.1;

— die genehmigte Änderung gemäß Nummer 5.5;

— die Entscheidungen und Berichte der notifizierten Stelle gemäß den Nummern 5.3, 5.5, 6.3 und 6.4.

9. Jede notifizierte Stelle unterrichtet ihre notifizierenden Behörden über die Zulassungen für Qualitätssicherungssysteme, die sie ausgestellt oder zurückgezogen hat, und übermittelt ihren notifizierenden Behörden in regelmäßigen Abständen oder auf Verlangen eine Aufstellung aller Zulassungen für Qualitätssysteme, die sie verweigert, ausgesetzt oder auf andere Art eingeschränkt hat.

Jede notifizierte Stelle unterrichtet die anderen notifizierten Stellen über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie verweigert, ausgesetzt oder zurückgenommen hat, und auf Aufforderung über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie erteilt hat.

10. **Bevollmächtigter**

Die in den Nummern 3, 5.1, 5.5, 7 und 8 genannten Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

9. MODUL F: KONFORMITÄT MIT DER BAUART AUF DER GRUNDLAGE EINER PRÜFUNG DER DRUCKGERÄTE

1. Bei der Konformität mit der Bauart auf der Grundlage einer Prüfung der Produkte handelt es sich um den Teil eines Konformitätsbewertungsverfahrens, bei dem der Hersteller die in den Nummern 2 und 5 festgelegten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass die den Bestimmungen von Nummer 3 unterworfenen betroffenen Druckgeräte der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart entsprechen und die auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie erfüllen.

2. **Herstellung**

Der Hersteller trifft alle erforderlichen Maßnahmen, damit der Fertigungsprozess und seine Überwachung die Übereinstimmung der hergestellten Produkte mit der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen zugelassenen Bauart und mit den für sie geltenden Anforderungen dieser Richtlinie gewährleisten.

3. **Überprüfung**

Eine vom Hersteller gewählte notifizierte Stelle nimmt die entsprechenden Untersuchungen und Prüfungen vor, um die Übereinstimmung des Druckgeräts mit der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen zugelassenen Bauart und den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie zu überprüfen.

Die Untersuchungen und Prüfungen zur Kontrolle der Konformität der Druckgeräte mit den anwendbaren Anforderungen werden mittels Prüfung und Erprobung jedes einzelnen Produkts gemäß Nummer 4 durchgeführt.

4. **Überprüfung der Konformität durch Prüfung und Erprobung jedes einzelnen Druckgeräts**

4.1. Alle Druckgeräte werden einzeln untersucht und dabei geeigneten Prüfungen, wie sie in der (den) einschlägigen harmonisierten Norm(en) vorgesehen sind, oder gleichwertigen Prüfungen unterzogen, um ihre Übereinstimmung mit der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen zugelassenen Bauart und mit den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie zu überprüfen. In Ermangelung einer solchen harmonisierten Norm entscheidet die notifizierte Stelle darüber, welche Prüfungen durchgeführt werden.

Die notifizierte Stelle hat dabei insbesondere folgende Aufgaben:

— Sie überprüft, ob das Personal für die Ausführung der dauerhaften Verbindungen und die zerstörungsfreien Prüfungen gemäß Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 qualifiziert oder zugelassen ist.

— Sie überprüft die vom Werkstoffhersteller gemäß Anhang I Nummer 4.3 ausgestellte Bescheinigung.

— Sie führt die Endabnahme und die Prüfungen gemäß Anhang I Nummer 3.2 durch oder lässt sie durchführen und prüft die etwaigen Sicherheitseinrichtungen.

4.2. Die notifizierte Stelle stellt auf der Grundlage dieser Untersuchungen und Prüfungen eine Konformitätsbescheinigung aus und bringt an jedem genehmigten Druckgerät ihre Kennnummer an oder lässt diese unter ihrer Verantwortung anbringen.

Der Hersteller hält die Konformitätsbescheinigungen nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden zur Einsichtnahme bereit.

5. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

5.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das mit der in der EU-Baumusterprüfbescheinigung beschriebenen Bauart übereinstimmt und die anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt, die CE-Kennzeichnung und — unter der Verantwortung der in Nummer 3 genannten notifizierten Stelle — deren Kennnummer an.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2. Der Hersteller stellt für jedes Modell eines Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Druckgerät sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

Stimmt die in Nummer 3 genannte notifizierte Stelle zu, kann der Hersteller unter ihrer Verantwortung auch ihre Kennnummer an den Druckgeräten anbringen.

6. Stimmt die notifizierte Stelle zu, kann der Hersteller unter ihrer Verantwortung ihre Kennnummer während des Fertigungsprozesses auf den Druckgeräten anbringen.

7. **Bevollmächtigter**

Die Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind. Ein Bevollmächtigter darf nicht die in Nummer 2 festgelegten Pflichten des Herstellers erfüllen.

10. MODUL G KONFORMITÄT AUF DER GRUNDLAGE EINER EINZELPRÜFUNG

1. Bei der Konformität auf der Grundlage einer Einzelprüfung handelt es sich um das Konformitätsbewertungsverfahren, mit dem der Hersteller die in den Nummern 2, 3 und 5 genannten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass das den Bestimmungen gemäß Nummer 4 unterworfene Druckgerät den auf es anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie genügt.

2. **Technische Unterlagen**

Der Hersteller erstellt die technischen Unterlagen und stellt sie der in Nummer 4 genannten notifizierten Stelle zur Verfügung.

Anhand dieser Unterlagen muss es möglich sein, die Übereinstimmung des Druckgeräts mit den betreffenden Anforderungen zu bewerten; sie müssen eine geeignete Risikoanalyse und -bewertung enthalten. In den technischen Unterlagen sind die anwendbaren Anforderungen aufzuführen und der Entwurf, die Herstellung und der Betrieb des Druckgeräts zu erfassen, soweit sie für die Bewertung von Belang sind.

Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

— eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

— Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

— Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

— eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind, sowie eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllt worden sind, wenn die genannten harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

— die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw.;

— Prüfberichte;

— angemessene Einzelangaben zur Zulassung der Fertigungs- und Kontrollverfahren und zur Qualifikation oder Zulassung des betreffenden Personals gemäß Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Der Hersteller hält die technischen Unterlagen nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die zuständigen nationalen Behörden bereit.

3. **Herstellung**

Der Hersteller ergreift alle erforderlichen Maßnahmen, damit der Fertigungsprozess und seine Überwachung die Konformität der hergestellten Druckgeräte mit den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie gewährleisten.

4. **Überprüfung**

Eine vom Hersteller gewählte notifizierte Stelle führt die entsprechenden Untersuchungen und Prüfungen nach den einschlägigen harmonisierten Normen und/oder gleichwertige Prüfungen nach sonstigen einschlägigen technischen Spezifizierungen durch oder lässt sie durchführen, um die Konformität des Druckgeräts mit den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie zu prüfen. In Ermangelung einer solchen harmonisierten Norm entscheidet die notifizierte Stelle darüber, welche Prüfungen unter Anwendung sonstiger technischer Spezifikationen durchgeführt werden.

Die notifizierte Stelle hat dabei insbesondere folgende Aufgaben:

— Sie prüft die technischen Unterlagen hinsichtlich Entwurf und Fertigungsverfahren.

— Sie begutachtet die verwendeten Werkstoffe, wenn diese nicht den geltenden harmonisierten Normen oder einer europäischen Werkstoffzulassung für Druckgerätewerkstoffe entsprechen, und überprüft die vom Werkstoffhersteller gemäß Anhang I Nummer 4.3 ausgestellte Bescheinigung.

— Sie erteilt die Zulassung für die Arbeitsverfahren zur Ausführung der dauerhaften Verbindungen oder überprüft, ob diese bereits gemäß Anhang I Nummer 3.1.2 zugelassen worden sind.

— Sie überprüft die gemäß Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 erforderlichen Qualifikationen oder Zulassungen.

— Sie führt die Schlussprüfung gemäß Anhang I Nummer 3.2.1 durch, nimmt die Druckprüfung gemäß Anhang I Nummer 3.2.2 vor oder lässt sie vornehmen und prüft die etwaigen Sicherheitseinrichtungen.

Die notifizierte Stelle stellt auf der Grundlage dieser Untersuchungen und Prüfungen eine Konformitätsbescheinigung aus und bringt an den genehmigten Druckgeräten ihre Kennnummer an oder lässt diese unter ihrer Verantwortung anbringen. Der Hersteller hält die Konformitätsbescheinigungen nach dem Inverkehrbringen der Druckgeräte zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit.

5. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

5.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie entspricht, die CE-Kennzeichnung und unter der Verantwortung der in Nummer 4 genannten notifizierten Stelle deren Kennnummer an.

5.2. Der Hersteller stellt eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Druckgerät sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

6. **Bevollmächtigter**

Die in den Nummern 2 und 5 genannten Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

11. MODUL H: KONFORMITÄT AUF DER GRUNDLAGE EINER UMFASSENDEN QUALITÄTSSICHERUNG

1. Bei der Konformität auf der Grundlage einer umfassenden Qualitätssicherung handelt es sich um das Konformitätsbewertungsverfahren, mit dem der Hersteller die in den Nummern 2 und 5 genannten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass die betreffenden Druckgeräte den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie genügen.

2. **Herstellung**

Der Hersteller betreibt ein zugelassenes Qualitätssicherungssystem für Entwurf, Herstellung, Endabnahme und Prüfung der Druckgeräte gemäß Nummer 3 und unterliegt der Überwachung gemäß Nummer 4.

3. **Qualitätssicherungssystem**

3.1. Der Hersteller beantragt bei einer notifizierten Stelle seiner Wahl die Bewertung seines Qualitätssicherungssystems für die betreffenden Druckgeräte.

Der Antrag enthält Folgendes:

— Name und Anschrift des Herstellers und, wenn der Antrag vom Bevollmächtigten eingereicht wird, auch dessen Name und Anschrift;

— die technischen Unterlagen für ein Modell jeder Bauart von herzustellenden Druckgeräten; Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

— eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

— Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

— Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

— eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind, sowie eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllt worden sind, wenn die genannten harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

— die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw.;

— Prüfberichte;

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem und

— eine schriftliche Erklärung, dass derselbe Antrag bei keiner anderen notifizierten Stelle eingereicht worden ist.

3.2. Das Qualitätssicherungssystem gewährleistet die Übereinstimmung der Druckgeräte mit den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie.

Alle vom Hersteller berücksichtigten Elemente, Anforderungen und Vorschriften sind systematisch und ordnungsgemäß in Form schriftlicher Grundsätze, Verfahren und Anweisungen zusammenzustellen. Diese Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem stellen sicher, dass die Qualitätssicherungsprogramme, -pläne, -handbücher und -berichte einheitlich ausgelegt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Sie müssen insbesondere eine angemessene Beschreibung folgender Punkte enthalten:

— Qualitätsziele sowie organisatorischer Aufbau, Zuständigkeiten und Befugnisse der Geschäftsleitung in Bezug auf die Entwurfs- und Produktqualität;

— technische Konstruktionsspezifikationen, einschließlich der angewandten Normen, sowie — wenn die einschlägigen harmonisierten Normen nicht vollständig angewandt werden — die Mittel, mit denen gewährleistet werden soll, dass die auf die Druckgeräte anwendbaren wesentlichen Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt werden;

— Techniken zur Steuerung der Entwicklung und Prüfung des Entwicklungsergebnisses, Verfahren und systematische Maßnahmen, die bei der Entwicklung der zur betreffenden Produktkategorie gehörenden Druckgeräte angewandt werden, insbesondere in Bezug auf die Werkstoffe gemäß Anhang I Nummer 4;

— die entsprechenden Fertigungs-, Qualitätssteuerungs- und Qualitätssicherungstechniken, angewandten Verfahren und systematischen Maßnahmen, insbesondere die zugelassenen Arbeitsverfahren zur Ausführung der dauerhaften Verbindungen gemäß Anhang I Nummer 3.1.2;

— vor, während und nach der Herstellung durchgeführte Untersuchungen und Prüfungen unter Angabe ihrer Häufigkeit;

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation oder Zulassung der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter, insbesondere des für die Ausführung der dauerhaften Verbindungen und die zerstörungsfreien Prüfungen nach Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 zuständigen Personals, und

— Mittel, mit denen die Erreichung der geforderten Entwicklungs- und Druckgerätequalität sowie die wirksame Arbeitsweise des Qualitätssicherungssystems überwacht werden.

3.3. Die notifizierte Stelle bewertet das Qualitätssicherungssystem, um festzustellen, ob es die in Nummer 3.2 genannten Anforderungen erfüllt. Bei den Bestandteilen des Qualitätssicherungssystems, die die entsprechenden Spezifikationen der einschlägigen harmonisierten Norm erfüllen, geht sie von einer Konformität mit diesen Anforderungen aus.

Zusätzlich zur Erfahrung mit Qualitätsmanagementsystemen verfügt mindestens ein Mitglied des Auditteams über Erfahrung als Bewerter in dem einschlägigen Druckgerätebereich und der betreffenden Druckgerätetechnik sowie über Kenntnis der anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie. Das Audit umfasst auch einen Kontrollbesuch des Herstellerwerks.

Das Auditteam überprüft die in Nummer 3.1 zweiter Gedankenstrich genannten technischen Unterlagen, um sich zu vergewissern, dass der Hersteller in der Lage ist, die anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie zu erkennen und die erforderlichen Prüfungen durchzuführen, damit die Übereinstimmung der Druckgeräte mit diesen Anforderungen gewährleistet ist.

Die Entscheidung wird dem Hersteller oder seinem Bevollmächtigten mitgeteilt. Die Mitteilung muss das Fazit des Audits und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

3.4. Der Hersteller verpflichtet sich, die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten zu erfüllen und dafür zu sorgen, dass das System stets sachgemäß und effizient betrieben wird.

3.5. Der Hersteller hält die notifizierte Stelle, die das Qualitätssicherungssystem zugelassen hat, über alle geplanten Änderungen des Qualitätssicherungssystems auf dem Laufenden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die notifizierte Stelle beurteilt die geplanten Änderungen und entscheidet, ob das geänderte Qualitätssicherungssystem noch den in Nummer 3.2 genannten Anforderungen entspricht oder ob eine erneute Bewertung erforderlich ist.

Sie gibt dem Hersteller ihre Entscheidung bekannt. Die Mitteilung muss das Fazit der Prüfung und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

4. **Überwachung unter der Verantwortung der notifizierten Stelle**

4.1. Die Überwachung soll gewährleisten, dass der Hersteller die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten vorschriftsmäßig erfüllt.

4.2. Der Hersteller gewährt der notifizierten Stelle für die Bewertung Zugang zu den Entwicklungs-, Herstellungs-, Abnahme-, Prüf- und Lagereinrichtungen und stellt ihr alle erforderlichen Unterlagen zur Verfügung, insbesondere:

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— die vom Qualitätssicherungssystem für den Entwicklungsbereich vorgesehenen qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Ergebnisse von Analysen, Berechnungen oder Tests;

— die vom Qualitätssicherungssystem für den Fertigungsbereich vorgesehenen qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Inspektionsberichte, Prüfdaten, Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter.

4.3. Die notifizierte Stelle führt regelmäßig Audits durch, um sicherzustellen, dass der Hersteller das Qualitätssicherungssystem aufrechterhält und anwendet, und übergibt ihm einen entsprechenden Prüfbericht. Die Häufigkeit der regelmäßigen Audits ist so zu wählen, dass alle drei Jahre eine vollständige Neubewertung vorgenommen wird.

4.4. Darüber hinaus kann die notifizierte Stelle dem Hersteller unangemeldete Besuche abstatten.

Die Notwendigkeit derartiger zusätzlicher Besuche und deren Häufigkeit wird anhand eines von der notifizierten Stelle verwendeten Kontrollbesuchsystems ermittelt. Bei diesem System sind insbesondere die folgenden Faktoren zu berücksichtigen:

— Kategorie des Druckgeräts;

— Ergebnisse früherer Kontrollbesuche;

— erforderliche Verfolgung von Korrekturmaßnahmen;

— gegebenenfalls an die Zulassung des Systems geknüpfte besondere Bedingungen;

— wesentliche Änderungen von Fertigungsorganisation, Fertigungskonzepten oder -techniken.

Bei diesen Besuchen kann die notifizierte Stelle bei Bedarf Produktprüfungen zur Kontrolle des ordnungsgemäßen Funktionierens des Qualitätssicherungssystems vornehmen oder vornehmen lassen. Sie übergibt dem Hersteller einen Bericht über den Besuch und im Falle von Prüfungen einen Prüfbericht.

5. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

5.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie entspricht, die CE-Kennzeichnung und unter der Verantwortung der in Nummer 3.1 genannten notifizierten Stelle deren Kennnummer an.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2. Der Hersteller stellt für jedes Modell eines Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. Aus der EU-Konformitätserklärung muss hervorgehen, für welches Druckgerät sie ausgestellt wurde.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

6. Der Hersteller hält nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang folgende Unterlagen für die nationalen Behörden bereit:

— die technischen Unterlagen gemäß Nummer 3.1;

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem gemäß Nummer 3.1;

— die genehmigten Änderungen gemäß Nummer 3.4;

— die Entscheidungen und Berichte der notifizierten Stelle gemäß den Nummern 3.3, 3.4, 4.3 und 4.4.

7. Jede notifizierte Stelle unterrichtet ihre notifizierenden Behörden über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie ausgestellt oder zurückgenommen hat, und übermittelt ihren notifizierenden Behörden in regelmäßigen Abständen oder auf Verlangen eine Aufstellung aller Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie verweigert, ausgesetzt oder auf andere Art eingeschränkt hat.

Jede notifizierte Stelle unterrichtet die anderen notifizierten Stellen über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie verweigert, ausgesetzt oder zurückgenommen hat, und auf Aufforderung über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie erteilt hat.

8. **Bevollmächtigter**

Die in den Nummern 3.1, 3.5, 5 und 6 genannten Pflichten des Herstellers können von seinem Bevollmächtigten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllt werden, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

12. MODUL H1: KONFORMITÄT AUF DER GRUNDLAGE EINER UMFASSENDEN QUALITÄTSSICHERUNG MIT ENTWURFSPRÜFUNG

1. Bei der Konformität auf der Grundlage einer umfassenden Qualitätssicherung mit Entwurfsprüfung handelt es sich um das Konformitätsbewertungsverfahren, bei dem der Hersteller die in den Nummern 2 und 6 genannten Pflichten erfüllt sowie gewährleistet und auf eigene Verantwortung erklärt, dass die betreffenden Druckgeräte den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie genügen.

2. **Herstellung**

Der Hersteller betreibt ein zugelassenes Qualitätssicherungssystem für Entwicklung, Herstellung, Endabnahme und Prüfung der betreffenden Produkte nach Nummer 3; er unterliegt der Überwachung nach Nummer 5. Die Eignung des technischen Entwurfs der Druckgeräte muss gemäß Nummer 4 geprüft worden sein.

3. **Qualitätssicherungssystem**

3.1. Der Hersteller beantragt bei einer notifizierten Stelle seiner Wahl die Bewertung seines Qualitätssicherungssystems für die betreffenden Druckgeräte.

Der Antrag enthält Folgendes:

— Name und Anschrift des Herstellers und, wenn der Antrag vom Bevollmächtigten eingereicht wird, auch dessen Name und Anschrift;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— die technischen Unterlagen für ein Modell jeder Bauart von herzustellenden Druckgeräten; Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

— eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

— Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

— Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

— eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind, sowie eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllt worden sind, wenn die genannten harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

— die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw.;

— Prüfberichte;

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— eine schriftliche Erklärung, dass derselbe Antrag bei keiner anderen notifizierten Stelle eingereicht worden ist.

3.2. Das Qualitätssicherungssystem gewährleistet die Übereinstimmung der Druckgeräte mit den auf sie anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie.

Alle vom Hersteller berücksichtigten Elemente, Anforderungen und Vorschriften sind systematisch und ordnungsgemäß in Form schriftlicher Grundsätze, Verfahren und Anweisungen zusammenzustellen. Diese Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem müssen eine einheitliche Auslegung der Qualitätssicherungsprogramme, -pläne, -handbücher und -berichte ermöglichen.

Sie müssen insbesondere eine angemessene Beschreibung folgender Punkte enthalten:

— Qualitätsziele sowie organisatorischer Aufbau, Zuständigkeiten und Befugnisse der Geschäftsleitung in Bezug auf die Entwurfs- und Produktqualität;

— technische Konstruktionsspezifikationen, einschließlich der angewandten Normen, sowie — wenn die einschlägigen harmonisierten Normen nicht vollständig angewandt werden — die Mittel, mit denen gewährleistet werden soll, dass die für die Druckgeräte geltenden wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllt werden;

— Techniken zur Steuerung der Entwicklung und Prüfung des Entwicklungsergebnisses, Verfahren und systematische Maßnahmen, die bei der Entwicklung der zur betreffenden Produktkategorie gehörenden Druckgeräte angewandt werden, insbesondere in Bezug auf die Werkstoffe gemäß Anhang I Nummer 4;

— die entsprechenden Fertigungs-, Qualitätssteuerungs- und Qualitätssicherungstechniken, angewandten Verfahren und systematischen Maßnahmen, insbesondere die zugelassenen Arbeitsverfahren zur Ausführung der dauerhaften Verbindungen gemäß Anhang I Nummer 3.1.2;

— Untersuchungen und Prüfungen, die vor, während und nach der Herstellung durchgeführt werden (unter Angabe ihrer Häufigkeit);

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— die qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Prüfberichte, Prüf- und Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation oder Zulassung der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter, insbesondere des für die Ausführung der dauerhaften Verbindungen und die zerstörungsfreien Prüfungen nach Anhang I Nummern 3.1.2 und 3.1.3 zuständigen Personals;

— Mittel, mit denen die Erreichung der geforderten Entwicklungs- und Druckgerätequalität sowie die wirksame Arbeitsweise des Qualitätssicherungssystems überwacht werden.

3.3. Die notifizierte Stelle bewertet das Qualitätssicherungssystem, um festzustellen, ob es die in Nummer 3.2 genannten Anforderungen erfüllt.

Bei den Bestandteilen des Qualitätssicherungssystems, die die entsprechenden Spezifikationen der einschlägigen harmonisierten Norm erfüllen, geht sie von einer Konformität mit diesen Anforderungen aus. Zusätzlich zur Erfahrung mit Qualitätsmanagementsystemen verfügt mindestens ein Mitglied des Auditteams über Erfahrung als Bewerter in dem einschlägigen Druckgerätebereich und der betreffenden Druckgerätetechnik sowie über Kenntnis der anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie. Das Audit umfasst auch einen Kontrollbesuch des Herstellerwerks.

Das Auditteam überprüft die in Nummer 3.1 zweiter Gedankenstrich genannten technischen Unterlagen, um sich zu vergewissern, dass der Hersteller in der Lage ist, die anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie zu erkennen und die erforderlichen Prüfungen durchzuführen, damit die Übereinstimmung der Druckgeräte mit diesen Anforderungen gewährleistet ist.

Die Entscheidung wird dem Hersteller oder seinem Bevollmächtigten mitgeteilt.

Die Mitteilung muss das Fazit des Audits und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

3.4. Der Hersteller verpflichtet sich, die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten zu erfüllen und dafür zu sorgen, dass das System stets sachgemäß und effizient betrieben wird.

3.5. Der Hersteller hält die notifizierte Stelle, die das Qualitätssicherungssystem zugelassen hat, über alle geplanten Änderungen des Qualitätssicherungssystems auf dem Laufenden.

Die notifizierte Stelle beurteilt die geplanten Änderungen und entscheidet, ob das geänderte Qualitätssicherungssystem noch die in Nummer 3.2 genannten Anforderungen erfüllt oder ob eine erneute Bewertung erforderlich ist.

Sie gibt dem Hersteller ihre Entscheidung bekannt. Die Mitteilung muss das Fazit der Prüfung und die Begründung der Bewertungsentscheidung enthalten.

3.6. Jede notifizierte Stelle unterrichtet ihre notifizierenden Behörden über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie ausgestellt oder zurückgenommen hat, und übermittelt ihren notifizierenden Behörden in regelmäßigen Abständen oder auf Verlangen eine Aufstellung aller Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie verweigert, ausgesetzt oder auf andere Art eingeschränkt hat.

Jede notifizierte Stelle unterrichtet die anderen notifizierten Stellen über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie verweigert, ausgesetzt oder zurückgenommen hat, und auf Aufforderung über Zulassungen von Qualitätssicherungssystemen, die sie erteilt hat.

4. **Entwurfsprüfung**

4.1. Der Hersteller beantragt bei der in Nummer 3.1 genannten notifizierten Stelle die Prüfung des Entwurfs jedes Druckgeräts, das nicht bereits von einer Entwurfsprüfung erfasst wurde.

4.2. Der Antrag gibt Aufschluss über Konzeption, Herstellung und Funktionsweise des Druckgeräts und ermöglicht eine Bewertung der Übereinstimmung mit den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie. Er enthält Folgendes:

— Name und Anschrift des Herstellers;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— eine schriftliche Erklärung, dass derselbe Antrag bei keiner anderen notifizierten Stelle eingereicht worden ist;

— die technischen Unterlagen. Anhand dieser Unterlagen muss es möglich sein, die Übereinstimmung des Druckgeräts mit den betreffenden Anforderungen zu bewerten; sie müssen eine geeignete Risikoanalyse und -bewertung enthalten. In den technischen Unterlagen sind die anwendbaren Anforderungen aufzuführen und der Entwurf, die Herstellung und der Betrieb des Druckgeräts zu erfassen, soweit sie für die Bewertung von Belang sind. Die technischen Unterlagen enthalten gegebenenfalls zumindest folgende Elemente:

  — eine allgemeine Beschreibung des Druckgeräts;

  — Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne von Bauteilen, Unterbaugruppen, Schaltkreisen usw.;

  — Beschreibungen und Erläuterungen, die zum Verständnis dieser Zeichnungen und Pläne sowie der Funktionsweise des Druckgeräts erforderlich sind;

  — eine Aufstellung, welche harmonisierten Normen, deren Fundstellen im *Amtsblatt der Europäischen Union* veröffentlicht wurden, vollständig oder in Teilen angewandt worden sind sowie eine Beschreibung, mit welchen Lösungen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie erfüllt worden sind, wenn die genannten harmonisierten Normen nicht angewandt wurden; im Fall von teilweise angewandten harmonisierten Normen werden die Teile, die angewandt wurden, in den technischen Unterlagen angegeben;

  — die Ergebnisse der Konstruktionsberechnungen, Prüfungen usw. und

  — Prüfberichte;

— die zusätzlichen Nachweise für eine angemessene Lösung durch den technischen Entwurf. Diese zusätzlichen Nachweise enthalten einen Verweis auf sämtliche Dokumente, die zugrunde gelegt wurden, insbesondere wenn die einschlägigen harmonisierten Normen nicht vollständig angewandt wurden, und schließen gegebenenfalls die Ergebnisse von Prüfungen ein, die in einem geeigneten Labor des Herstellers oder in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung in einem anderen Prüflabor durchgeführt wurden.

4.3. Die notifizierte Stelle prüft den Antrag und stellt dem Hersteller eine EU-Entwurfsprüfbescheinigung aus, wenn der Entwurf die auf das Druckgerät anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie erfüllt. Diese Bescheinigung enthält den Namen und die Anschrift des Herstellers, die Ergebnisse der Prüfungen, etwaige Bedingungen für ihre Gültigkeit und die erforderlichen Daten für die Identifizierung des zugelassenen Entwurfs. Der Bescheinigung können einer oder mehrere Anhänge beigefügt werden.

Die Bescheinigung und ihre Anhänge enthalten alle zweckdienlichen Angaben, anhand deren sich die Übereinstimmung der hergestellten Produkte mit dem geprüften Entwurf beurteilen und gegebenenfalls eine Kontrolle nach ihrer Inbetriebnahme durchführen lässt.

Entspricht der Entwurf nicht den anwendbaren Anforderungen der Richtlinie, verweigert die notifizierte Stelle die Ausstellung einer Entwurfsprüfbescheinigung und unterrichtet den Antragsteller darüber, wobei sie ihre Weigerung ausführlich begründet.

4.4. Die notifizierte Stelle hält sich über alle Änderungen des allgemein anerkannten Stands der Technik auf dem Laufenden; deuten sie darauf hin, dass der zugelassene Entwurf nicht mehr den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie entspricht, entscheidet sie, ob diese Änderungen weitere Untersuchungen nötig machen. Ist dies der Fall, setzt die notifizierte Stelle den Hersteller davon in Kenntnis.

Der Hersteller hält die notifizierte Stelle, die die EU-Entwurfsprüfbescheinigung ausgestellt hat, über alle Änderungen an dem zugelassenen Entwurf, die die Übereinstimmung mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen dieser Richtlinie oder den Bedingungen für die Gültigkeit der Bescheinigung beeinträchtigen können, auf dem Laufenden. Solche Änderungen bedürfen einer zusätzlichen Genehmigung durch die notifizierte Stelle, die die EU-Entwurfsprüfbescheinigung ausgestellt hat, in Form einer Ergänzung der ursprünglichen EU-Entwurfsprüfbescheinigung.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.5. Jede notifizierte Stelle unterrichtet ihre notifizierenden Behörden über die EU-Entwurfsprüfbescheinigungen und/oder etwaige Ergänzungen, die sie ausgestellt oder zurückgenommen hat, und übermittelt ihren notifizierenden Behörden in regelmäßigen Abständen oder auf Verlangen eine Aufstellung aller Bescheinigungen und/oder Ergänzungen, die sie verweigert, ausgesetzt oder auf andere Art eingeschränkt hat.

Jede notifizierte Stelle unterrichtet die übrigen notifizierten Stellen über die EU-Entwurfsprüfbescheinigungen und/oder etwaige Ergänzungen, die sie verweigert, zurückgenommen, ausgesetzt oder auf andere Weise eingeschränkt hat, und teilt ihnen auf Aufforderung alle von ihr ausgestellten Bescheinigungen und/oder Ergänzungen mit.

Die Kommission, die Mitgliedstaaten und die anderen notifizierten Stellen können auf Verlangen eine Abschrift der EU-Entwurfsprüfbescheinigungen und/oder ihrer Ergänzungen erhalten. Wenn sie dies verlangen, erhalten die Kommission und die Mitgliedstaaten eine Abschrift der technischen Unterlagen und der Ergebnisse der durch die notifizierte Stelle vorgenommenen Prüfungen.

Die notifizierte Stelle bewahrt ein Exemplar der EU-Entwurfsprüfbescheinigung, ihrer Anhänge und Ergänzungen sowie des technischen Dossiers einschließlich der vom Hersteller eingereichten Unterlagen so lange auf, bis die Gültigkeitsdauer der Bescheinigung endet.

4.6. Der Hersteller hält ein Exemplar der EU-Entwurfsprüfbescheinigung, ihrer Anhänge und Ergänzungen zusammen mit den technischen Unterlagen nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit.

5. **Überwachung unter der Verantwortung der notifizierten Stelle**

5.1. Die Überwachung soll gewährleisten, dass der Hersteller die mit dem zugelassenen Qualitätssicherungssystem verbundenen Pflichten vorschriftsmäßig erfüllt.

5.2. Der Hersteller gewährt der notifizierten Stelle für die Bewertung Zugang zu den Entwicklungs-, Herstellungs-, Abnahme-, Prüf- und Lagereinrichtungen und stellt ihr alle erforderlichen Unterlagen zur Verfügung, insbesondere:

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem;

— die vom Qualitätssicherungssystem für den Entwicklungsbereich vorgesehenen qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Ergebnisse von Analysen, Berechnungen oder Tests;

— die vom Qualitätssicherungssystem für den Fertigungsbereich vorgesehenen qualitätsbezogenen Aufzeichnungen, beispielsweise Inspektionsberichte, Prüfdaten, Eichdaten oder Berichte über die Qualifikation der in diesem Bereich beschäftigten Mitarbeiter.

5.3. Die notifizierte Stelle führt regelmäßig Audits durch, um sicherzustellen, dass der Hersteller das Qualitätssicherungssystem aufrechterhält und anwendet, und übergibt ihm einen entsprechenden Prüfbericht. Die Häufigkeit der regelmäßigen Audits ist so zu wählen, dass alle drei Jahre eine vollständige Neubewertung vorgenommen wird.

5.4. Darüber hinaus kann die notifizierte Stelle dem Hersteller unangemeldete Besuche abstatten.

Die Notwendigkeit derartiger zusätzlicher Besuche und deren Häufigkeit wird anhand eines von der notifizierten Stelle verwendeten Kontrollbesuchsystems ermittelt. Bei diesem System sind insbesondere die folgenden Faktoren zu berücksichtigen:

— Kategorie des Druckgeräts;

— Ergebnisse früherer Kontrollbesuche;

— erforderliche Verfolgung von Korrekturmaßnahmen;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— gegebenenfalls an die Zulassung des Systems geknüpfte besondere Bedingungen;

— wesentliche Änderungen von Fertigungsorganisation, Fertigungskonzepten oder -techniken.

Während dieser Besuche kann die notifizierte Stelle erforderlichenfalls Produktprüfungen durchführen oder durchführen lassen, um sich vom ordnungsgemäßen Funktionieren des Qualitätssicherungssystems zu vergewissern. Sie übergibt dem Hersteller einen Bericht über den Besuch und im Falle von Prüfungen einen Prüfbericht.

5.5. Besondere Überwachung der Abnahme

Die Abnahme gemäß Anhang I Nummer 3.2 unterliegt einer verstärkten Überwachung in Form unangemeldeter Besuche durch die notifizierte Stelle. Bei diesen Besuchen führt die notifizierte Stelle Kontrollen an den Druckgeräten durch.

Sie übergibt dem Hersteller einen Bericht über den Besuch und im Falle von Prüfungen einen Prüfbericht.

6. **CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung**

6.1. Der Hersteller bringt an jedem einzelnen Druckgerät, das den anwendbaren Anforderungen dieser Richtlinie entspricht, die CE-Kennzeichnung und unter der Verantwortung der in Nummer 3.1 genannten notifizierten Stelle deren Kennnummer an.

6.2. Der Hersteller stellt für jedes Modell eines Druckgeräts eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus und hält sie nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang für die nationalen Behörden bereit. In der EU-Konformitätserklärung ist anzugeben, für welches Produktmodell eines Druckgeräts sie ausgestellt wurde; ferner ist die Nummer der Entwurfsprüfbescheinigung aufzuführen.

Ein Exemplar der EU-Konformitätserklärung wird den zuständigen Behörden auf Verlangen zur Verfügung gestellt.

7. Der Hersteller hält nach dem Inverkehrbringen des Druckgeräts zehn Jahre lang folgende Unterlagen für die nationalen Behörden bereit:

— die Unterlagen über das Qualitätssicherungssystem gemäß Nummer 3.1;

— die genehmigte Änderung gemäß Nummer 3.5;

— die Entscheidungen und Berichte der notifizierten Stelle gemäß den Nummern 3.5, 5.3 und 5.4.

8. **Bevollmächtigter**

Der Bevollmächtigte des Herstellers kann den in den Nummern 4.1 und 4.2 genannten Antrag einreichen und die in den Nummern 3.1, 3.5, 4.4, 4.6, 6 und 7 genannten Pflichten in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung erfüllen, falls sie im Auftrag festgelegt sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ANHANG IV

EU-KONFORMITÄTSERKLÄRUNG (Nr. XXXX) [1]

1. Druckgerät oder Baugruppe (Produkt-, Typen-, Chargen- oder Seriennummer):

2. Name und Anschrift des Herstellers und gegebenenfalls seines Bevollmächtigten:

3. Die alleinige Verantwortung für die Ausstellung dieser Konformitätserklärung trägt der Hersteller:

4. Gegenstand der Erklärung (Bezeichnung des Druckgeräts oder der Baugruppe zwecks Rückverfolgbarkeit; sie kann, falls zur Identifizierung des Druckgeräts oder der Baugruppe notwendig, ein Bild enthalten):

   — Beschreibung des Druckgerätes oder der Baugruppe;

   — angewandte Konformitätsbewertungsverfahren;

   — bei Baugruppen Beschreibung der Druckgeräte, aus denen die Baugruppe besteht, sowie die angewandten Konformitätsbewertungsverfahren.

5. Der oben beschriebene Gegenstand der Erklärung erfüllt die einschlägigen Harmonisierungsrechtsvorschriften der Europäischen Union:

6. Angabe der einschlägigen harmonisierten Normen, die zugrunde gelegt wurden, oder Angabe der sonstigen technischen Spezifikationen, für die die Konformität erklärt wird:

7. Gegebenenfalls Name, Anschrift und Nummer der notifizierten Stelle, die die Konformitätsbewertung vorgenommen hat, Nummer der ausgestellten Bescheinigung und Verweis auf die EU-Baumusterprüfbescheinigung (Baumuster), die EU-Baumusterprüfbescheinigung (Entwurfsmuster), die EU-Entwurfsprüfbescheinigung oder die Konformitätsbescheinigung.

8. Zusatzangaben:

   Unterzeichnet für und im Namen von:

   (Ort und Datum der Ausstellung)

   (Name, Funktion) (Unterschrift)

   (Gegebenenfalls: Angaben zum Unterzeichner, der bevollmächtigt ist, die Erklärung für den Hersteller oder seinen Bevollmächtigten rechtsverbindlich zu unterzeichnen)

[1] Der Hersteller kann der Konformitätserklärung freiwillig eine Nummer zuteilen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ANHANG V

TEIL A

Aufgehobene Richtlinie mit Änderungsrechtsakten

(gemäß Artikel 50)

Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (ABl. L 181 vom 9.7.1997, S. 1).	
Verordnung (EG) Nr. 1882/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates (ABl. L 284 vom 31.10.2003, S. 1).	Nur Anhang I Nummer 13
Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates (ABl. L 316 vom 14.11.2012, S. 12).	Nur Artikel 26 Absatz 1 Buchstabe f

TEIL B

Frist für die Umsetzung in innerstaatliches Recht und die Anwendung

(gemäß Artikel 49)

Richtlinie	Umsetzungsfrist	Datum der Anwendung
97/23/EG	29. Mai 1999	29. November 1999 ([1])

([1]) Nach Artikel 20 Absatz 3 der Richtlinie 97/23/EG gestatten die Mitgliedstaaten die Inbetriebnahme von Druckgeräten und Baugruppen, die den in ihrem Hoheitsgebiet zum Zeitpunkt des Beginns der Anwendung der Richtlinie geltenden Vorschriften entsprechen, über dieses Datum hinaus.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ANHANG VI

ENTSPRECHUNGSTABELLE

Richtlinie 97/23/EG	Diese Richtlinie
Artikel 1 Absatz 1	Artikel 1 Absatz 1
Artikel 1 Absatz 2	Artikel 2 Absätze 1 bis 14
Artikel 1 Absatz 3	Artikel 1 Absatz 2
—	Artikel 2 Absätze 15 bis 32
Artikel 2	Artikel 3
Artikel 3	Artikel 4
Artikel 4 Absatz 1	Artikel 5 Absatz 1
Artikel 4 Absatz 2	Artikel 5 Absatz 3
—	Artikel 6
—	Artikel 7
—	Artikel 8
—	Artikel 9
—	Artikel 10
—	Artikel 11
Artikel 5	—
Artikel 6	—
—	Artikel 12 Absatz 1
Artikel 7 Absatz 1	Artikel 45
Artikel 7 Absatz 2	Artikel 44 Absatz 1
Artikel 7 Absatz 3	—
Artikel 7 Absatz 4	Artikel 44 Absatz 5 Unterabsatz 2
Artikel 8	—
Artikel 9 Absatz 1	Artikel 13 Absatz 1 Einleitungssatz
Artikel 9 Absatz 2 Unterabsatz 1	—
—	Artikel 13 Absatz 1 Buchstabe a
Artikel 9 Absatz 2 Unterabsatz 2	Artikel 13 Absatz 1 Buchstabe b
Artikel 9 Absatz 3	Artikel 13 Absatz 2
Artikel 10	Artikel 14

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Richtlinie 97/23/EG	Diese Richtlinie
Artikel 11 Absatz 1	Artikel 15 Absatz 1
Artikel 11 Absatz 2	Artikel 15 Absatz 2
Artikel 11 Absatz 3	Artikel 15 Absatz 3
Artikel 11 Absatz 4	Artikel 12 Absatz 2
—	Artikel 15 Absatz 4
Artikel 11 Absatz 5	Artikel 15 Absatz 5
—	Artikel 15 Absatz 6
Artikel 12	—
Artikel 13	—
Artikel 14 Absatz 1	Artikel 16 Absatz 1
Artikel 14 Absatz 2	Artikel 5 Absatz 2
Artikel 14 Absätze 3 bis 8	Artikel 16 Absätze 2 bis 7
Artikel 14 Absätze 9 und 10	—
—	Artikel 17
—	Artikel 18
Artikel 15 Absatz 1	—
Artikel 15 Absatz 2	Artikel 19 Absatz 1
Artikel 15 Absatz 3	Artikel 19 Absatz 2
Artikel 15 Absätze 4 und 5	—
—	Artikel 19 Absätze 3 bis 6
—	Artikel 20
—	Artikel 21
—	Artikel 22
—	Artikel 23
—	Artikel 24
—	Artikel 25
—	Artikel 26
—	Artikel 27
—	Artikel 28
—	Artikel 29

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Richtlinie 97/23/EG	Diese Richtlinie
—	Artikel 30
—	Artikel 31
—	Artikel 32
—	Artikel 33
—	Artikel 34
—	Artikel 35
—	Artikel 36
—	Artikel 37
—	Artikel 38
Artikel 16	—
Artikel 17	—
Artikel 18	—
—	Artikel 39
—	Artikel 40
—	Artikel 41
—	Artikel 42
—	Artikel 43
—	Artikel 44 Absätze 2 bis 4
—	Artikel 44 Absatz 5 Unterabsatz 1
—	Artikel 46
—	Artikel 47
Artikel 19	—
Artikel 20 Absätze 1 bis 2	—
Artikel 20 Absatz 3	Artikel 48 Absatz 1
—	Artikel 48 Absätze 2 und 3
—	Artikel 49
—	Artikel 50
—	Artikel 51
Artikel 21	Artikel 52
Anhang I	Anhang I

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Richtlinie 97/23/EG	Diese Richtlinie
Anhang II	Anhang II
Anhang III Einleitungssatz	Anhang III Einleitungssatz
Anhang III Modul A	Anhang III Nummer 1 Modul A
Anhang III Modul A1	Anhang III Nummer 2 Modul A2
Anhang III Modul B	Anhang III Nummer 3.1 Modul B, EU-Baumusterprüfung (Baumuster)
Anhang III Modul B1	Anhang III Nummer 3.2 Modul B, EU-Baumusterprüfung (Entwurfsmuster)
Anhang III Modul C1	Anhang III Nummer 4 Modul C2
Anhang III Modul D	Anhang III Nummer 5 Modul D
Anhang III Modul D1	Anhang III Nummer 6 Modul D1
Anhang III Modul E	Anhang III Nummer 7 Modul E
Anhang III Modul E1	Anhang III Nummer 8 Modul E1
Anhang III Modul F	Anhang III Nummer 9 Modul F
Anhang III Modul G	Anhang III Nummer 10 Modul G
Anhang III Modul H	Anhang III Nummer 11 Modul H
Anhang III Modul H1	Anhang III Nummer 12 Modul H1
Anhang IV	—
Anhang V	—
Anhang VI	—
Anhang VII	Anhang IV
—	Anhang V
—	Anhang VI

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ERKLÄRUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS

Das Europäische Parlament ist der Auffassung, dass Ausschüsse nur dann als „Komitologieausschüsse“ im Sinne von Anhang I der Rahmenvereinbarung über die Beziehungen zwischen dem Europäischen Parlament und der Europäischen Kommission betrachtet werden können, wenn und soweit in den Sitzungen dieser Ausschüsse Durchführungsrechtsakte im Sinne der Verordnung (EU) Nr. 182/2011 erörtert werden. So fallen die Sitzungen von Ausschüssen in den Geltungsbereich der Ziffer 15 der Rahmenvereinbarung, wenn und soweit andere Themen erörtert werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2006**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	**Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – Berstsicherungen –**	**AD 2000-Merkblatt A 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Bauarten von Berstelementen und Vakuumstützen
4 Einspannvorrichtungen
5 Einsatz, Verwendung und Anordnung von Berstsicherungen
6 Werkstoffe
7 Bemessung der Berstsicherungen und Zuleitungen
8 Prüfungen beim Hersteller
9 Kennzeichnung
10 Querschnitte und Leitungen
11 Schrifttum

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000–Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Berstsicherungen als Ausrüstungsteil mit Sicherheitsfunktion gegen Drucküberschreitung.

2 Allgemeines

2.1 Berstsicherungen nach diesem AD 2000-Merkblatt müssen ein Überschreiten des maximal zulässigen Druckes um mehr als 10 % selbsttätig verhindern.

Berstsicherungen müssen unter Berücksichtigung der jeweiligen Betriebsweise des Druckraumes, insbesondere von Beschickungsgut, Druck und Temperatur, zuverlässig arbeiten und den im Störungsfall abzuführenden Massenstrom ableiten können.

Die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die richtige Funktionsweise kann durch eine Bauteilprüfung gemäß den „Richtlinien für die Bauteilprüfung von Berstsicherungen" (siehe Anlage 1 zu diesem AD 2000-Merkblatt[1)]) für den vorgesehenen Druckbereich festgestellt werden.

2.2 Berstsicherungen bestehen aus einem Berstelement, erforderlichenfalls mit einer Einspannvorrichtung[2)]. Zusätz-

[1)] In Vorbereitung

[2)] Berstsicherungen im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes sind nur die vom Hersteller als zusammengehörig vorgesehenen Teile.

Ersatz für Ausgabe Oktober 2004; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

lich können Vakuumstütze, Schneidvorrichtung und Fangvorrichtung Bestandteile einer Berstsicherung sein.

Die Berstelemente werden beim Ansprechen zerstört und geben schlagartig den Entlastungsquerschnitt frei. Im Gegensatz zu Sicherheitsventilen bleiben nach dem Ansprechen der Berstsicherungen die Entlastungsquerschnitte offen.

Berstscheiben können konstruktionsbedingt herausgeblasen oder von der Einspannvorrichtung festgehalten werden.

2.3 Der Einsatz von Berstsicherungen kommt in Betracht, wenn z. B.

(1) mit einem schnellen Druckanstieg gerechnet werden muss,

(2) die Betriebsbedingungen zu Ablagerungen und Verklebungen führen können, die die Funktion anderer Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung beeinträchtigen würden,

(3) erhöhte Anforderungen an die Dichtheit gestellt werden,

(4) große Entlastungsquerschnitte erforderlich sind.

Physikalische Größen und Formeln

a	zulässiges Druckverhältnis $\frac{p_a - 1}{p_e}$ (dynamische Drücke in bar)	
a_0	Druckverhältnis $\frac{p_{a0} - 1}{p_e}$ (Drücke in bar)	
$A_L = \frac{\pi}{4} D_L^2$	lichte Querschnittsfläche der Rohrleitung	mm²
A_n	lichte Querschnittfläche am Ausblaseleitungsende	mm²
c_p	spezifische Wärme (ggf. Mittelwert)	$\frac{kJ}{kg \cdot K}$
D_L	innerer Durchmesser der Rohrleitung (lichte Weite)	mm
$D_1, D_2 ...$	verschiedene Durchmesser D_L	mm
D_A	innerer Durchmesser der Ausblaseleitung	mm
d_0	engster Strömungsdurchmesser	mm
F_R	Reaktionskraft an der Ausblaseöffnung	N
f_A, f_n	Flächenverhältnisse von Ausblaseleitung bzw. Ausblaseleitungsende	
h	Exponent, Hochzahl	
k	Isentropenexponent des Mediums im Druckraum	
L	Gesamtrohrleitungslänge (von der Einlauf- bis zur Ausblaseöffnung)	mm
L_A	Länge der Ausblaseleitung	mm
M	Molare Masse	kg/kmol
$M_x = \frac{v}{v_{s0}}$	Machzahl (Quotient aus örtlicher Geschwindigkeit v im Rohr und Schallgeschwindigkeit v_{s0} in einer ab Behälter adiabat beschleunigten, mit v_{s0} schallschnellen Strömung)	
M_a	Machzahl hinter der Berstscheibe	
M_e	Machzahl direkt am Einlauf der Berstscheibe	
M_n	Machzahl am Rohrleitungsende ($M_n \leq 1$)	
p_a	absoluter dynamischer Fremdgegendruck hinter der Berstscheibe	bar
p_{a0}	absoluter Fremdgegendruck außerhalb L_A; $p_{a0} \lesseqgtr p_u$	bar
p_e	Berstüberdruck einer Berstscheibe	bar
$p_h = \varrho \cdot H \cdot 10^{-7}$	absoluter hydrostatischer Druck (bedingt durch Differenzhöhe H in mm)	bar
p_k	absoluter kritischer Druck (mit $\psi = \psi_{max}$)	bar
p_{ns}	absoluter Enddruck in der Ausblaseleitung bei Schallgeschwindigkeit, d. h. $M_n = 1$	bar
p_u	absoluter Umgebungsdruck	bar
p_0	absoluter Druck im abzusichernden System	bar
Δp	Druckdifferenz ($p_0 - p_{a0}$)	bar
q_m	abzuführender Massenstrom	kg/h
T	absolute Temperatur innerhalb des Druckbehälters im Ruhezustand	K
T_{ns}	absolute Temperatur am Leitungsende bei Schallgeschwindigkeit	K
v	Geschwindigkeit	m/s
v_n	Geschwindigkeit am Leitungsende der Ausblaseöffnung	m/s
v_{ns}	Schallgeschwindigkeit am Leitungsende	m/s
Y	normierte Reaktionskraft	
Z	Realgasfaktor des Mediums im Druckraum	
$\overline{Z_A}$	mittlerer Realgasfaktor des Mediums in der Ausblaseleitung (konservativ: $\overline{Z_A} = 1$)	
$\overline{Z_L}$	mittlerer Realgasfaktor des Mediums in der Leitung (konservativ: $\overline{Z_L} = 1$)	
Z_n	Realgasfaktor des Mediums am Leitungsende; aus p_n abzuschätzen	
α	Ausflussziffer	
η	Wirkungsgrad der Berstscheibe	
ζ_i	Widerstandsbeiwerte für Leitungs- und Einbauteile (siehe z. B. Tafel 2 im AD 2000-Merkblatt A 2)	
ζ_{BS}	Widerstandsbeiwert der Berstscheibe, bezogen auf A_L	
ζ_L	Gesamtwiderstandsbeiwert der Rohrleitung, adäquat ergänzt mit dem Quotienten der Realgasfaktoren	
ζ_z	zulässiger Widerstandsbeiwert	
λ	Rohrreibungsbeiwert (siehe z. B. Tafel 1 im AD 2000-Merkblatt A 2)	
ϱ_n	Dichte des Fluids in der Ausblaseöffnung am Leitungsende	kg/m³
ψ	Ausflussfunktion	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3 Bauarten von Berstelementen und Vakuumstützen

Bei Berstsicherungen wird der Druckkraft der Querschnitt des Scheibenwerkstoffes entgegengestellt.

3.1 Gewölbte Berstscheiben

3.1.1 Konkavgewölbte Berstscheiben

Konkavgewölbte Berstscheiben sind in Druckrichtung als Segment einer Kugelmembran geformt, welche bei Erreichen des Ansprechdrucks durch das Überschreiten der Bruchspannung [siehe hierzu AD 2000-Merkblatt B 1 Gleichung (3)] birst.

3.1.2 Konvexgewölbte Berstscheiben (Umkehrberstscheiben)

Umkehrberstscheiben haben eine Wölbung entgegen der Druckrichtung; auf der Druckseite des abzusichernden Systems liegt die konvexe Seite. Sie versagen bei Erreichen des Ansprechdrucks infolge Überschreitung der Beulfestigkeit des Kugelsegmentes [siehe hierzu AD 2000-Merkblatt B 3 Gleichung (16)]; hierbei knickt die Wölbung ein und kehrt sich um. Dabei schlägt sie z. B. auf Messerkanten, oder es reißen Vorkerbungen auf, sodass die Scheibe zerstört wird. Das Versagen der Umkehrberstscheiben wird nicht von der Zugfestigkeit, sondern vom Elastizitätsmodul *E* bestimmt. Da *E* weniger von Lastwechseln beeinflusst wird, sind Umkehrberstscheiben dauerhaltbarer.

3.2 Ebene Berstscheiben

3.2.1 Ebene Berstscheiben aus zähem, verformungsfähigem Werkstoff

Diese im Einbauzustand ebene Scheibenart verformt sich und reißt bei Erreichen des Ansprechdrucks infolge Überschreitens der Zugfestigkeit.

3.2.2 Ebene Berstscheiben aus sprödem, nicht verformungsfähigem Werkstoff

Diese im Einbauzustand ebene Scheibenart zerbricht bei Erreichen des Ansprechdrucks infolge Überschreitens der Biege- und Scherfestigkeit [siehe hierzu AD 2000-Merkblatt B 5 Gleichung (2)].

3.3 Berstscheiben mit Vakuumstütze

Die nach den Abschnitten 3.1 und 3.2 genannten Berstscheiben können auch mit Vakuumstütze ausgerüstet sein. Vakuumstützen, die beim Ansprechen der Berstscheibe nicht zerstört werden, lassen den Druck des abzusichernden Systems durch Öffnungen auf das Berstelement einwirken. Die Ausblaseleistung kann dabei allerdings erheblich gemindert sein. Bleibt beim Ansprechen der Berstsicherung die Vakuumstütze unbeschädigt, kann sie nach Ersatz des zerstörten Berstelementes durch ein Element gleicher Bauart weiterbenutzt werden. Vorab sind jedoch die Unversehrtheit der Stütze und die Formanpassung zwischen Stütze und Berstelement zu prüfen.

Vakuumstützen, die beim Ansprechen der Berstscheibe zerstört werden, geben den Strömungsquerschnitt weitgehend frei.

3.4 Sonstige Berstelemente

Zu den sonstigen Berstelementen zählen z. B. Brechkappen, Reißbolzen, Knickstäbe.

4 Einspannvorrichtungen

Einspannvorrichtungen können den Ansprechdruck des Berstelementes wesentlich beeinflussen. Deshalb sind Berstelemente in vom Hersteller vorgesehene bzw. bei der Bauteilprüfung festgelegte Einspannvorrichtungen einzubauen, um eine sichere Funktion zu gewährleisten. Hierbei ist die Einbaurichtung sorgfältig einzuhalten, denn verkehrt herum eingebaut, bersten konkavgewölbte Berstscheiben bei kleinerem Druck, Umkehrberstscheiben dagegen erst bei wesentlich größerem Druck.

Berstelemente, bei denen ein seitenverkehrter Einbau in die Einspannvorrichtung die bestimmungsgemäße Funktion gefährden kann, müssen durch konstruktive Maßnahmen so gestaltet sein, dass ein seitenverkehrter Einbau in die Einspannvorrichtung nicht möglich ist, z. B. durch unsymmetrische bzw. formschlüssige Gestaltung der Einspannflächen.

5 Einsatz, Verwendung und Anordnung von Berstsicherungen

5.1 Allgemeines

Der Hersteller hat schriftliche Anweisungen für Transport, Lagerung, Einbau und Betrieb mitzuliefern.

5.2 Einsatz

5.2.1 Ansprechdruck und Arbeitsdruck

Der Ansprechdruck liegt in einem Toleranzfeld, dessen maximaler und minimaler Grenzwert vom Hersteller angegeben wird. Der maximale Ansprechdruck ist so zu wählen, dass der maximal zulässige Druck des abzusichernden Druckraumes um nicht mehr als 10 % überschritten wird (vgl. hierzu Abschnitt 7). Im Hinblick auf die Einsatzdauer soll der minimale Ansprechdruck um einen ausreichenden Betrag oberhalb des höchsten betriebsmäßig auftretenden Druckes (maximaler Arbeitsdruck[3)]) des abzusichernden Druckraumes liegen.

5.2.2 Einsatzdauer

Die Einsatzdauer des Berstelementes ist abhängig von der Bauart der Berstsicherung, dem Zeitstandverhalten des Berstelementes und von den Betriebsbedingungen. Wechselnde Belastung, Temperatureinflüsse und Korrosion können zu einer wesentlichen Verkürzung der Einsatzdauer führen. Da die Einsatzdauer nur angenähert vorauszubestimmen ist, kann es zweckmäßig sein, die Berstsicherung in angemessenen Zeiträumen zu erneuern.

5.2.3 Temperatureinfluss

Berstelemente weisen eine werkstoffspezifische Abhängigkeit des Ansprechdruckes von der Temperatur auf. Die Auslegung für einen bestimmten Druck muss daher unter Berücksichtigung der Temperatur erfolgen, da durch steigende Temperatur Zugfestigkeit und Elastizitätsmodul des Werkstoffs herabgesetzt werden. So kann ein kalt bestimmter Berstdruck u. U. mit der Temperatur derart abfallen, dass der Betriebsdruck des abzusichernden Systems erreicht wird. Die Berstelemente dürfen dann entsprechend dem Festigkeitsabfall kalt einen höheren Ansprechdruck haben. Treten mehrere abzusichernde Betriebszustände auf, z. B.

- gleicher Druck bei verschiedenen Temperaturen oder
- unterschiedliche Temperaturen zwischen Berstelementen und abzusicherndem Druckbehälterraum oder

---

[3)] Definition siehe DIN 3320

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

– Einfluss der Umgebungstemperatur, der Raumtemperatur, der witterungsbedingten Temperatur auf die Temperatur des Berstelementes,

muss dies berücksichtigt werden.

5.2.4 Schneller Druckanstieg

Bei Einsatz von Berstsicherungen für die Absicherung eines möglicherweise schnellen Druckanstieges sind für die Bemessung der Berstsicherung die wichtigen Einflussgrößen, z. B. der zeitliche Druckanstieg und der abzuführende Massenstrom, – erforderlichenfalls durch entsprechende Messungen an Versuchsbehältern – zu ermitteln. Liegen hierüber keine gesicherten Angaben vor und sind keine anderen Maßnahmen möglich, ist eine angemessene Vergrößerung des Querschnittes vorzunehmen.

Anordnung, Ansprechverhalten, geometrische Abmessungen und Wahl des maximalen Ansprechdruckes haben Einfluss auf die Druckentlastung. Eine Aufteilung des erforderlichen Entlastungsquerschnittes auf mehrere Berstsicherungen ist möglich. Es ist anzustreben, dass die Berstelemente von einer auftretenden Druckwelle senkrecht beaufschlagt werden.

5.2.5 Beanspruchung durch Gegendruck oder Vakuum

Kann eine Berstsicherung auch durch Gegendruck oder Vakuum beansprucht werden, muss die Berstsicherung für diese Beanspruchung ausgelegt oder eine Bauart mit Vakuumstütze verwendet werden. Die Kanten der Öffnungen in der Vakuumstütze müssen derart bearbeitet sein, dass Beschädigungen und damit vorzeitiges Ansprechen der Berstscheibe ausgeschlossen sind. Eine Verminderung des freien Strömungsquerschnittes durch den verbleibenden Teil der Vakuumstütze nach dem Bersten ist bei der Bestimmung des erforderlichen Querschnittes zu berücksichtigen.

5.3 Anordnung von Berstsicherungen

5.3.1 Durch die bei der Zerstörung von Berstelementen ggf. entstehenden Bruchstücke darf keine Gefährdung auftreten. Austretende Medien müssen gefahrlos abgeleitet werden.

5.3.2 Berstelemente sollen leicht auswechselbar sein. Sie müssen gegen Beschädigung und sonstige Beeinflussung von außen (z. B. durch Ablagerungen, Niederschläge) geschützt sein.

5.4 Kombinationen von Sicherheitsventilen und Berstsicherungen

Kombinationen von Sicherheitsventilen und Berstsicherungen finden Anwendung zum Schutz des Sicherheitsventils vor negativen Einflüssen, z. B.

- bei Medien, die zum Verkleben, Verkrusten oder Verschmutzen neigen,
- bei Medien mit Feststoffanteilen,
- bei korrosiven Medien,
- wenn bei einem Medium besondere Dichtheit gefordert ist und/oder eine Entleerung des Systems verhindert werden soll.

5.4.1 Anwendungsbeispiele der Kombination

5.4.1.1 Berstsicherungen können vor oder hinter dem Sicherheitsventil angeordnet werden. Die Anordnung Berstsicherung – Sicherheitsventil – Berstsicherung ist ebenfalls möglich.

5.4.1.2 Parallelschaltung Sicherheitsventil – Berstsicherung

Die Wahl dieser Anordnung erfolgt z. B., wenn auch die Möglichkeit eines schnellen Druckanstieges nach Abschnitt 5.2.4 berücksichtigt werden muss. Das Sicherheitsventil dient als primär ansprechende Sicherheitseinrichtung. Der nominelle Ansprechdruck des Berstelementes liegt üblicherweise über dem des Sicherheitsventils.

5.4.2 Anforderungen an die Kombinationen

5.4.2.1 Für Berstsicherungen vor Sicherheitsventilen sind nach Möglichkeit nicht fragmentierende Berstelemente einzusetzen.

Bei fragmentierenden Berstelementen ist durch geeignete Maßnahmen (z. B. Fangeinrichtungen) sicherzustellen, dass Bruchstücke des Berstelementes das Sicherheitsventil nicht unwirksam machen können.

Der Abstand bzw. das Volumen zwischen Berstsicherung und Sicherheitsventil muss so gewählt werden, dass ein korrektes Öffnen des Berstelementes gewährleistet wird. Darüber hinaus sind die Empfehlungen des Herstellers zu beachten.

Zwischen Berstscheibe und Sicherheitsventil anfallendes Kondensat muss abgeleitet werden können.

5.4.2.2 Zuführungsleitungen und Berstsicherungen vor Sicherheitsventilen sind nach AD 2000-Merkblatt A 2 so zu gestalten, dass der Druckverlust in der Zuleitung bei größtem abgeführtem Massenstrom 3 % der Druckdifferenz zwischen dem maximal zulässigen Druck und dem Fremdgegendruck nicht überschreitet.

Der Einfluss auf den Druckverlust durch Teile des Berstelementes, die nach dem Ansprechen in der Einspannvorrichtung verbleiben, ist berücksichtigt, wenn der Querschnitt der Einspannvorrichtung der nachfolgenden Bedingung entspricht und das Berstelement direkt vor dem Sicherheitsventil montiert ist.

$$A_{geom} \cdot \alpha \quad > \quad 1,5 \cdot A_0 \cdot \alpha_w$$

Berstscheibe	Sicherheitsventil
A_{geom}	geometrischer Querschnitt des Berstelementes (Querschnittsverengungen z. B. durch Schneidvorrichtungen oder nicht zerstörbare Vakuumstützen sind berücksichtigt; Verengungen z. B. durch Teile des Berstelementes, die nach dem Ansprechen in der Berstsicherung verbleiben, sind nicht berücksichtigt)
α	Ausflussziffer nach Bild 2
A_0	engster Strömungsquerschnitt des Sicherheitsventils
α_w	Ausflussziffer des Sicherheitsventils

5.4.2.3 Auf Wunsch eines Antragstellers kann für eine bestimmte Kombination aus Berstsicherung und Sicherheitsventil eine Ausflussziffer durch Versuche bestimmt werden.

5.4.2.4 Ist einem Sicherheitsventil eine Berstsicherung vor- oder nachgeschaltet, ist eine besondere Einrichtung vorzusehen (z. B. freier Abzug, Alarmmanometer), die eine Undichtheit der Sicherheitseinrichtungen sowie ein Ansprechen des Berstelementes erkennen lässt, da ein eventuell entstehender Gegendruck im Zwischenraum der beiden Sicherheitseinrichtungen den Ansprechdruck der Berstsicherung bzw. des Sicherheitsventils verändern würde.

Der Berstdruck der Berstsicherung auf der Austrittsseite eines Sicherheitsventils muss wesentlich kleiner sein als der Ansprechdruck des Sicherheitsventils und muss so ge-

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

wählt werden, dass das Ansprechverhalten des Sicherheitsventils nicht durch Gegendruckaufbau zwischen Sicherheitsventil und Berstsicherung (durch Leckage oder mit Beginn des Abblasens) gestört wird. Hierbei darf der Strömungsverlust in der Ausblaseleitung den vom Hersteller angegebenen zulässigen Gegendruck des Sicherheitsventils nicht überschreiten.

5.4.3 Kombinationen von Sicherheitsventilen mit sonstigen Berstelementen nach Abschnitt 3.4 sind sinngemäß zu behandeln.

6 Werkstoffe

6.1 Für die Berstsicherung sind nur Werkstoffe zu verwenden, die für die Betriebsbedingungen an der Einbaustelle geeignet sind.

6.2 Die Festigkeitseigenschaften der für die Berstelemente verwendeten Werkstoffe sollen möglichst geringe Abhängigkeit von der Art der Beanspruchung (statisch, wechselnd), der Temperatur und der Dauer der Beanspruchung (Zeitstandverhalten) aufweisen.

6.3 Die für die Herstellung der Berstelemente verwendeten Ausgangswerkstoffe (Folie, Block) sollen homogene mechanische und technologische Eigenschaften, z. B. durch Wärmebehandlung, haben.

6.4 Der Gefahr einer Korrosion der Berstelemente durch den Einfluss des Behälterinhaltes oder der Atmosphäre ist durch korrosionsbeständige Werkstoffe, Beschichtungen oder Schutzfolien zu begegnen.

7 Bemessung der Berstsicherungen und Zuleitungen

7.1 Berstsicherungen müssen beim Ansprechen mindestens den erforderlichen engsten Querschnitt schlagartig freigeben. Sie müssen bei Berücksichtigung von Druckverlusten in den Zu- und Abblaseleitungen und einem möglichen Gegendruck so bemessen sein, dass ein Überschreiten des maximal zulässigen Druckes des abzusichernden Druckraumes um mehr als 10 % verhindert wird. Bei der Bemessung ist zu berücksichtigen, dass die Gestaltung der Zuleitung zur Berstsicherung und die sich daraus ergebende Strahleinschnürung einen wesentlichen Einfluss auf die Abblaseleistung hat.

7.2 Gase und Dämpfe

7.2.1 Die allgemeine Beziehung für die Bemessung des engsten Strömungsquerschnittes lautet:

$$A_0 = \frac{q_m}{\psi \cdot \alpha \cdot \sqrt{2\frac{p_0}{v}}} \tag{1}$$

Hierin bedeuten:

A_0	engster Strömungsquerschnitt	m^2
q_m	abzuführender Massenstrom	kg/s
p_0	absoluter Druck im Druckraum	Pa
v	spezifisches Volumen des Mediums im Druckraum	m^3/kg
α	Ausflussziffer	
ψ	Ausflussfunktion	

Für unterkritische Druckverhältnisse

$$\frac{p_a}{p_0} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} = \frac{p_k}{p_0}$$

ist

$$\psi = \sqrt{\frac{k}{k-1}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{k+1}{k}}} \tag{2}$$

In der Ableitung für ψ wird verwendet:

$$k = \frac{\overline{c_p}}{\overline{c_p} - \frac{R \cdot \overline{Z}}{1000M}} \tag{2.1}$$

Für überkritische Druckverhältnisse ist

$$\psi_{max} = \sqrt{\frac{k}{k+1}} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}} \approx 0{,}431 \cdot k^{0{,}346} \tag{3}$$

mit

p_0	absoluter Druck im Druckraum	bar
p_a	absoluter Gegendruck (hinter dem engsten Strömungsquerschnitt)	bar
k	Isentropenexponent des Mediums im Druckraum	–

7.2.2 Bei technischen Gasen und Dämpfen errechnet sich das spezifische Volumen aus der allgemeinen Beziehung

$$v = \frac{R_1 \cdot T \cdot Z}{p_0 \cdot 10^5} \tag{4}$$

Setzt man diesen Ausdruck in Gleichung (1) ein, so ergibt sich folgende Zahlenwertgleichung

$$A_0 = 0{,}001964 \cdot \frac{q_m}{\psi \cdot \alpha \cdot p_0} \sqrt{R_1 \cdot T \cdot Z} \tag{5}$$

Mit $R_1 = \frac{R_0}{M}$ ergibt sich daraus

$$A_0 = 0{,}1791 \cdot \frac{q_m}{\psi \cdot \alpha \cdot p_0} \sqrt{\frac{T \cdot Z}{M}} \tag{6}$$

oder

$$A_0 = 0{,}6211 \cdot \frac{q_m}{\psi \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{p_0}{v}}} \tag{6a}$$

Hierin bedeuten:

A_0	erforderlicher engster Strömungsquerschnitt der Berstsicherung	mm^2
q_m	abzuführender Massenstrom	kg/h
R_1	Gaskonstante	$\frac{J}{kg \cdot K}$
R_0	universelle Gaskonstante	$8314{,}3 \frac{J}{kmol \cdot K}$
M	molare Masse	$\frac{kg}{kmol}$
T	absolute Temperatur des Mediums im Druckraum	K
Z	Realgasfaktor des Mediums im Druckraum	–
p_0	absoluter Druck im Druckraum	bar

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

v	spezifisches Volumen des Mediums im Druckraum	m^3/kg
ψ	Ausflussfunktion	–
α	kombinierte Ausflussziffer von Stutzen und Berstsicherung nach den Abschnitten 7.2.4 oder 7.2.5	–

Die Ausflussfunktion ψ kann nach Abschnitt 7.2.1 errechnet oder in Abhängigkeit vom Druckverhältnis und vom Isentropenexponenten dem Bild 1 entnommen werden. Die Stoffwerte für einige wichtige Gase und Dämpfe im Normzustand sind in Tafel 1 aufgeführt. Sie können auch für vom Normzustand abweichende Zustände im Allgemeinen verwendet werden.

Die Isentropenexponenten k können jedoch bei höheren Drücken und bei von 273 K abweichenden Temperaturen von den in Tafel 1 angegebenen Werten abweichen. So hat k z. B. für Luft bei 100 bar und 293 K den Wert 1,60, so dass sich ψ_{max} von 0,484 auf 0,507 ändert.

Bei den in Tafel 1 genannten Gasen unterscheidet sich der Wert Z für den Realgasfaktor im Normzustand nur wenig von 1,0. Bei Abweichung vom Normzustand können sich die Werte von 1,0 unterscheiden (z. B. für Ethylen bei 30 bar und 20 °C ist Z = 0,8).

Tafel 1. Gaskonstante, molare Masse, Isentropenexponent

	Gaskonstante R_1 $\frac{J}{kg \cdot K}$	Isentropenexponent k für den Normzustand[1] (p_0 = 1,013 bar, T = 273 K)	Molare Masse M $\frac{kg}{kmol}$
Acetylen	318,82	1,23	26,040
Ammoniak	488,15	1,31	17,031
Argon	208,15	1,65	39,940
Ethylen	296,36	1,25	28,050
Chlor	117,24	1,34	70,910
Helium	2076,96	1,63	4,003
Kohlendioxid	188,91	1,30	44,010
Luft	287,09	1,40	28,964
Methan	518,24	1,31	16,031
Sauerstoff	259,82	1,40	32,000
Schwefeldioxid	129,77	1,28	64,063
Stickstoff	296,76	1,40	28,016
Wasserstoff	4124,11	1,41	2,016

[1] Weitere Stoffwerte sowie Stoffwerte für vom Normzustand abweichende Zustände siehe VDI-Wärmeatlas und Fußnoten 3 und 4

Für die Berechnung können die Werte für den Isentropenexponenten und den Realgasfaktor z. B. VDI 2040 Blatt 4[4], z. Z. Entwurf Januar 1990, und Data Book on Hydrocarbons entnommen werden.

Die Bemessung für Wasserdampf kann auch nach DIN 3320 Teil 1 Abschnitt 3 erfolgen.

7.2.3 Der freie Strömungsquerschnitt muss $\geq A_0$ sein. Eventuelle Querschnittsverminderungen, z. B. durch Vakuumstützen, Fangvorrichtungen oder durch Teile, die nach dem Ansprechen in der Berstsicherung verbleiben, sind zu berücksichtigen.

7.2.4 Für die Berechnung des erforderlichen engsten Strömungsquerschnittes bei überkritischen Druckverhältnissen ist für Berstsicherungen, deren freier Strömungsquerschnitt größer als 0,5 x Querschnitt der Zuleitung A_L ist, die durch die Strahleinschnürung bedingte Ausflussziffer gemäß Bild 2, Spalte 2 einzusetzen. Falls der freie Strömungsquerschnitt der Berstsicherung größer ist als der Querschnitt der Leitung, ist letzterer als Strömungsquerschnitt maßgebend.

Messungen der Ausflussziffer α von Berstscheiben können große Unterschiede zu den Werten in Bild 2 aufweisen. Ausgehend von den strömungstechnischen Grundlagen (siehe [1]–[3]) gewinnt man für die

Ausflussziffer $$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + 0{,}752 \cdot \zeta^{0{,}876}}}$$

mit $$\zeta \mathrel{\hat{=}} \zeta_L \left(\frac{A_0}{A_L}\right)^2 = \zeta_L \left(\frac{d_0}{d_L}\right)^4 \leq 30$$

(Hinsichtlich des Widerstandsbeiwertes ζ_L siehe Gleichung (8). Kontrolle mit Bild 3 bei M_n = 1; $\alpha \triangleq \eta$.)

Im Hinblick auf ihre Funktionssicherheit sind Berstscheiben im Allgemeinen unempfindlich bezüglich der Druckverluste der peripheren Rohrleitungen. Von Bedeutung ist die drastische Abminderung der Ausflussleistung infolge des Druckverlustes in der Leitung und entsprechend der Ausflussfunktion $\psi < \psi_{max}$ bei häufigem, durch die Ausblaseleitung bewirktem Gegendruck $p_a > p_k$.

Auf adäquate Halterung zur Aufnahme möglicher Reaktionskräfte ist zu achten.

7.2.5 Sofern für eine bestimmte Gestaltung oder Ausführung einer Zuleitung mit Berstsicherung eine Ausflussziffer α experimentell ermittelt wurde, ist der um 10 % verminderte Wert in die Rechnung einzusetzen.

7.3 Flüssigkeiten

7.3.1 Für nicht siedende Flüssigkeiten (Flüssigkeiten, die beim Einströmen in die Abblaseleitung keine Phasenumwandlung erfahren) gilt

$$A_0 = 0{,}6211 \cdot \frac{q_m}{\alpha \cdot \sqrt{\Delta p \cdot \rho}} \qquad (7)$$

Hierin bedeuten:

A_0	erforderlicher engster Strömungsquerschnitt der Berstsicherung	mm^2
q_m	abzuführender Massenstrom	kg/h
ϱ	Dichte	$\frac{kg}{m^3}$
Δp	$p_0 - p_a$ Druckdifferenz	bar
α	Ausflussziffer nach Bild 2, Spalte 3	–

[4] VDI 2040 Blatt 4, Entwurf Januar 1990: Berechnungsgrundlagen für die Durchflussmessung mit Drosselgeräten, Stoffwerte

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.3.2 Der freie Strömungsquerschnitt muss $\geq A_0$ sein. Eventuelle Querschnittsverminderungen, z. B. durch Vakuumstützen, Fangvorrichtungen oder durch Teile, die nach dem Ansprechen in der Berstsicherung verbleiben, sind zu berücksichtigen.

7.4 Siedende Flüssigkeiten

Für siedende Flüssigkeiten und sonstige Flüssigkeiten, die bei der Entspannung auf den Gegendruck Gas freisetzen, liegen zur Zeit allgemein anerkannte Bemessungsregeln[5)] nicht vor.

8 Prüfungen beim Hersteller

8.1 Bei Berstsicherungen als Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion für Druckbehälter erfolgt die Prüfung durch die zuständige unabhängige Stelle.

8.2 Die Prüfung der Berstelemente erfolgt nach Fertigungslosen. Sie umfasst die Kontrolle der Abmessung, die Feststellung der tatsächlichen Ansprechdrücke an ausgewählten Berstelementen durch Berstversuche in der zugehörigen Einspannvorrichtung und die Prüfung, ob die so ermittelten Ansprechdrücke in dem vom Hersteller angegebenen Toleranzbereich liegen. Richtwerte über die Anzahl der je Fertigungslos aus demselben Halbzeug durchzuführenden Berstversuche sind aus Tafel 2 zu entnehmen.

Erbringt der Hersteller über einen längeren Zeitraum den Nachweis, dass bei Berstelementen gleicher Bauart die von ihm angegebenen Toleranzen des Berstdruckes stets eingehalten werden, darf die Anzahl der nach Tafel 2 genannten Richtwerte der Berstprüfungen entsprechend Tafel 3 reduziert werden. Dabei ist auf ganze Prüfungszahlen abzurunden.

Tafel 2. Richtwerte für die Anzahl der Berstversuche

Anzahl der Berstelemente einer Herstellungsserie[1)]	Anzahl der Berstprüfungen
bis 8	2
9 bis 15	3
16 bis 30	4
31 bis 100	6
101 bis 250	8
251 bis 1000	10

1) Herstellungsserie beinhaltet nicht die Anzahl der Prüflinge

Tafel 3. Richtwerte für die Reduzierung des Prüfumfangs

Klasse	Herstell-stückzahl gleicher Bauart	Reduzierung der Prüfungen nach Tafel 2 auf
1	50 bis 249	75 %
2	250 bis 999	50 %
3	1000 bis 4999	30 %
4	5000 bis 9999	20 %
5	über 10000	10 %

5) Als Erkenntnisquelle kann VdTÜV-Merkblatt Sicherheitsventil 100/2 „Bemessungsvorschlag für Sicherheitsventile für Gas im flüssigen Zustand“, Ausgabe Januar 1973, herangezogen werden.

8.3 Die Prüfung der Berstelemente ist mit einem neutralen und geeigneten Prüfmedium durchzuführen. Das Drucksystem muss insbesondere bei Umkehrberstscheiben eine ausreichend große Kapazität haben.

8.4 Ist das Berstelement betriebsbedingt ausschließlich für höhere oder tiefere Temperaturen als Raumtemperatur vorgesehen, sind die Prüfungen bei dieser Temperatur durchzuführen. Es sind jedoch auch Prüfungen bei Raumtemperatur ausreichend, wenn die Berstdrücke in dem betreffenden Temperaturbereich gleich bleiben oder die Abweichungen bekannt und nachgewiesen sind. Betriebsaufzeichnungen des Herstellers können als Nachweis herangezogen werden.

8.5 Über die durchgeführten Prüfungen ist eine Bescheinigung unter Angabe der Prüftemperaturen, der ermittelten Ansprechdrücke, der nach Abschnitt 9 notwendigen Kennzeichnung und der bei der Prüfung verwendeten Einspannvorrichtung (z. B. Typenkennzeichen, DIN-Bezeichnung der verwendeten Flansche) auszustellen.

9 Kennzeichnung

9.1 Jedes Berstelement ist mit folgenden Kennzeichen dauerhaft und gut lesbar zu versehen:

- Hersteller,
- Typenkennzeichen,
- Nummer der Herstellungsserie,
- Freier Strömungsquerschnitt,
- Werkstoff-Nr. oder -bezeichnung,
- Maximaler Ansprechdruck bei Raumtemperatur und ggf. bei Betriebstemperatur,
- Minimaler Ansprechdruck bei Raumtemperatur und ggf. bei Betriebstemperatur,
- Zugehörige Einspannvorrichtung, z. B. Typenkennzeichen, DIN-Nr.,
- Abblaseseite.

Falls die räumliche Größe des Berstelementes nicht ausreicht, um die gesamte verlangte Kennzeichnung aufzubringen, muss eine geeignete, vollständig gekennzeichnete Verpackung verwendet werden, die bis zur Montage versiegelt bleibt und bis zur Abnahmeprüfung bzw. zum Verbrauch (Ausbau) des letzten Berstelementes aufzubewahren ist.

Bei Berstelementen ohne besondere Einspannvorrichtung muss die Kennzeichnung der richtigen Durchflussrichtung auch im eingebauten Zustand von außen erkennbar sein.

9.2 Bauteilgeprüfte Berstsicherungen müssen mit der CE-Kennzeichnung und mit dem Bauteilkennzeichen versehen sein.

9.3 Jede Einspannvorrichtung ist mit folgenden Kennzeichen zu versehen:

- Herstellerzeichen,
- Typenkennzeichen,
- Nenndruck,
- Nennweite,
- Werkstoff-Nr. oder -bezeichnung.

9.4 An Einspannvorrichtungen von Berstsicherungen muss die bestimmungsgemäße Durchflussrichtung im eingebauten Zustand jederzeit erkennbar sein, z. B. dauerhaft angebrachter Pfeil in der Durchflussrichtung. Bei Berstelementen, die entsprechend ihrer Konstruktion keine speziellen Einspannvorrichtungen benötigen, z. B. bei einteiligen Graphit-Berstelementen für unmittelbaren Einbau zwischen Rohrleitungsflanschen, ist die bestimmungsgemäße Durchflussrichtung auf dem Einspannbund des Berstelementes anzugeben.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

10 Querschnitte und Leitungen

10.1 Berstsicherungen dürfen durch Absperrungen nicht unwirksam gemacht werden können. Der Einbau von Wechselarmaturen oder Verblockungseinrichtungen ist zulässig, wenn sichergestellt ist, dass zu jeder Zeit, auch beim Umschalten, der erforderliche Abblasequerschnitt freigegeben ist und wenn die Wechselarmatur die sichere Funktion der Berstsicherung nicht beeinflusst.

10.2 Berstsicherungen sind möglichst nahe an dem abzusichernden System anzuordnen. Zum gefahrlosen Ableiten des Beschickungsgutes sind in der Regel Leitungen erforderlich. Alle Leitungen müssen für die auftretenden Drücke und Temperaturen geeignet und so bemessen und gestaltet sein, dass die erforderliche Abblasemenge abgeführt werden kann sowie eine ungestörte Funktion der Berstsicherung gewährleistet ist.

10.2.1 Hierzu muss die Leistungsminderung durch die Rohrleitung, die üblicherweise in derselben Nennweite wie die Berstscheibe ausgeführt wird, berücksichtigt werden. Rechnet man nach Gleichung (5), muss der zulässige Gesamtwiderstandsbeiwert ζ_Z der Ausblaseleitung bestimmt werden, welcher über das Gegendruckverhältnis $\frac{p_a}{p_0}$ die Ausflussfunktion ψ oft weit unter ψ_{max} absinken lässt. Mit den für die Absicherungsaufgabe notwendigen Werten für ψ und dem dazugehörigen $\frac{p_a}{p_0}$ berechnet man ζ_Z nach den Gleichungen (4) bis (6.4) im AD 2000-Merkblatt A 2; wenn die kleinstzulässige Ausflussfunktion ψ zur Bewältigung der Absicherungsaufgabe bekannt ist, kann die genaue Berechnung mit den Gleichungen (4.1) bis (6.4), eine gute Abschätzung mit den Gleichungen (4) bis (4.2) erfolgen. Für $p_a \geq p_k$ und $\psi = \psi_{max}$ siehe Bild 4.

Grundlage einer alternativen Berechnungsmethode sind die Gleichungen (10) bis (13) bzw. das auf diesen Gleichungen beruhende Bild 3.

Mit den genannten Gleichungen wird der Wirkungsgrad η eines Systems aus Berstscheibe und Leitungen bestimmt, welcher die überkritische Ausflussfunktion ψ_{max} bei Schallgeschwindigkeit im engsten Strömungsquerschnitt A_0 zur unterkritischen Ausflussfunktion $\psi = \psi_{max} \cdot \eta$ abmindert. In den Berechnungsgleichungen (1), (5), (6), (6a) müssen bei unvermeidbarem Verrohrungseinfluss das Produkt $\alpha \cdot \psi$ durch $\psi_{max} \cdot \eta$ sowie die Fläche A_0 durch die lichte Fläche A_L der Rohrleitung ersetzt werden.

Die durch die Berstscheibe hervorgerufene Strömungshemmung wird dann nicht mehr durch eine Ausflussziffer α berücksichtigt, sondern dadurch, dass zum Gesamtwiderstandsbeiwert ζ_L der Rohrleitungen

$$\zeta_L = \left[\lambda \cdot \frac{L}{D_L} + \sum_L \zeta_i + \zeta_{BS} \right] \cdot \frac{\overline{Z_L}}{Z} \qquad (8)$$

(siehe AD 2000-Merkblatt A 2 Tafeln 1 und 2) der Widerstandsbeiwert ζ_{BS} der Berstscheibe hinzuzufügen ist. Dieser ist auf die Fläche A_L bezogen. Für seinen Wert ist bis auf weiteres Firmenangaben zu vertrauen.

10.2.2 Bei Erweiterung der Verrohrung wird der Anteil der größeren Nennweite (D_2) am Gesamtwiderstandsbeiwert ζ_L mit dem Faktor $\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4$ gewichtet und als Abschätzung zur sicheren Seite in Gleichung (9) der kleineren Nennweite (D_1) hinzugefügt. Der Einfluss der großen Nennweite (D_2) ist meist gering.

$$\zeta_L = \left[\lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} + \sum_1 \zeta_i + \zeta_{BS} + \left(\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} + \sum_2 \zeta_i \right) \cdot \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4 \right] \cdot \frac{\overline{Z_L}}{Z} \qquad (9)$$

Gelegentlich herrscht am Ende eines engeren Ausblaseleitungsabschnittes Schallgeschwindigkeit, wodurch nachfolgende größere Nennweiten keinen Einfluss mehr auf den Wirkungsgrad η haben. Dieses Phänomen, möglicher Druckrückgewinn durch Erweiterungen, die Machzahlabhängigkeit von ζ_{BS} und andere Feinheiten der Strömungsmechanik, wie leicht veränderliche Rohrreibungszahl λ oder unterschiedlicher Realgasfaktor Z u.a.m., können von strömungsmechanischen Fachstellen bei der Berechnung berücksichtigt werden; η wird dadurch jedoch meist nur unbedeutend erhöht.

Als Berechnungsgleichungen gelten:

$$\zeta_L \leq \frac{k+1}{2k} \left(\frac{1}{M_e^2} - \frac{1}{M_n^2} - 2 \ln \frac{M_n}{M_e} \right) \qquad (10)^{6)}$$

$$\frac{p_{a0}}{p_0} = \frac{M_e}{M_n} \cdot \frac{1 - \frac{k-1}{k+1} M_n^2}{\left(1 - \frac{k-1}{k+1} M_e^2\right)^h} \qquad (11)^{7)}$$

mit

$$h = 1 - \frac{k}{k-1} = -\frac{1}{k-1} \qquad (11.1)^{8)}$$

$$\eta = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{-1}{k-1}} \cdot M_e \left(1 - \frac{k-1}{k+1} M_e^2\right)^{\frac{1}{k-1}} \qquad (12)$$

$$\lim_{M_e \to 1} \eta = 1 \qquad (12.1)$$

Anmerkung: Wenn $M_n = 1$, erfolgt die Iteration von η mit Hilfe der Gleichungen (10) und (12). Ist $M_n < 1$, werden die Gleichungen (10), (11) und (12) benutzt. Um gute Konvergenz zu erzielen, empfiehlt sich die Auflösung der Gleichungen (10) und (11) nach den mit einem Pfeil (→) gekennzeichneten Machzahlen M_e bzw. M_n.

Damit gelten dann als Bestimmungsgleichung für die lichte Querschnittsfläche der Rohrleitung A_L

$$A_L = \frac{0{,}1791 \cdot q_m}{\psi_{max} \eta p_0} \sqrt{\frac{T \cdot Z}{M}} \qquad (13)$$

und für den Enddruck p_n

$$p_n = p_{ns} = \frac{2 p_0}{\sqrt{k(k+1)}} \psi_{max} \eta \sqrt{\frac{Z_n}{Z}} \geq p_{a0} \qquad (14)$$

10.2.3 Es wird empfohlen, den Widerstandsbeiwert ζ_{BS} sowie das Produkt aus dem engsten Strömungsquerschnitt A_0 und der Ausflussziffer α der Berstscheibe durch qualifizierte Messungen entsprechend den Richtlinien für die Baumusterprüfung von Berstsicherungen nach VdTÜV-Merkblatt Berstsicherungen 100 zu bestimmen. Hierzu können firmeneigene Prüfstände genutzt werden. Für vom Sachkundigen betreute Druckbehälter kann die Bestimmung der Kennwerte der dort eingesetzten Berstscheibe z. B. durch einen Sachkundigen der Herstellerfirma erfolgen. Die Baumusterprüfung muss auch die Eignung der Berstsicherung für den Einsatz in Kombination mit einem Sicherheitsventil beinhalten.

Der im Zuge dieser Messungen mindestens dreimal pro Berstscheibentyp und Nennweite bestimmte größte Bei-

6) Nach [1] Gleichung (5.43).

7) Nach [1] Gleichung (5.46).

8) Nach [1] Gleichung (5.19).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

wert ζ_{BS} muss um 20 % erhöht in die oben aufgeführten Berechnungen eingehen. Außerdem muss der Widerstandsbeiwert ζ_{BS} für eine adäquate Bestimmung des Gesamtwiderstandsbeiwertes ζ_z vor einem Sicherheitsventil bekannt sein; die Parameter für ein zuverlässiges Funktionieren können dann aus Bild 2a im AD 2000-Merkblatt A 2 abgelesen werden. Beim Einsatz einer Berstsicherung vor einem Sicherheitsventil und bei Einbau der Berstsicherung nahe am Ventil ist es möglich, dass ζ_{BS} nicht voll wirksam wird, also die Strömungsstörung durch die Berstscheibe teilweise oder ganz in der Ausflussziffer α des Sicherheitsventils enthalten ist. Des Weiteren muss der Widerstandsbeiwert ζ_{BS} für die Gegendruckberechnung bei Installation einer Berstsicherung hinter einem Sicherheitsventil zu dessen Schutz gegen Verunreinigung von der Ausblaseleitung her bekannt sein.

10.2.4 Bei entsprechendem Druck p_0 im Druckbehälter kann der größtmögliche Massenstrom q_m mit den Ausflussziffern nach Bild 2 und der Ausflussfunktion ψ_{max} ohne Abminderung durch η nur dann genutzt werden, wenn, wie bei Sicherheitsventilen üblich, für die Abführungsleitung der Querschnitt A_L deutlich größer als der engste Strömungsquerschnitt A_0 ist, also zum Beispiel hinter der Berstsicherung auf eine größere Nennweite übergegangen wird (siehe auch Kapitel 7.2.4). Die zulässige Rohrleitungslänge *L* bei überkritischem Druckverhältnis, das heißt Schallgeschwindigkeit in A_0, kann Bild 4 entnommen oder mit den Gleichungen aus Abschnitt 6.3.1 im AD 2000-Merkblatt A 2 berechnet werden.

10.2.5 Für Flüssigkeiten gilt:

$$A_L = 0{,}6211 \cdot q_m \cdot \sqrt{\frac{\zeta_L}{\Delta p \cdot \rho}} \qquad (15)$$

10.2.6 Reaktionskräfte werden entsprechend den Festlegungen im AD 2000-Merkblatt A 2 Abschnitt 6.3.3 berechnet.

10.3 Die Leitungen sowie die Berstsicherungen müssen unter Berücksichtigung der örtlichen Betriebsverhältnisse so befestigt sein, dass die möglichen statischen und dynamischen Beanspruchungen (Reaktionskräfte) sicher aufgenommen werden können.

10.4 Ansammlungen von Flüssigkeiten, Feststoffabscheidungen in der Zu- und Abblaseleitung der Berstsicherung sind, soweit sie die sichere Funktion der Berstsicherung beeinträchtigen können, zu vermeiden.

11 Schrifttum:

[1] *Naue G, Liepe F, Mascheck H.-J, Reher E.-O, Schenk R.:* Technische Strömungsmechanik I. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie (Reihe Verfahrenstechnik), Leipzig; 4. Auflage (1988).

[2] Perry's Chemical Engineers' Handbook. Mc Graw Hill Verlag; 6. Auflage (1984); Seiten 5–25 bis 5–32, Flow in Pipes and Channels.

[3] *Levenspiel M.:* Design Chart for Adiabatic Flow of Gases, useful for findig the discharge rate in an given piping system. J. American Institute for Chemical Engineering. (1977); 23: 402 ff.

[4] *Buck H.:* Neue Versuchsergebnisse als Grundlage zur Bemessung von Berstsicherungen und Zuleitungen. Techn. Überwach. **25** 1984; Nr. 10., VDI-Verlag Düsseldorf.

[5] *Rogge M.:* Auslegung von Berstscheiben in Kombination mit Sicherheitsventilen. In: Thier B. (1996). Sicherheit in der Rohrleitungstechnik. Vulkan-Verlag Essen.

[6] *Weyl R.:* Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – AD-Merkblätter A1 und A2, Druckverlustbeziehungen. Techn. Überwach. **47** 2006; Nr. 5, 6, 7, VDI-Verlag Düsseldorf.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

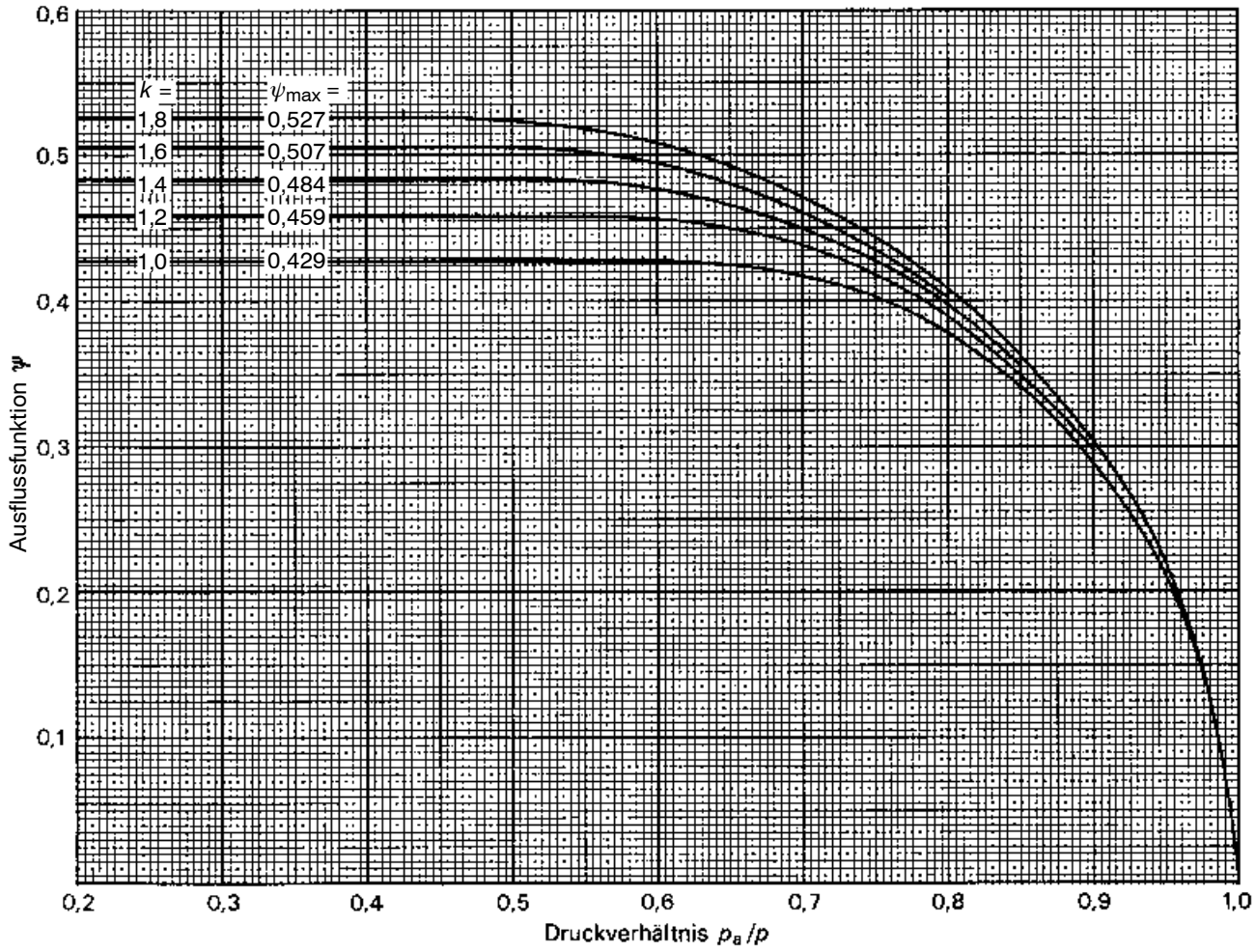


Bild 1. Ausflussfunktion

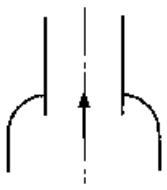
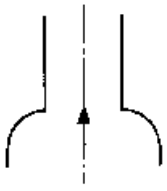
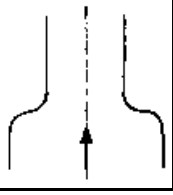
1			2	3
			Ausflussziffer α	
Nr.	Stutzenform		bei Dämpfen und Gasen	bei Flüssig-keiten
1		durchgesteckt	0,68	0,5
2		stumpf aufgesetz-tes oder bündig ein-gesetztes Rohr sowie Blockflansch ohne strömungs-günstige Gestaltung	0,73	0,62
3		Blockflansch mit strömungsgünstiger Gestaltung, z. B. mit abgerundeten oder abgeschrägten Einlaufkanten sowie bei einem aus-gehalsten Stutzen	0,80	0,80

Bild 2. Ausflussziffer α für Dämpfe, Gase und Flüssigkeiten
(Siehe [4]. – Dieser Aufsatz ist Hintergrund der α-Methode.)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

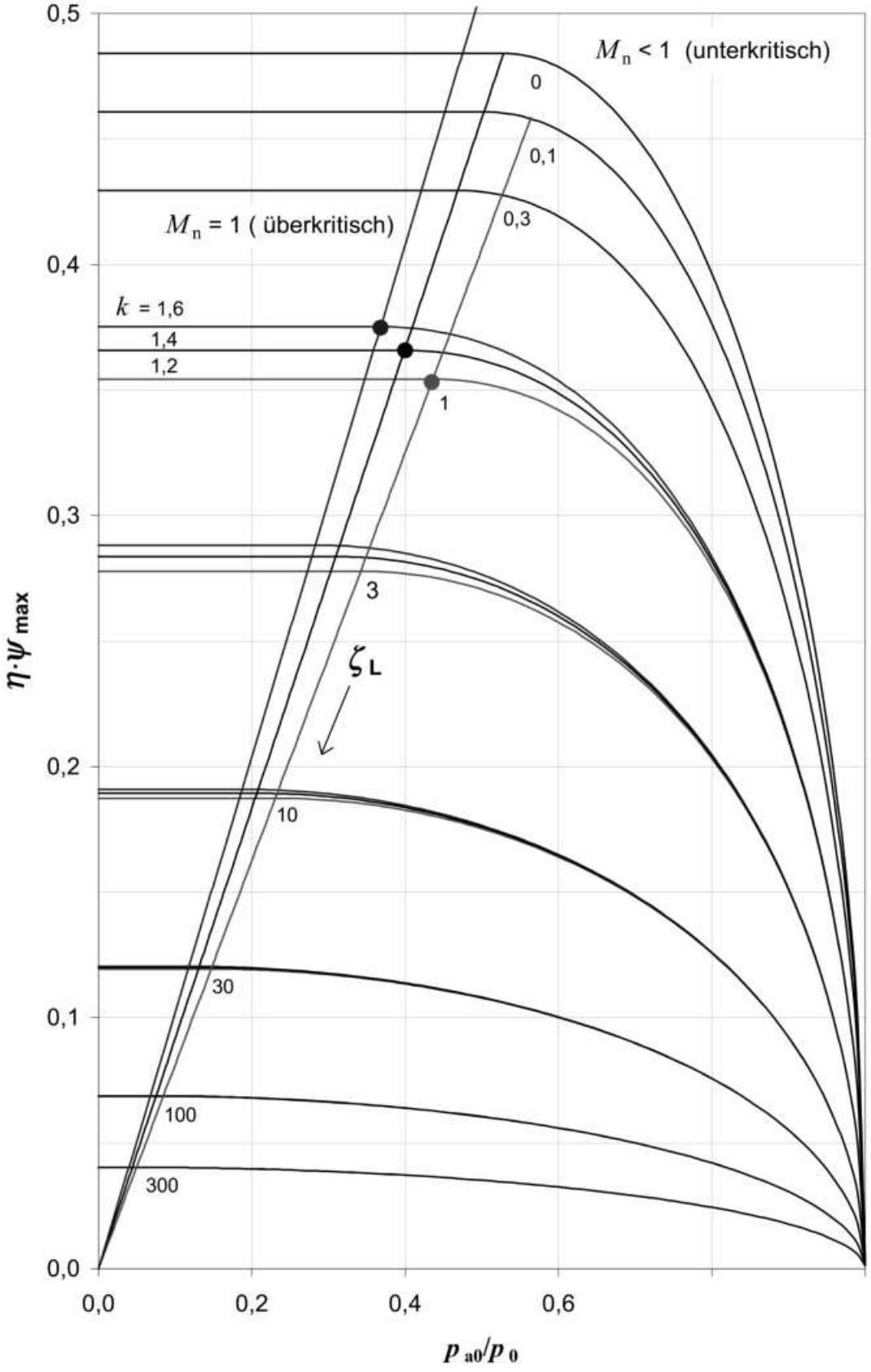


Bild 3. Produkt aus Wirkungsrad η einer Berstscheibe und Ausflussfunktion ψ_{max} in einer Rohrleitung mit dem Gesamtwiderstandsbeiwert ζ_L über dem Druckverhältnis p_{a0}/p_0 für verschiedene Isentropenkoeffizienten k (nach [2] und [3]; Gleichungen nach [1]).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

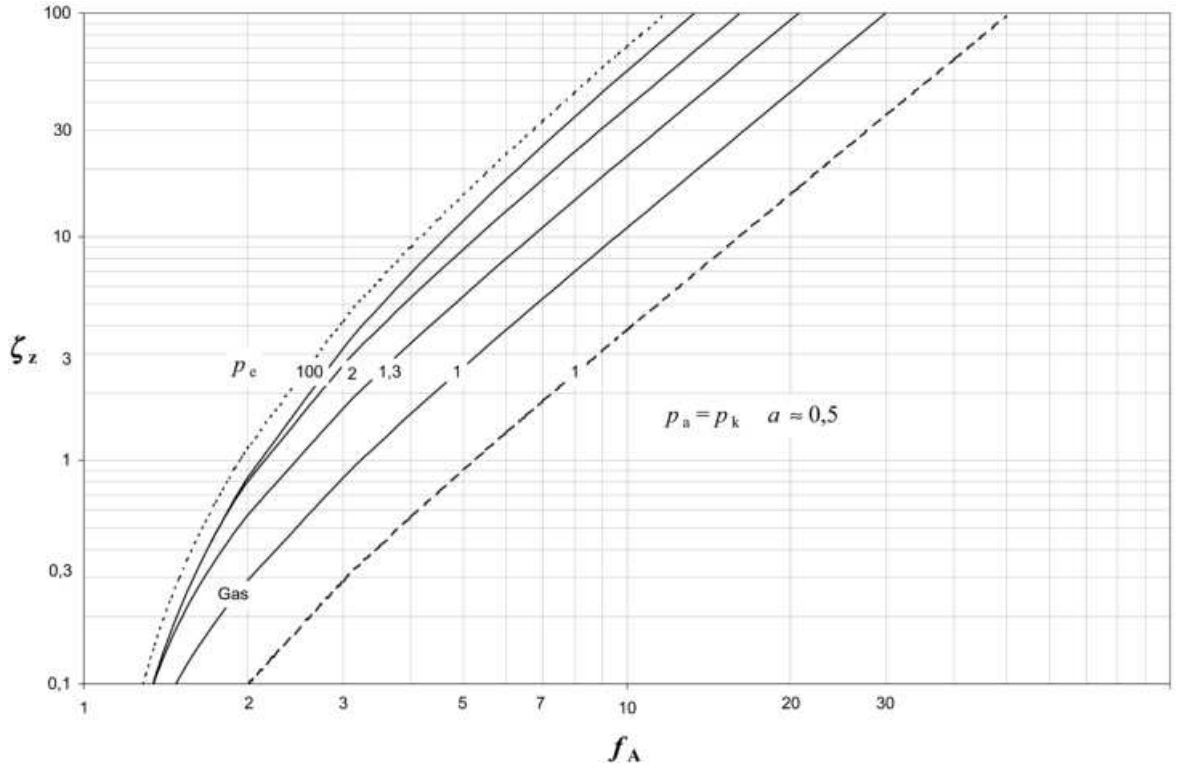


Bild 4. Zulässiger Gesamtwiderstandsbeiwert ζ_L der Ausblaseleitung für gerade noch kritischen Druck p_k nach (2.1) hinter einer Berstscheibe über dem Flächenverhältnis $f_A = \frac{1}{\alpha} \cdot \left(\frac{D_A}{d_0}\right)^2$ für verschiedene Berstüberdrücke p_e sowie für die Isentropenexponenten k (—— k =1,4; ····· k =1,2; – – – k =1,6); $p_{a0} = p_u$ = 1 bar abs.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2015**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	**Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – Sicherheitsventile –**	**AD 2000-Merkblatt A 2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Allgemeines	2
3	Einteilung der Sicherheitsventile	4
4	Allgemeine Anforderungen an Sicherheitsventile	4
5	Besondere Anforderungen an gesteuerte Sicherheitsventile und erforderliche Maßnahmen	5
6	Einbau, Leitungen, Querschnitte	6
7	Werkstoffe	11
8	Herstellung, Prüfung und Kennzeichnung der Armaturengehäuse	11
9	Kennzeichnung von bauteilgeprüften Sicherheitsventilen	11
10	Größenbemessung	11
11	Prüfungen	14
12	Besondere Bauarten oder Anwendungsfälle	15
13	Sicherheitsabsperrventile	15
14	Schrifttum	15

Ersatz für Ausgabe Juli 2012; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung für Druckbehälter, bei denen eine unzulässige Drucküberschreitung durch Öffnen von Sicherheitsventilen oder Schließen von Sicherheitsabsperrventilen[1)] verhindert wird.

2 Allgemeines[2)]

2.1 Sicherheitsventile müssen dem Stand der Technik entsprechen und für den Verwendungszweck geeignet sein. Das bedeutet: Sie müssen den geltenden Anforderungen an Werkstoffe und Bauart genügen, unter Berücksichtigung der jeweiligen Betriebsweise des Druckraumes — insbesondere von Medium, Druck und Temperatur — zuverlässig arbeiten und den im Störungsfall abzuführenden Massenstrom unter Einhaltung der Forderungen des AD 2000-Merkblattes A 403 ableiten können.

In der Regel wird die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die richtige Funktionsweise und den Massenstrom ohne Berücksichtigung der Einflüsse aufgrund chemischer Eigenschaften durch eine Bauteilprüfung[3)] für den vorgesehenen Verwendungsbereich (Druck, Temperatur, Medium) festgestellt. Bei der Abnahme von Baugruppen gemäß Druckgeräte-Richtlinie werden die richtige Bemessung, Einstellung, Anordnung und die Eignung für die vorgesehenen Betriebsverhältnisse und für das Betriebsmedium geprüft, bei Sicherheitsventilen ohne Bauteilprüfung auch die Zuverlässigkeit.

Sicherheitsventilen ist eine Betriebsanleitung nach Richtlinie 97/23/EG, Anhang I, Abschnitt 3.4, beizufügen.

2.2 Sicherheitsventile müssen nach AD 2000-Merkblatt A 403 so bemessen und eingestellt sein, dass eine Überschreitung des maximal zulässigen Druckes um mehr als 10 % verhindert wird.

2.3 Sicherheitsventile öffnen innerhalb einer Öffnungsdruckdifferenz von 10 % des Ansprechdruckes. Bei Ansprechdrücken < 1 bar kann die Öffnungsdruckdifferenz bis 0,1 bar betragen. Dies ist bei der Festlegung des Ansprechdruckes nach Abschnitt 2.2 zu berücksichtigen.

2.4 Sicherheitsventile schließen innerhalb einer Druckabsenkung von 10 % bei kompressiblen und 20 % bei inkompressiblen Medien unter dem Ansprechdruck. Bei Sicherheitsventilen bis 3 bar Ansprechdruck dürfen bei kompressiblen Medien 0,3 bar und bei inkompressiblen Medien 0,6 bar Druckabsenkung für das Schließen in Anspruch genommen werden.

2.5 Ansprechdruck und Zeit zwischen Erreichen des Ansprechdruckes und Erreichen des erforderlichen Hubes zum Abführen des Massenstromes müssen insbesondere bei gesteuerten Sicherheitsventilen der größten Druckänderungsgeschwindigkeit des abzusichernden Systems angepasst sein. Für gesteuerte Ventile ist die Zeitspanne anzugeben, die nach Erreichen des Ansprechdruckes benötigt wird, bis der erforderliche Hub zum Abführen des angegebenen Massenstromes erreicht wird. Angegeben wird ferner, für welchen Aggregatzustand des Mediums im Steuerungssystem die Angaben gelten.

2.6 Physikalische Größen und Formeln

a	zulässiges Druckverhältnis (dynamische Drücke in bar)	$\frac{p_a - 1}{p_e}$
a_0	Druckverhältnis (Drücke in bar)	$\frac{p_{a0} - 1}{p_e}$
A_n	lichte Querschnittsfläche am Ausblaseleitungsende	mm^2
c_p	spezifische Wärme (ggf. Mittelwert)	$\frac{kJ}{kg \cdot K}$
C_a, C_n	Hilfswerte für quadratische Ergänzungen	

1) Siehe auch Fußnote 10.

2) Begriffe siehe DIN EN 764-7 und DIN EN ISO 4126-1.

3) Verfahren und Umfang der Bauteilprüfung siehe VdTÜV-Merkblatt Sicherheitsventil 100; zu beziehen beim VdTÜV e. V. unter www.vdtuev.de.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

D_E, D_A	innerer Durchmesser der Zuleitung bzw. Ausblaseleitung	mm
d_0	engster Strömungsdurchmesser	mm
$e = \frac{p_0 - p_y}{p_e + 1 - p_{a0}}$	zulässiger Zulaufdruckverlust, bezogen auf die statischen Drücke (zurzeit gilt: $e = 0{,}03$)	
f_E, f_A, f_n	Flächenverhältnisse von Zuleitung, Ausblaseleitung bzw. Ausblaseleitungsende	
F_R	Reaktionskraft an der Ausblaseöffnung	N
h	Exponent, Hochzahl	
k	Isentropenexponent des Mediums im Druckraum	
L_E, L_A	Länge der Zuleitung bzw. Ausblaseleitung	mm
M	Molare Masse	kg/kmol
$M_x = \frac{v}{v_{s0}}$	Machzahl (Quotient aus örtlicher Geschwindigkeit *v* im Rohr und Schallgeschwindigkeit v_{s0} in einer ab Behälter adiabat beschleunigten, mit v_{s0} schallschnellen Strömung)	
M_a	Machzahl hinter dem Sicherheitsventil	
M_e	Machzahl direkt am Einlauf des Sicherheitsventils	
M_n	Machzahl am Rohrleitungsende ($M_n \leq 1$)	
M_y	Machzahl vor dem Sicherheitsventil	
p_a	absoluter dynamischer Fremdgegendruck hinter der Armatur	bar
p_{a0}	absoluter Fremdgegendruck außerhalb L_A; $p_{a0} \lessgtr p_u$	bar
p_e	Ansprechüberdruck eines Sicherheitsventils	bar
$p_h = \rho \cdot H \cdot 10^{-7}$	absoluter hydrostatischer Druck (bedingt durch Differenzhöhe H in mm)	bar
p_n	absoluter Enddruck in der Ausblaseleitung	bar
p_{ns}	absoluter Enddruck in der Ausblaseleitung bei Schallgeschwindigkeit, d. h. $M_n = 1$	bar
p_u	absoluter Umgebungsdruck	bar
p_y	absoluter statischer Druck vor dem Sicherheitsventil	bar
p_0	absoluter Druck im abzusichernden System	bar
p_k	absoluter kritischer Druck mit $\Psi = \Psi_{max}$	bar
q_m	abzuführender Massenstrom	kg/h
T	absolute Temperatur innerhalb des Druckbehälters im Ruhezustand	K
T_{ns}	absolute Temperatur am Leitungsende bei Schallgeschwindigkeit	K
v	Geschwindigkeit	m/s
v_n	Geschwindigkeit am Leitungsende der Ausblaseöffnung	m/s
v_{ns}	Schallgeschwindigkeit am Leitungsende	m/s
v_s	Schallgeschwindigkeit	m/s
Y	normierte Reaktionskraft	
Z	Realgasfaktor des Mediums im Druckraum	
$\overline{Z_A}$	mittlerer Realgasfaktor des Mediums in der Ausblaseleitung (konservativ: $\overline{Z_A} = 1$)	
Z_n	Realgasfaktor des Mediums am Leitungsende; aus p_n abzuschätzen	
α_w	zuerkannte Ausflussziffer	
ζ_i	Widerstandsbeiwerte für Leitungs- und Einbauteile (siehe z. B. Tafel 2 in diesem Merkblatt)	
ζ_z	zulässiger Widerstandsbeiwert	
λ	Rohrreibungsbeiwert (siehe z. B. Tafel 1 in diesem Merkblatt)	
ρ_n	Dichte des Fluids in der Ausblaseöffnung am Leitungsende	kg/m^3
ψ	Ausflussfunktion	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3 Einteilung der Sicherheitsventile

3.1 Einteilung der Sicherheitsventile nach ihrer Öffnungscharakteristik

3.1.1 Normal-Sicherheitsventile

Normal-Sicherheitsventile erreichen nach dem Ansprechen innerhalb eines Druckanstieges von maximal 10 % den für den abzuführenden Massenstrom erforderlichen Hub (Ausnahme siehe Abschnitt 2.3). An die Öffnungscharakteristik werden keine weiteren Anforderungen gestellt.

3.1.2 Vollhub-Sicherheitsventile

Vollhub-Sicherheitsventile erreichen nach dem Ansprechen innerhalb eines Druckanstiegs von 5 % Drucksteigerung nahezu schlagartig den für den abzuführenden Massenstrom erforderlichen Hub. Der Anteil des Hubs bis zum schlagartigen Öffnen (Proportionalbereich) darf nicht mehr als 20 % des Gesamthubs betragen.

3.1.3 Proportional-Sicherheitsventile

Proportional-Sicherheitsventile erreichen nach dem Ansprechen innerhalb eines Druckanstiegs von maximal 10 % den für den abzuführenden Massenstrom erforderlichen Hub (Ausnahme siehe Abschnitt 2.3). Sie öffnen in Abhängigkeit vom Druckanstieg nahezu stetig, hierbei tritt ein plötzliches Öffnen ohne Drucksteigerung über einen Bereich von mehr als 10 % des Hubes nicht auf.

3.2 Einteilung der Sicherheitsventile nach ihrer Bauart

3.2.1 Direkt wirkende Sicherheitsventile

Direkt wirkende Sicherheitsventile sind Sicherheitsventile, bei welchen der unter dem Ventilteller wirkenden Öffnungskraft eine direkte mechanische Belastung (ein Gewicht, ein Gewicht mit Hebel oder eine Feder) als Schließkraft entgegenwirkt.

3.2.2 Gesteuerte Sicherheitsventile

Gesteuerte Sicherheitsventile bestehen aus Hauptventil und Steuereinrichtung. Hierunter fallen auch direkt wirkende Sicherheitsventile mit Zusatzbelastung, bei denen bis zum Erreichen des Ansprechdrucks eine zusätzliche Kraft die Schließkraft verstärkt.

Die Schließkraft bzw. zusätzliche Kraft kann mechanisch (z. B. durch Feder), durch Fremdenergie (z. B. pneumatisch, hydraulisch oder elektromagnetisch) und/oder durch Eigenmedium aufgebracht werden. Sie wird bei Überschreiten des Ansprechdrucks selbsttätig aufgehoben oder so weit verringert, dass das Hauptventil durch den auf den Ventilteller wirkenden Mediumdruck oder durch eine andere in Öffnungsrichtung wirkende Kraft öffnet. Hierbei kann das Hauptventil nach dem Be- oder Entlastungsprinzip betätigt werden, und Steuereinrichtungen können nach dem Ruhe- oder Arbeitsprinzip wirken.

Das Belastungsprinzip ist dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptventil beim Aufbringen der Belastung öffnet.

Das Entlastungsprinzip ist dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptventil bei Aufheben der Belastung öffnet.

Das Ruheprinzip der Steuerung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung bei Ausfall der Steuerenergie die Be- oder Entlastung bewirkt. Steuereinrichtungen mit Eigenmedium werden dem Ruheprinzip zugeordnet.

Das Arbeitsprinzip der Steuerung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung bei Ausfall der Steuerenergie keine Be- oder Entlastung bewirkt.

4 Allgemeine Anforderungen an Sicherheitsventile

4.1 Sicherung gegen Verstellen

Sicherheitsventile müssen gegen unbefugte Änderung des Einstelldrucks bzw. des Ansprechdrucks und der Funktionsweise gesichert sein. Bei Sicherheitsventilen muss eine Sicherung gegen Änderung der Funktionsweise vorhanden sein, wie z. B. Plombe zwischen Ventilgehäuse und Federhaube oder formschlüssige Verbindung zwischen Ventilteller und Ventilspindel (nicht starr).

4.2 Führung der beweglichen Teile

Sicherheitsventile sind so zu gestalten, dass die beweglichen Teile auch bei unterschiedlicher Erwärmung in ihrer Bewegung nicht behindert werden. Sofern durch das Betriebsmedium oder durch äußere Einwirkung mit Ablagerungen (z. B. durch Staub) gerechnet werden muss, müssen die Führungen so gestaltet oder gegen Ablagerungen so weit geschützt sein, dass die Funktion des Sicherheitsventils nicht beeinträchtigt wird. Abdichtungen, die die Funktion durch auftretende Reibungskräfte behindern können, sind unzulässig.

4.3 Anlüftbarkeit

4.3.1 Sicherheitsventile müssen im Bereich ≥ 85 % des Ansprechdrucks ohne Hilfsmittel zum Öffnen gebracht werden können.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.3.2 Auf die Anforderung nach Abschnitt 4.3.1 kann verzichtet werden, wenn dies aus betrieblichen Gründen[4)] notwendig ist oder wenn die Funktionsfähigkeit des Sicherheitsventils auch anderweitig überprüft werden kann (z. B. über Wechselventile).

4.3.3 Sicherheitsventile, welche im drucklosen Zustand zum Öffnen gebracht werden können, müssen hierfür besonders ausgebildet sein (z. B. durch formschlüssige Verbindung zwischen Ventilteller und Ventilspindel).

4.4 Belastungsgewicht

Bei Sicherheitsventilen, die durch Gewicht über Hebel belastet sind, muss das Belastungsgewicht aus einem Stück bestehen. Bei Sicherheitsventilen mit mehr als einem Ventilteller muss die Belastung der einzelnen Teller unabhängig voneinander erfolgen.

4.5 Ausbildung der Schraubenfedern

Schraubenfedern federbelasteter Sicherheitsventile müssen so ausgeführt sein, dass alle Windungen der Feder bei dem erforderlichen Hub noch einen gegenseitigen Abstand von 0,5 × Drahtdurchmesser oder mindestens 2 mm aufweisen. Sind Federn und gleitende oder drehende metallische Teile durch Membrane, Faltenbalg, Haube oder Ähnliches gegen Verschmutzung oder korrosiven Angriff geschützt, können geringere Abstände zugelassen werden.

4.6 Anforderungen an das Ventilgehäuse

An die Gehäuse der Sicherheitsventile müssen erforderlichenfalls Abblaseleitungen angebracht werden können. Die Gehäuse müssen ferner mit einer besonderen Befestigungsmöglichkeit versehen sein, wenn die beim Ausblasen auftretenden Reaktionskräfte nicht von den Anschlussstutzen übertragen werden können. Im Ventilgehäuse darf sich kein Kondensat ansammeln können.

4.7 Funktionsprüfungen

Die Prüfung des Ansprechdrucks und die Kontrolle der Gängigkeit in Führungen beweglicher Teile (siehe auch Abschnitt 4.2) sind in regelmäßigen Zeitabständen durchzuführen. Die Intervalle für regelmäßige Prüfungen sind entsprechend den Betriebsbedingungen vom Betreiber festzulegen, wobei die Empfehlungen des Herstellers und der zuständigen unabhängigen Stelle als Grundlage dienen. Diese Prüfungen und Kontrollen sind spätestens anlässlich der äußeren oder inneren Prüfungen des zugehörigen Druckbehälters durchzuführen.

5 Besondere Anforderungen an gesteuerte Sicherheitsventile und erforderliche Maßnahmen

5.1 Jeder Steuerstrang ist so zu bemessen, dass bei Ausfall der anderen Steuerstränge das zugehörige Hauptventil noch zuverlässig arbeitet. Der Ausfall eines Steuerstrangs darf beim Belastungsprinzip die Funktionsfähigkeit der anderen nicht beeinträchtigen.

5.2 Das Hauptventil muss durch Handeingriff in die Steuerung geöffnet werden können. Diese Forderung muss auch bei Ausfall (z. B. bei der Prüfung) eines Steuerstrangs erfüllt werden. Auf die Öffnungsmöglichkeit des Hauptventils durch Handeingriff kann in den Fällen des Abschnittes 4.3.2 verzichtet werden.

5.3 Zur Steuerung müssen mindestens drei getrennte Steuerstränge, d. h. drei Impulsgeber und drei Steuerglieder mit je einer unabhängigen Druckentnahme-[5)], Impuls-[6)] und Steuerleitung[7)] in Betrieb sein. Zur Prüfung und Instandsetzung kann vorübergehend ein Steuerstrang außer Betrieb genommen werden. Mindestens zwei Steuerstränge müssen nach dem Ruheprinzip geschaltet sein. Mit einer derartigen Steuerung können mehrere Hauptventile gesteuert werden.

Bei Betätigung der Hauptventile nach dem Entlastungsprinzip genügen zwei Steuerleitungen. Eine Steuerleitung ist beim Entlastungsprinzip ausreichend, wenn ein Verstopfen der Leitung sicher ausgeschlossen werden kann. Hierbei wird vorausgesetzt: Fremdmediumsteuerung, Einbau von Feinfiltern und lichter Durchmesser der Steuerleitung mindestens 15 mm ohne jede Verengung.

Das einwandfreie Zusammenwirken der Steuerung mit dem Hauptventil muss an der Anlage geprüft werden können. Zur Steuerung dürfen nur Medien verwendet werden, bei denen Verschmutzung oder Korrosion des Steuersystems nicht zu erwarten ist. Kondensatansammlung im Steuersystem muss verhindert werden, wenn die Funktionssicherheit hierdurch beeinträchtigt wird.

5.4 Zwei Steuerstränge je Hauptventil genügen, wenn

— das Hauptventil beim Versagen beider Steuerstränge spätestens bei Erreichen des 1,2-Fachen des maximal zulässigen Drucks voll geöffnet ist oder

4) Zum Beispiel bei Anlagen mit brennbaren oder giftigen Gasen und bei Kälteanlagen.

5) Leitung zum Impulsgeber.

6) Leitung zwischen Impulsgeber und Steuerglied.

7) Leitung zwischen Steuerglied und Hauptventil.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— eine Aufteilung des abzuführenden Massenstroms auf mehrere Hauptventile und getrennte Ansteuerung jedes Hauptventils erfolgt, sofern bei Ausfall eines der Hauptventile die übrigen mindestens noch ⅔ des geforderten Massenstroms abführen können.

5.5 Bei Betätigung des Hauptventils nach dem Belastungsprinzip müssen zwei voneinander unabhängige Energiequellen und Energiezuleitungen für die Belastung zur Verfügung stehen. Bei Ausfall einer Energiequelle oder einer Energiezuleitung darf die Funktionsfähigkeit des Hauptventils nicht beeinträchtigt werden. Das Ausfallen auch nur einer der beiden Energiequellen muss so angezeigt werden, dass es sofort sicher bemerkt wird. Hierauf kann verzichtet werden, wenn das Hauptventil bei Ausfall einer Energiequelle selbsttätig öffnet. Bei Verwendung von Eigenmedium ist eine zweite Energiequelle nicht erforderlich.

5.6 Bei Haupt- und Steuerventilen, bei denen der Systemdruck bzw. Steuermediumdruck auf den Ventilteller in Schließrichtung wirkt, ist die Öffnungskraft so zu bemessen, dass das Hauptventil auch bei dem 2-Fachen des maximal zulässigen Druckes bzw. dem 2fachen höchsten Arbeitsdruck des Steuermediums noch voll öffnet.

5.7 Jeder Steuerstrang vom Impulsgeber bis einschließlich der zugehörigen Steuerglieder muss im Betrieb überprüfbar sein, ohne dass das Hauptventil zum Ansprechen kommen muss. Durch geeignete Einrichtungen ist sicherzustellen, dass zur Prüfung der Impulsglieder und der Steuerglieder jeweils nur ein Steuerstrang unwirksam gemacht werden kann. Druckmessstellen müssen in dem für die Beurteilung der Funktionssicherheit notwendigen Umfang vorhanden sein. Druckmessleitungen in Steuersystemen sollen möglichst kurz sein.

5.8 Steuerventile für Eigenmedium mit zugehörigen Leitungen und Armaturen

5.8.1 Steuerventile für Eigenmedium müssen einen engsten Strömungsdurchmesser d_0 von mindestens 10 mm besitzen. Der sich bei jedem Öffnungsvorgang einstellende Hub muss die 3fache Größe des kleinsten Hubes betragen, bei dem das Hauptventil zu öffnen beginnt (mindestens jedoch 2 mm). Dieser Hub ist im Rahmen der Bauteil- oder Einzelprüfung festzulegen.

5.8.2 Steuerleitungen sollen kurz und strömungsgünstig verlegt sein. Kondensatansammlungen in den Steuersträngen sowie ein Einfrieren der Steuerstränge müssen verhindert werden. Zur Kondensatableitung soll ein Leitungsgefälle von mindestens 15 % eingehalten werden. Bei Abweichungen muss sichergestellt sein, dass die Funktion der gesteuerten Sicherheitsventile trotzdem gewährleistet ist.

5.8.3 Steuerleitungen für Medien, bei denen Verschmutzung oder Korrosion nicht auszuschließen ist, sind mindestens mit 15 mm lichtem Durchmesser auszuführen und dürfen keine Verengungen aufweisen.

5.9 An gesteuerten Sicherheitsventilen sind regelmäßige Funktionsprüfungen erforderlich.

Abweichend von Abschnitt 4.7 ist eine jährliche Prüfung erforderlich. Die Funktionsprüfung ist dabei so vorzunehmen, dass neben der Funktion des Hauptventils auch die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Stränge beurteilt werden kann.

Es muss geprüft werden, ob die Öffnungskriterien, z. B. Größe und zeitlicher Verlauf der Be- und Entlastungskräfte, eine einwandfreie Funktion bis zum vollen Öffnen des Hauptventils gewährleisten.

6 Einbau, Leitungen, Querschnitte

6.1 Einbau und Leitungen

6.1.1 Sicherheitsventile dürfen durch Absperreinrichtungen nicht unwirksam gemacht werden können. Der Einbau von Wechselarmaturen oder Verblockungseinrichtungen ist zulässig, wenn durch Konstruktion der Einrichtung sichergestellt ist, dass auch beim Umschalten der erforderliche Abblasequerschnitt freigegeben ist. Bei Anlagen, die mit mehreren unabhängigen Sicherheitsventilen ausgerüstet sind, dürfen während der Prüfung eines Sicherheitsventils die übrigen bei entsprechend abgeminderter Anlagenleistung blockiert werden.

6.1.2 Direkt wirkende Sicherheitsventile sind grundsätzlich aufrecht unter Beachtung der Strömungsrichtung einzubauen. Die Zuleitung sollte kurz und so weit wie möglich gerade sein.

Abgänge zu Sicherheitsventilen sollten nicht anderen Abzweigungen gegenüber liegen.

Zuleitungen und Abblaseleitungen von Sicherheitsventilen sind strömungsgünstig zu verlegen.

Sicherheitsventile sind gegen schädigende äußere Einflüsse, z. B. Witterungseinflüsse, die funktionshemmend sein können, zu schützen.

Übertragungen von Vibrationen auf das Sicherheitsventil sind zu vermeiden.

Abblaseleitungen von Sicherheitsventilen müssen gefahrlos ausmünden. Im Abblasesystem darf sich keine Flüssigkeit ansammeln können. Falls Gefahr des Einfrierens besteht, muss die Leitung entsprechend geschützt sein.

Die Leitungen müssen unter Berücksichtigung der örtlichen Betriebsverhältnisse so bemessen und verlegt sein, dass die statischen, dynamischen (Reaktionskräfte) und thermischen Beanspruchungen sicher aufgenommen werden können.

Soweit bei Sicherheitsventilen auch ein Austritt von ausgasenden und verdampfenden Flüssigkeiten, z. B. Heißwasser, zu erwarten ist, müssen in unmittelbarer Nähe des Ventils Entspannungseinrichtungen ausreichender Größe angeordnet werden. An diesen Entspannungseinrichtungen sind Öffnungen ausreichenden Querschnitts sowohl zur Ableitung des entspannten Dampfs (Gases) als auch zur Ableitung der Flüssigkeit vorzusehen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

An Sicherheitsventilen, bei denen durch Austreten des Mediums, z. B. auch durch die offene Haube, direkt oder indirekt Gefahren für die Personen oder die Umgebung entstehen können, müssen geeignete Schutzvorrichtungen angebracht werden.

Tafel 1 — Reibungsbeiwerte für K = 70 µm (Richtwerte)

D_E [mm]	20	50	100	200	500
λ [1]	0,027	0,021	0,018	0,015	0,013

6.2 Querschnitte

6.2.1 Der Querschnitt der Zuleitung darf nicht kleiner sein als der Eintrittsquerschnitt des Sicherheitsventils. Der Querschnitt der Abblaseleitung darf nicht kleiner als der Austrittsquerschnitt des Sicherheitsventils sein.

Der Durchmesser, die Länge der Abblaseleitungen, Krümmer, Schalldämpfer etc. bestimmen die Höhe des Eigengegendrucks. Diese Teile sind so zu bemessen und zu verlegen, dass der vom Hersteller für das Sicherheitsventil angegebene zulässige Gegendruck nicht überschritten wird.

6.2.2 Der Druckverlust in der Zuleitung darf bei größtem abgeführtem Massenstrom 3 % der Druckdifferenz zwischen dem Ansprechdruck und dem Fremdgegendruck nicht überschreiten. Voraussetzung für eine ungestörte Funktion bei diesem Druckverlust ist, dass die Schließdruckdifferenz des eingebauten Sicherheitsventils mindestens 5 % beträgt. Bei kleinerer Schließdruckdifferenz als 5 % muss der Unterschied zwischen Druckverlust und Schließdruckdifferenz mindestens 2 % betragen.

Bei gesteuerten Ventilen gelten die Anforderungen für den Druckverlust in der Zuleitung nur, wenn sie auch bei Ausfall der Steuerung als direkt wirkende Sicherheitsventile arbeiten.

Für einen Druckverlust von 3 % in den Zuleitungen von Sicherheitsventilen kann zum Beispiel mit Hilfe des Diagramms nach Bild 2a der zulässige Widerstandsbeiwert ζ_z der Zuleitung und damit deren maximale Länge L_E bestimmt werden.

Als Berechnungsgleichungen für den zulässigen Widerstandsbeiwert ζ_z der Zuleitung gelten

— für Gase

$$\zeta_z = \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{p_0}{p_y} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left(\frac{f_E}{\psi} \right)^2 - 2 \ln \frac{p_0}{p_y} = \lambda \cdot \frac{L_E}{D_E} + \sum_E \zeta_i \qquad (1)$$

— für Flüssigkeiten

$$\zeta_z = \frac{\frac{p_0}{p_y} - 1 - \frac{p_h}{p_y}}{1 - \frac{p_a}{p_0}} \cdot {f_E}^2 \qquad (2)$$

Hierin ist f_E das Flächenverhältnis

$$f_E = \frac{1}{1{,}1 \cdot \alpha_w} \cdot \left(\frac{D_E}{d_0} \right)^2 \qquad (3)$$

Mit der Summe der Widerstandsbeiwerte ζ_i (Tafel 2) der einzelnen Leitungs- und Einbauteile sowie dem Widerstandsbeiwert des geraden Rohres $\lambda \cdot \frac{L_E}{D_E}$ lässt sich die zulässige Leitungslänge L_E mit λ aus Tafel 1 errechnen.

$$L_E = \left(\zeta_z - \sum \zeta_i \right) \cdot \frac{D_E}{\lambda} \qquad (3.1)$$

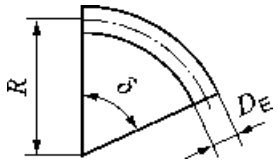
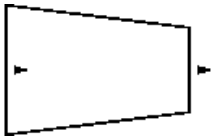
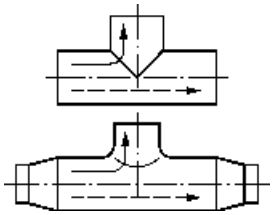
Ist die errechnete Zuleitungslänge L_E kleiner als die benötigte, muss die sichere Funktionsweise unter den vorliegenden Einbaubedingungen durch Versuch festgestellt und der tatsächliche Druckverlust in der Zuleitung bei der Größenbemessung des Sicherheitsventils berücksichtigt werden. Dasselbe gilt für die errechnete Länge L_A der Ausblaseleitung [siehe Gleichung (4) bzw. (6)].

Bei Hochdruckentspannungen darf die Entspannungsschallleistung nicht zu groß werden. Eine zu große Leistung ist einem zu geringen Gegendruck p_a gleichbedeutend, welcher dann durch eine geeignete Verlängerung der Ausblaseleitung angehoben werden muss (siehe hierzu [5]). Für zulässige Biegemomente in Ausblaseleitungen sind auch Katalogangaben zu beachten.

Für Verrohrungen, die aus Rohren verschiedener Nennweiten zusammengesetzt sind, ist AD 2000-Merkblatt A 1, Abschnitt 10.2.2, Gleichung (9), anzuwenden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Verlustbeiwerte ζ_i (Richtwerte)

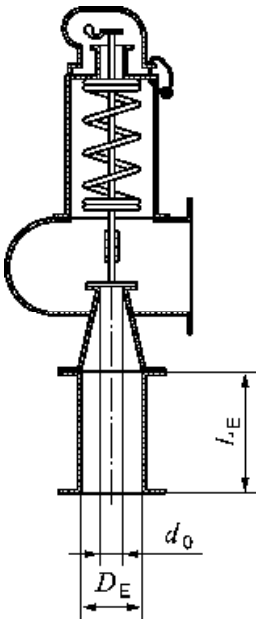
<table>
<tr><td rowspan="2">Rohrbogen
 
für $\delta \neq 90°$
$\zeta_{u\delta} = \zeta_{u90} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{90}}$</td><td colspan="5">Umlenkverluste für $\delta = 90°$ und $K = 70$ µm</td></tr>
<tr><td>R/D_E \ D_E</td><td>20</td><td>50</td><td>100</td><td>200</td><td>500</td></tr>
<tr><td></td><td>1,0
1,25
1,6
2
2,5
3,15
4
5
6,3
8
10</td><td>0,42
0,35
0,29
0,25
0,22
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,14</td><td>0,33
0,28
0,23
0,19
0,17
0,15
0,14
0,12
0,11
0,10
0,11</td><td>0,27
0,23
0,19
0,16
0,15
0,13
0,12
0,10
0,10
0,10
0,10</td><td>0,24
0,20
0,17
0,14
0,13
0,11
0,10
0,10
0,10
0,10
0,10</td><td>0,19
0,16
0,14
0,12
0,10
0,10
0,10
0,10
0,10
0,10
0,10</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Zuleitungsstutzen</td><td colspan="4"></td><td>ζ_i</td></tr>
<tr><td colspan="4">gut gerundet</td><td>0,1</td></tr>
<tr><td colspan="4">Kante normal gebrochen</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td colspan="4">Kante scharf oder durchgestecktes Rohr</td><td>0,50</td></tr>
<tr><td>stetige Querschnittsverengung
  </td><td colspan="4">bezogen auf den verengten Querschnitt</td><td>0,1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">rechtwinklige T-Stücke
  </td><td rowspan="2">Stutzen scharfkantig eingesetzt</td><td colspan="2">im Durchgang</td><td>0,35[c]</td></tr>
<tr><td colspan="2">im Abzweig</td><td>1,28[c]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Stutzen ausgehalst oder aufgesetzt, Einlauf abgerundet[a]</td><td>im Durchgang</td><td>0,2[c]</td></tr>
<tr><td>im Abzweig</td><td>0,75[c]</td></tr>
<tr><td colspan="4">Wechselventil/Verblockungseinrichtungen</td><td>[b]</td></tr>
</table>

[a] Für die Hochdruckleitungen übliche erweiterte T-Stücke.

[b] ζ-Wert-Bestimmung erforderlich.

[c] Bezogen auf den Staudruck in der zum Sicherheitsventil abgehenden Leitung.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



Zeichenerklärung:

D_E = Durchmesser der Zuleitung

A_E = Querschnitt der Zuleitung

L_E = gestreckte Länge der Zuleitung

$A_0 = \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4}$ = engster Strömungsquerschnitt

k = Isentropenexponent

α_w = zuerkannte Ausflussziffer

λ = Rohrreibungsbeiwert

ζ_z = zul. Widerstandsbeiwert

ζ_i = Widerstandsbeiwert für Leitungs- und Einbauteile

K = äquivalente Rauigkeit

Bild 1

6.3 Gegendrücke auf der Austrittseite, die sich auf den Ansprechüberdruck und auf die Öffnungskräfte oder den Massenstrom auswirken, sind zu berücksichtigen. Vom Hersteller ist anzugeben, bis zu welchem Gegendruck p_a ein bestimmungsgemäßes Arbeiten des Sicherheitsventils gewährleistet ist und der abzuführende Massenstrom (siehe Abschnitt 2.2) zuverlässig erreicht wird.

Führt die Abblaseleitung eines Sicherheitsventils in ein nachgeschaltetes Netz, ist das Sicherheitsventil so einzustellen und zu bemessen, dass es beim maximalen Fremdgegendruck p_{af} rechtzeitig abzublasen beginnt und beim höchstmöglichen Gegendruck p_a den geforderten Massenstrom abführen kann.

6.3.1 Für die Bestimmung des zulässigen Widerstandsbeiwerts ζ_z der Ausblaseleitung gilt in Analogie zur Gleichung (1) in Abschnitt 6.2.2

— für Gase (bei $a > 0{,}14$ und $\zeta_z > 2$)

$$\zeta_z \cong \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{p_a}{p_0} \right)^2 - \left(\frac{p_n}{p_0} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{f_A}{\psi} \right)^2 - \frac{2}{k} \cdot \ln \frac{p_a}{p_n} = \left(\lambda \cdot \frac{L_A}{D_A} + \sum_A \zeta_i \right) \cdot \frac{\overline{Z_A}}{Z} \tag{4}$$

Der Druck p_n im Ausblasequerschnitt ist bei Gasentspannung größer/gleich dem absoluten Fremdgegendruck p_{a0}.

$$p_n = p_{ns} \geq p_{a0} \geq p_u = 1 \text{ bar abs.} \tag{4.1}$$

$$p_{ns} = \frac{2\, p_0}{\sqrt{k(k+1)}} \cdot \frac{\psi}{f_A} \cdot \sqrt{\frac{Z_n}{Z}} \tag{4.2}$$

— für Flüssigkeiten

$$\zeta_z = \frac{\frac{p_a}{p_0} - \frac{p_{a0}}{p_0} - \frac{p_h}{p_0}}{1 - \frac{p_a}{p_0}} \cdot f_A^2 \tag{5}$$

f_A wird analog zur Gleichung (3) berechnet.

Die genaue Lösung für ζ_z für Gase ($Z = 1$) erhält man aus folgenden Gleichungen[8)] mit der Machzahl M_a hinter dem Sicherheitsventil und der Machzahl M_n in der Ausblaseöffnung. Der Einfluss der Realgasfaktoren Z ist abgeschätzt.

$$\zeta_z = \frac{\overline{Z_A}}{Z} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{L_A}{D_A} + \sum_A \zeta_i \right) = \frac{k+1}{2\,k} \cdot \left(\frac{1}{M_a^2} - \frac{1}{M_n^2} - 2 \ln \frac{M_n}{M_a} \right) \tag{6}$$

Die beiden Machzahlen M_n und M_a werden mittels quadratischer Ergänzungen berechnet.

$$M_n = \sqrt{\frac{k+1}{k-1} + C_n^2} - C_n \leq 1 \tag{6.1}$$

8) Siehe [1] und [2] im Literaturverzeichnis.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

$$C_n = \frac{1}{k-1} \cdot \frac{p_n}{p_{ns}} \text{ (Häufig ist } p_{a0} = p_u.) \tag{6.2}$$

$$M_a = \sqrt{\frac{k+1}{k-1} + C_a^2} - C_a \le M_n \tag{6.3}$$

$$C_a = \frac{k+1}{k-1} \cdot \frac{1}{2\,M_n} \cdot \frac{p_a}{p_n} \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot M_n^2\right) \tag{6.4}$$

Soll nach analogem Algorithmus nicht ζ_z, sondern der Gegendruck p_a bestimmt werden, so gilt es, M_a mit Kenntnis von M_n und ζ_z bei guter Konvergenz aus den Gleichungen (6), (6.1) und (6.5) iterativ zu ermitteln.

$$\frac{p_a}{p_n} = \frac{M_n}{M_a} \cdot \frac{1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot M_a^2}{1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot M_n^2} \tag{6.5}^{9)}$$

6.3.2 Zulässige Gegendrücke von z. B. 15 % ($a = 0{,}15$) bzw. mit Faltenbalg bis zu 30 % ($a = 0{,}3$) des Ansprechüberdrucks p_e können ggf. den Herstellerkatalogen entnommen werden.

Wenn in den Herstellerkatalogen zulässige Gegendrücke angegeben werden, sind diese durch entsprechende Untersuchungen zu belegen und im Rahmen der Bauteilprüfung zu verifizieren. Die Untersuchungen müssen geeignet sein, sowohl eine stabile („flatterfreie“) als auch leistungssichere Funktionsweise der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion zu belegen. Hierbei muss u. U. die gleichzeitige Zulässigkeit eines Zulaufdruckverlusts von 3 % ($e = 0{,}03$) der Ansprechdruckdifferenz (siehe auch 6.2.2) beachtet werden.

Diese Ergänzung der Bauteilprüfung ist auch für Sicherheitsventile auf Rohrleitungen im Strömungseinsatz, z. B. unmittelbar hinter Reduzierstationen, also ohne den „Ruhezustand“ $(v \cong 0 << v_s)$ eines Druckbehälters, erforderlich.

6.3.3 Die durch die Ausströmung bedingte Reaktionskraft F_R (N = kg m/s^2) wird nach dem Impulssatz bestimmt:

$$F_R = \frac{q_m}{3600} \cdot v_n \tag{7}$$

Hierbei ist v_n die Geschwindigkeit in der Ausblaseöffnung.

$$v_n = \frac{q_m}{3600} \cdot \frac{10^6}{\rho_n \cdot A_n} \tag{7.1}$$

Bei Gasen ist v_n kleiner/gleich Schallgeschwindigkeit. Wenn M_n bekannt ist, kann v_n nach Gleichung (7.2) berechnet werden.

$$v_n = M_n \cdot \sqrt{\frac{2\,k}{k+1} \cdot \frac{p_n \cdot 10^5}{\rho_n(p_n, T_0)}} \le \sqrt{k \cdot \frac{p_n \cdot 10^5}{\rho_n}} = v_s \text{ d. h. } M_n \le 1 \tag{7.2}$$

Des Weiteren wird bei Gasen ein Druckterm zum Impulsterm hinzugefügt, wenn für den Durchsatz des Massenstroms bei Schallgeschwindigkeit der Druck $p_n = p_{ns} > p_{a0}$ wird.

$$F_R = \frac{q_m}{3600} \cdot v_s + A_n \cdot (p_n - p_{a0}) \cdot \frac{1}{10} \tag{8}$$

Vergleiche hierzu in Bild 2c:

$$Y = \frac{10\,F_R}{1{,}1\,\alpha_w \cdot A_0 \cdot p_e}$$

Leitungsinterne Kräfte, zum Beispiel in Erweiterungen, sind von derselben Größenordnung wie F_R. Sie werden mit dem kleinsten Rohrleitungsdurchmesser abgeschätzt, da dieser die größte Kraft bewirkt.

Rohrleitungshalterungen müssen einerseits auftretende Knick- und Biegekräfte mit ausreichender Sicherheit aufnehmen. Sie müssen andererseits jedoch für die Aufnahme von Dehnungen durch Temperaturunterschiede hinreichend biegeweich sein (siehe hierzu TRR 100). Bei Gasen kann die Rohrleitung, bedingt durch den Energieentzug infolge der Strömungsbeschleunigung, örtlich mit Schallgeschwindigkeit bis auf T_{ns} abkühlen:

$$T_{ns} \cong T \cdot \frac{2}{k+1} \tag{9}$$

Ein Sicherheitsfaktor $S_R \approx 4$ für Rohrhalterungen berücksichtigt anfängliche schlagartige Öffnungsstöße und bewirkt zudem ggf., dass der Behälter nicht wegen abknickender Ausblaseleitung birst.

9) Nach [1] Gleichung (5.46).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anforderungen bezüglich zündfähiger Freistrahlkeulen hinter der Ausblaseöffnung zur Umgebung und bezüglich notwendiger Verdünnung von Giftschwaden sind in TRB 600, Abschnitt 3.4, aufgeführt. Zur Erfüllung der Schutzziele können die in der zitierten Literatur [3] bis [5] aufgeführten Gleichungen angewendet werden.

6.3.4 Die Werte für ζ, F_R bzw. Y (f, p_e) können aus den Bildern 2a, b und c abgelesen werden; der zulässige Widerstandsbeiwert ζ_z der Ausblaseleitung sowie die normierte Reaktionskraft Y in einer Ausblaseleitung wurden nach den exakten Formeln (siehe [1] oder [2]) berechnet. Müssen unterschiedliche Nennweiten der Rohrleitung berücksichtigt werden, ist nach AD 2000-Merkblatt A 1, Abschnitt 10.2.2, zu verfahren. Die entsprechenden strömungsphysikalischen Grundlagen sind in der Literatur [1] bis [5] dargestellt.

6.4 Sicherheitsventile müssen für die Prüfung der Funktionsfähigkeit und zur Wartung zugänglich sein.

6.5 Einbauanweisungen des Herstellers sind zu beachten.

7 Werkstoffe

Die Werkstoffe für alle durch das Medium beanspruchten Teile müssen entsprechend den einschlägigen allgemein anerkannten Regeln der Technik so ausgewählt werden, dass sie für die auftretenden Drücke und Temperaturen geeignet sind. Dies gilt auch für die Zuführungs-, Abblase- und Kondensatabführungsleitungen. Werkstoffe für Gehäuse müssen dem AD 2000-Merkblatt A 4 entsprechen.

Sicherheitsventile sind so zu gestalten, dass die Funktionsfähigkeit durch ein Verbacken nicht beeinträchtigt wird. Dies ist z. B. zu erreichen, wenn für Ventilteller und Ventilsitz unterschiedliche Werkstofftypen, z. B. martensitische und austenitische Werkstoffe, oder korrosionsfeste Hartlegierungen, z. B. Stellit, verwendet werden. Das gilt besonders bei Verwendung von Sicherheitsventilen in Systemen mit Dampf, Kondensat, Heißwasser und Speisewasser.

8 Herstellung, Prüfung und Kennzeichnung der Armaturengehäuse

Die drucktragenden Gehäuseteile der Armaturen sind nach AD 2000-Merkblatt A 4 herzustellen, zu prüfen und zu kennzeichnen mit:

- Nenngröße,
- Nenndruck oder maximal zulässigem Druck und zulässiger maximaler Temperatur am Eintritt (falls erforderlich),
- Werkstoff,
- Herstellerzeichen,
- Durchflussrichtungspfeil.

Die Druckprüfung kann ggf. bei größeren Druckunterschieden im Vordruck- und Nachdruckteil von Sicherheitsventilgehäusen für beide Teile getrennt und unter Berücksichtigung der maßgeblichen Drücke durchgeführt werden.

9 Kennzeichnung von bauteilgeprüften Sicherheitsventilen

9.1 Bauteilgeprüfte Sicherheitsventile müssen mit der CE-Kennzeichnung und mit dem zuerkannten Bauteilkennzeichen dauerhaft und gut lesbar versehen sein. Klebefolien sind nicht zulässig. Durch Anbringen des Bauteilkennzeichens übernimmt der Hersteller die Gewähr für die Übereinstimmung des Sicherheitsventils mit dem Bauteilprüfbericht einschließlich Anlagen, die richtige Einstellung übereinstimmend mit der Druckangabe im Bauteilkennzeichen und für die Sicherung gegen Verstellen.

9.2 Das Bauteilkennzeichen setzt sich aus folgenden Angaben zusammen:

TÜV • SV • 02 • xxx • xx • D/G; F
F/K/S • 0,xx • x

(Erläuterungen zu den möglichen Angaben innerhalb eines Bauteilkennzeichens siehe Bild 5.)

10 Größenbemessung

10.1 Der erforderliche engste Strömungsquerschnitt vor dem Ventilsitz A_0 ist nach den Formeln der Abschnitte 10.4 oder 10.5 zu berechnen.

10.2 Der engste Strömungsdurchmesser vor dem Ventilsitz muss mindestens 6 mm (der von Steuerventilen nach Abschnitt 5.8.1 jedoch mindestens 10 mm), bei Druckbehältern mit fetthaltigen, staubförmigen oder zum Verkleben neigenden Medien mindestens 20 mm betragen.

Für Sicherheitsventile in Anlagen für saubere Gase gilt abweichend Abschnitt 12.4.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

10.3 Die Ausflussziffer soll bei Vollhub-Sicherheitsventilen den Wert $\alpha_w = 0{,}5$ – ausgenommen Ventile, die im Hub begrenzt sind – und bei Normal- bzw. Proportional-Sicherheitsventilen den Wert $\alpha_w = 0{,}08$ für D/G oder den Wert $\alpha_w = 0{,}05$ für F nicht unterschreiten. Konstruktive Hub-Begrenzungen müssen einen Hub von mindestens 30 % vom maximalen Hub oder von mindestens 1 mm zulassen, wobei der größere Wert gilt.

10.4 Gase und Dämpfe

10.4.1 Die allgemeine Beziehung für die Bemessung des engsten Strömungsquerschnitts lautet

$$A_0 = \frac{q_m}{\psi \cdot \alpha_w \sqrt{2 \frac{p_0}{v}}} \tag{10}$$

Hierin bedeuten:

A_0	engster Strömungsquerschnitt	mm^2
q_m	abzuführender Massenstrom	kg/s
p_0	absoluter Druck im Druckraum	Pa
v	spezifisches Volumen des Mediums im Druckraum	m^3/kg
α_w	die im Rahmen der Bauteilprüfung zuerkannte Ausflussziffer (vielfach auch als α_d oder K_{dr} bezeichnet)	
ψ	Ausflussfunktion	

Für unterkritische Druckverhältnisse

$$\frac{p_a}{p_0} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} = \frac{p_k}{p_0} \text{ ist}$$

$$\psi = \sqrt{\frac{k}{k-1}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{k+1}{k}}} \tag{11}$$

In der Ableitung für ψ wird verwendet:

$$k = \frac{\overline{c_p}}{\overline{c_p} - \frac{R \cdot \overline{Z}}{1000\ M}} \tag{11.1}$$

Für überkritische Druckverhältnisse ist

$$\psi = \psi_{max} = \sqrt{\frac{k}{k+1}} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}} \approx 0{,}431\, k^{0{,}346} \tag{12}$$

mit

p_a absoluter dynamischer Fremdgegendruck hinter der Armatur

k Isentropenexponent des Mediums im Druckraum

10.4.2 Bei technischen Gasen und Dämpfen errechnet sich das spezifische Volumen aus der allgemeinen Beziehung

$$v = \frac{R_1 \cdot T \cdot Z}{p_0 \cdot 10^5} \tag{13}$$

Setzt man diesen Ausdruck in Gleichung (10) ein, so ergibt sich folgende Zahlenwertgleichung

$$A_0 = 0{,}001964 \cdot \frac{q_m}{\psi \cdot \alpha_w \cdot p_0} \cdot \sqrt{R_1 \cdot T \cdot Z} \tag{14}$$

Mit $R_1 = \frac{R_0}{M}$ ergibt sich daraus

$$A_0 = 0{,}1791 \cdot \frac{q_m}{\psi \cdot \alpha_w \cdot p_0} \cdot \sqrt{\frac{T \cdot Z}{M}} \tag{15}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Hierin bedeuten:

A_0	$\frac{d_0^2 \cdot \pi}{4}$ engster Strömungsquerschnitt		mm^2
d_0	engster Strömungsdurchmesser		mm
q_m	abzuführender Massenstrom		kg/h
R_1	Gaskonstante		$\frac{J}{kg \cdot K}$
R_0	universelle Gaskonstante	= 8314,3	$\frac{J}{kmol \cdot K}$
M	molare Masse		$\frac{kg}{kmol}$
T	absolute Temperatur des Mediums im Druckraum		K
Z	Realgasfaktor des Mediums im Druckraum		–
p_0	absoluter Druck im Druckraum		bar
v	spezifisches Volumen des Mediums im Druckraum		m^3/kg
ψ	Ausflussfunktion		–
α_w	zuerkannte Ausflussziffer		–

Die Ausflussfunktion ψ kann nach Abschnitt 10.4.1 errechnet oder in Abhängigkeit vom Druckverhältnis und vom Isentropenexponenten dem Bild 3 entnommen werden. Die Stoffwerte für einige wichtige Gase und Dämpfe im Normzustand sind in Tafel 3 aufgeführt. Sie können auch für vom Normzustand abweichende Zustände im Allgemeinen verwendet werden.

Die Isentropenexponenten können jedoch bei höheren Drücken und bei von 273 K abweichenden Temperaturen von den in Tafel 3 angegebenen Werten abweichen. So hat k z. B. für Luft bei 100 bar und 293 K den Wert 1,60, so dass sich ψ_{max} von 0,484 auf 0,507 ändert.

Bei den in Tafel 3 genannten Gasen unterscheidet sich der Wert Z für den Realgasfaktor im Normzustand nur wenig von 1,0. Bei Abweichung vom Normzustand können sich die Werte von 1,0 unterscheiden (z. B. für Äthylen bei 30 bar und 20 °C ist $Z = 0{,}8$).

Für die Berechnung können die Werte für den Isentropenexponenten und den Realgasfaktor z. B. dem Data Book on Hydrocarbons entnommen werden.

Stoffwerte für Kältemittel siehe DIN EN 378-1.

10.4.3 Für Wasserdampf sind das spezifische Volumen v und der Isentropenexponent k aus der Literatur[10)] zu entnehmen.

Mit Hilfe des Druckmittelbeiwertes x, der die Eigenschaften des ausströmenden Wasserdampfes und die Umrechnung der nicht kohärenten Einheiten berücksichtigt, ergibt sich für Wasserdampf aus Gleichung (16)

$$A_0 = \frac{x \cdot q_m}{\alpha_w \cdot p_0} \qquad mm^2 \qquad (16)$$

mit

$$x = 0{,}6211 \cdot \frac{\sqrt{p_0 \cdot v}}{\psi} \qquad \frac{h \cdot mm^2 \cdot bar}{kg}$$

Der Druckmittelbeiwert x ist für überkritische Entspannung in Bild 4 dargestellt.

Für unterkritische Entspannung und für Drücke < 2 bar ist der Druckmittelbeiwert x rechnerisch zu ermitteln (siehe auch Abschnitt 7.3 des VdTÜV-Merkblatts Sicherheitsventil 100).

10) Für überhitzten Dampf und Sattdampf:
Zustandsgrößen von Wasser und Wasserdampf; Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: Ausgabe 1969,

oder für überhitzten Dampf:
Zustandsgrößen von Wasser und Wasserdampf — Der Industrie-Standard IAPWS-IF 97 für die thermodynamischen Zustandsgrößen und ergänzende Gleichungen für andere Eigenschaften; Springer Verlag, Berlin; 1998.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 — Gaskonstante, molare Masse, Isentropenexponent

	Gaskonstante R_1 $\frac{J}{kg \cdot K}$	Isentropenexponent k für den Normzustand[a] (p_0 = 1,013 bar, T = 273 K)	Molare Masse M $\frac{kg}{kmol}$
Acetylen	318,82	1,23	26,040
Ammoniak	488,15	1,31	17,031
Argon	208,15	1,65	39,940
Ethylen	296,36	1,25	28,050
Chlor	117,24	1,34	70,910
Helium	2076,96	1,63	4,003
Kohlendioxid	188,91	1,30	44,010
Luft	287,09	1,40	28,964
Methan	518,24	1,31	16,031
Sauerstoff	259,82	1,40	32,000
Schwefeldioxid	129,77	1,28	64,063
Stickstoff	296,76	1,40	28,016
Wasserstoff	4124,11	1,41	2,016

[a] Weitere Stoffwerte sowie Stoffwerte für vom Normzustand abweichende Zustände siehe VDI-Wärmeatlas und Fußnoten 10 und 11.

Die übrigen Größen werden mit den Einheiten nach Abschnitt 10.4.2 eingesetzt.

10.5 Flüssigkeiten

10.5.1 Nicht siedende Flüssigkeiten

Für nicht siedende Flüssigkeiten (Flüssigkeiten, die beim Einströmen in die Abblaseleitung keine Phasenumwandlung erfahren) gilt

$$A_0 = 0{,}6211 \cdot \frac{q_m}{\alpha_w \sqrt{\Delta p \cdot \rho}} \quad \text{mm}^2 \tag{17}$$

mit

ρ	Dichte	kg/m^3
$\Delta p = p_0 - p_a$	Druckdifferenz	bar

Die übrigen Größen werden mit den Einheiten nach Abschnitt 10.4.2 eingesetzt.

10.5.2 Siedende und gasfreisetzende Flüssigkeiten

Für Flüssigkeiten, die sieden oder bei der Entspannung auf den Gegendruck zu sieden beginnen oder Gas freisetzen, ist die ISO 4126-10 zu verwenden.

11 Prüfungen

11.1 Die Funktionssicherheit, der Einstelldruckbereich und der Ausflussmassenstrom müssen durch Bauteilprüfung oder Einzelprüfung festgestellt werden.

11.2 Die Bauteilprüfung wird nach VdTÜV-Merkblatt Sicherheitsventil 100 durchgeführt. Sie erfolgt in der Regel unter Verwendung neutraler Prüfmedien. Auf andere Medien und Temperaturen kann geschlossen werden, wenn vergleichbare physikalische Eigenschaften vorliegen oder wenn Abweichungen berücksichtigt werden können.

11.3 Bei nicht bauteilgeprüften Sicherheitsventilen werden die Funktionssicherheit, der Einstelldruck und der Massenstrom in der Regel als Einzelprüfung im Rahmen der Abnahmeprüfung in Anlehnung an VdTÜV-Merkblatt Sicherheitsventil 100 festgestellt.

11.4 Der Ansprechdruck jedes Sicherheitsventils ist festzustellen. Dies kann unter Verwendung neutraler Medien erfolgen. Hierüber ist eine Bescheinigung mit Angabe des Ansprechdrucks, des Prüfmediums, der Prüftemperatur und der Kennzeichnung auszustellen. Bei Sicherheitsventilen als Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion für Druckbehälter erfolgt dies durch die zuständige unabhängige Stelle.

Werden Sicherheitsventile, die ausschließlich für flüssige Medien vorgesehen sind (nur Kennbuchstabe F bzw. L), mit gasförmigen Medien eingestellt, so ist nachzuweisen, dass der tatsächliche Ansprechdruck bei der Verwendung von flüssigen Medien dem Einstelldruck entspricht. Anderenfalls ist ein mit dem Hersteller und der unabhängigen Stelle abgestimmter, überprüfter Korrekturfaktor vorzusehen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Werden Sicherheitsventile für Dampf auf einem Prüfstand auf einen Kalteinstelldruck eingestellt und aus diesem der Ansprechdruck unter Betriebsbedingungen (z. B. unter Temperatur- bzw. Gegendruckeinfluss) abgeleitet, so ist die Zulässigkeit dessen der unabhängigen Stelle mit entsprechenden Untersuchungsergebnissen (z. B. überprüfte Umbewertungs- bzw. Korrekturtabellen) zu belegen.

12 Besondere Bauarten oder Anwendungsfälle

12.1 Sicherheitsventile für Hydraulikflüssigkeiten

Unter der Voraussetzung, dass nicht korrodierende selbstschmierende und alterungsbeständige Hydraulikflüssigkeiten (z. B. Hydrauliköle H-L nach DIN 51524-1 und H-LP nach DIN 51524-2) verwendet werden, für eine ausreichende Reinheit der Hydraulikflüssigkeit gesorgt wird (Wechsel in angemessenen Zeitabständen und Filterung) und die Temperatur des Mediums ca. 100 °C nicht übersteigt, sind folgende Erleichterungen zulässig.

12.1.1 Abweichend von den Abschnitten 5.8.1 und 10.2 muss der engste Strömungsdurchmesser an Hauptventilen und Steuerventilen mindestens 4,0 mm betragen.

12.1.2 Abweichend von Abschnitt 5.4 genügen zwei Steuerstränge, wenn diese nach dem Ruheprinzip geschaltet sind.

12.1.3 Zur Absicherung von Druckbehältern für Hydraulikflüssigkeiten mit einem Produkt aus Inhalt in Litern und maximal zulässigem Druck in bar von ≤ 6000 genügt abweichend von den Abschnitten 5.4 und 5.5 ein Steuerstrang, wenn auch beim Zusetzen von Düsen, engen Bohrungen und dergleichen im Steuersystem das Hauptventil beim Erreichen des Ansprechdrucks zuverlässig öffnet.

12.2 Foliensicherheitsventile

Wegen der besonderen Bauart dieser Sicherheitsventile gilt die Anforderung nach Abschnitt 2.4 nicht.

12.3 Sicherheitsventile für Sauerstoff

Sicherheitsventile für Sauerstoff sind zusätzlich mit der Kennzeichnung „Sauerstoff, öl- und fettfrei halten!“ zu versehen oder in geeigneter Weise (z. B. nach DIN EN 12300, Abschnitt 8) zu kennzeichnen.

12.4 Sicherheitsventile für saubere Gase

Bei Sicherheitsventilen für saubere Gase kann abweichend von den Regelungen aus Abschnitt 10.2 der engste Strömungsdurchmesser mindestens 4,0 mm betragen, wenn eine Überdimensionierung mit ≥ 6 mm Strömungsdurchmesser zur Beeinträchtigung der Funktion führt. Störende Verunreinigungen müssen sicher ausgeschlossen sein und die Funktion der Sicherheitsventile darf nicht beeinträchtigt werden (z. B. durch Verbackungen, Vereisungen oder Verstopfungen).

13 Sicherheitsabsperrventile[11)]

13.1 Sicherheitsabsperrventile sind gesteuerte Ventile mit entgegengesetzter Wirkungsrichtung des Hauptventils. Sie sind einem abzusichernden System vorgeschaltet und im Normalbetrieb geöffnet. Bei unzulässiger Drucksteigerung sperren sie den Mediumzustrom selbsttätig ab. Die Abschnitte 2.4, 4, 5, 6, 7, 8 und 11 sind hierfür sinngemäß anzuwenden.

13.2 In Strömungsrichtung sind vor den Hauptventilen Einrichtungen wie z. B. gelochte Scheiben oder Siebe einzubauen, die sicher verhindern, dass größere Fremdkörper in den Sitz eines Ventils gelangen.

13.3 Trotz vorgeschalteter Schutzeinrichtung im Sinne von Abschnitt 13.2 können Fremdkörper vom Durchmesser der größten Siebbohrung das völlige Schließen des Hauptventils verhindern. Das dem Sicherheitsabsperrventil nachgeschaltete abzusichernde System muss daher zusätzlich mit einem Sicherheitsventil ausgerüstet werden. Dieses ist so zu bemessen, dass der nach Satz 1 mögliche Leckmengenstrom abgeführt werden kann.

14 Schrifttum

[1] *Naue, G.*; *Liepe, F.*; *Mascheck, H.-J.*; *Reher, E.-O.*; *Schenk, R.*: Technische Strömungsmechanik I. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie (Reihe Verfahrenstechnik). 4. Auflage; Leipzig (1988)

[2] *Ehrhardt, G.*: Sicherheitsventile samt Leitungen. RWTH Aachen, Lehrstuhl für Theoretische und Experimentelle Strömungsmechanik (Abschlußbericht Forschungs- und Entwicklungsauftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie) (1997)

[3] *Bozóki, G.*: Überdruckabsicherungen für Behälter und Rohrleitungen (Reihe Praxiswissen für Ingenieure). TÜV Verlag GmbH; Köln (1977)

[4] *Wagner, W.*: Sicherheitsarmaturen. Vogel Fachbuch Verlag (Kamprath-Reihe); Würzburg (1999)

[5] *Goßlau, W.*; *Weyl, R.*: Sicherheitsventile und Berstscheiben. Mitteilung der Technischen Anlagenüberwachung der BASF Aktiengesellschaft; 4., umfangreich modifizierte Auflage; Ludwigshafen/Rhein (1995) [Erste Teilveröffentlichung in Technische Überwachung 1989 (Mai bis September)]

[6] *Weyl, R.*: Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung — AD-Merkblätter A 1 und A 2, Druckverlustbeziehungen. Techn. Überwach. **47** 2006; Nr. 5, 6, 7, VDI-Verlag Düsseldorf

11) Für Sicherheitsabsperrventile von Druckbehältern in Leitungen für Gase der öffentlichen Gasversorgung gilt DIN EN 14382.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

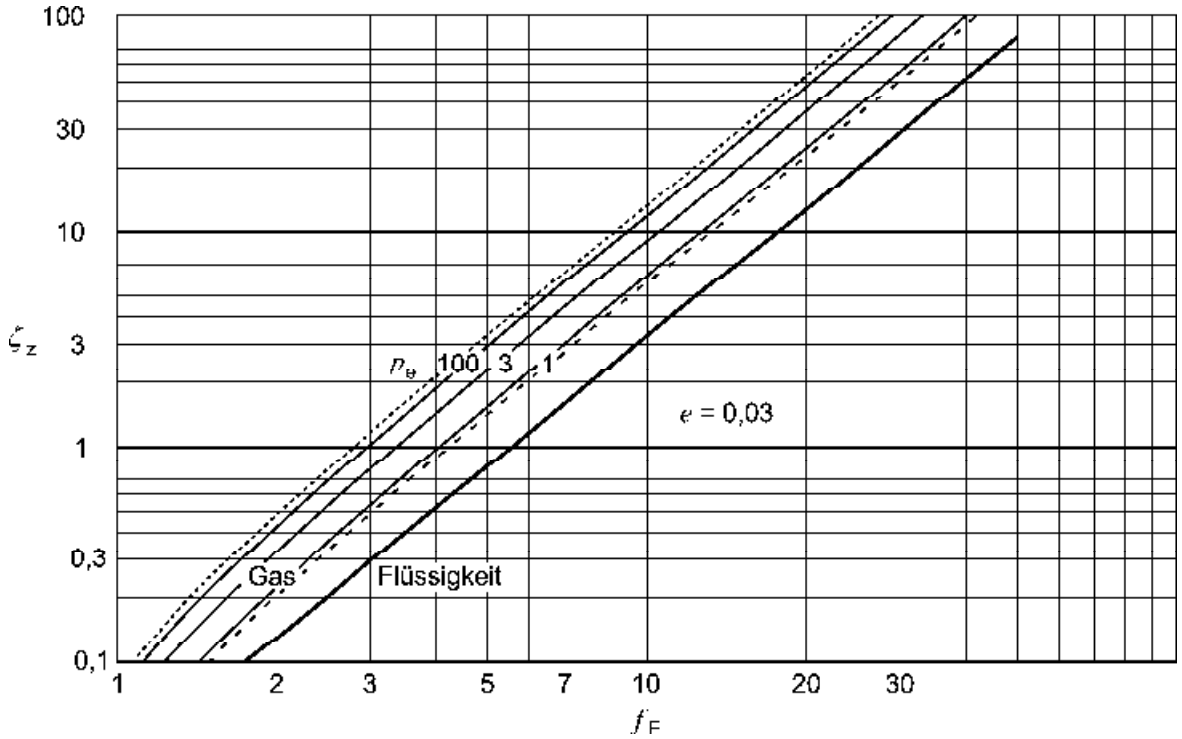
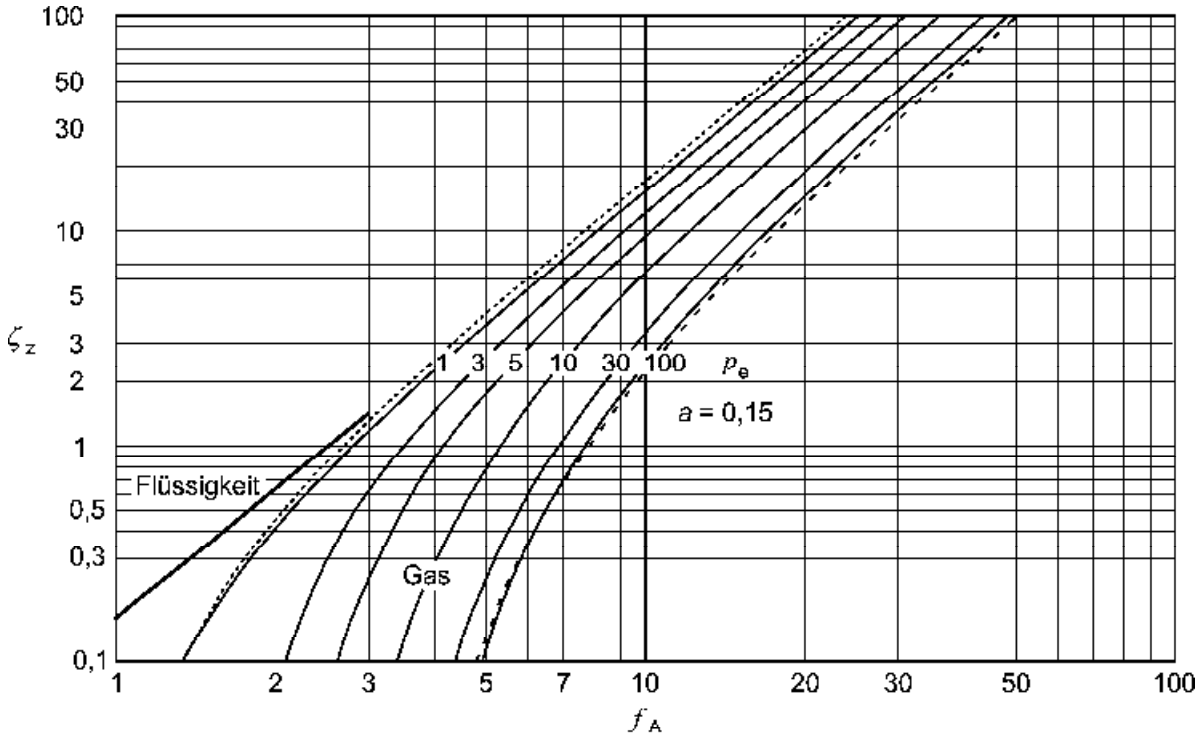


Bild 2a — Zulässiger Widerstandsbeiwert ζ_z der Einlassleitung zu einem Sicherheitsventil über dem Flächenverhältnis f_E für verschiedene Ansprechüberdrücke p_e bei einem zulässigen Zulaufdruckverlust von 3 % (e = 0,03), bezogen auf die statischen Drücke $p_{a0} = p_u$ = 1 bar abs. für verschiedene Isentropenexponenten k (·····k = 1,2; ——— k = 1,4; --------- k = 1,6); $\zeta_z \sim k^{-0,7}$; Flüssigkeit mit p_h = 0.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



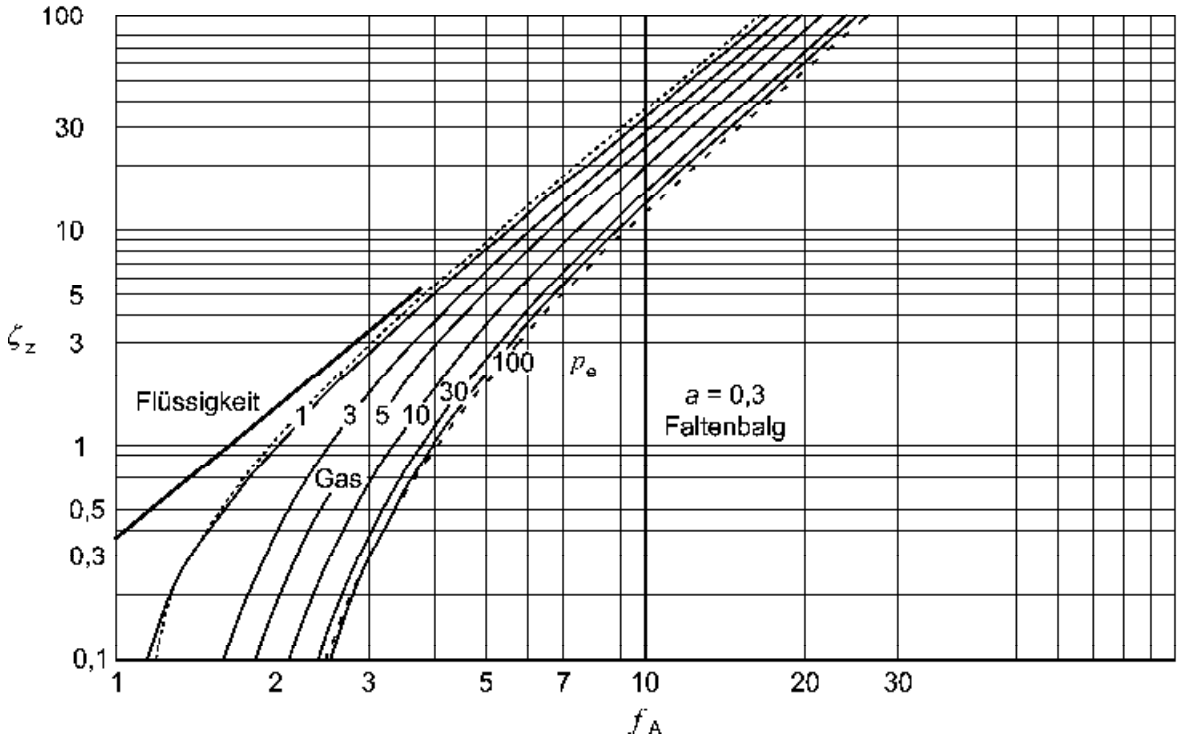


Bild 2b — Zulässiger Widerstandsbeiwert ζ_z der Ausblaseleitung eines Sicherheitsventils über dem Flächenverhältnis f_A für verschiedene Ansprechüberdrücke p_e und Gegendruckverhältnisse a sowie für die Isentropenexponenten k (·····k = 1,2; ——— k = 1,4; --------- k = 1,6) bei $p_{a0} = p_u$ = 1 bar abs.; p_h = 0. Für Gase mit $p_a = p_k$ siehe AD 2000-Merkblatt A 1, Bild 4.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

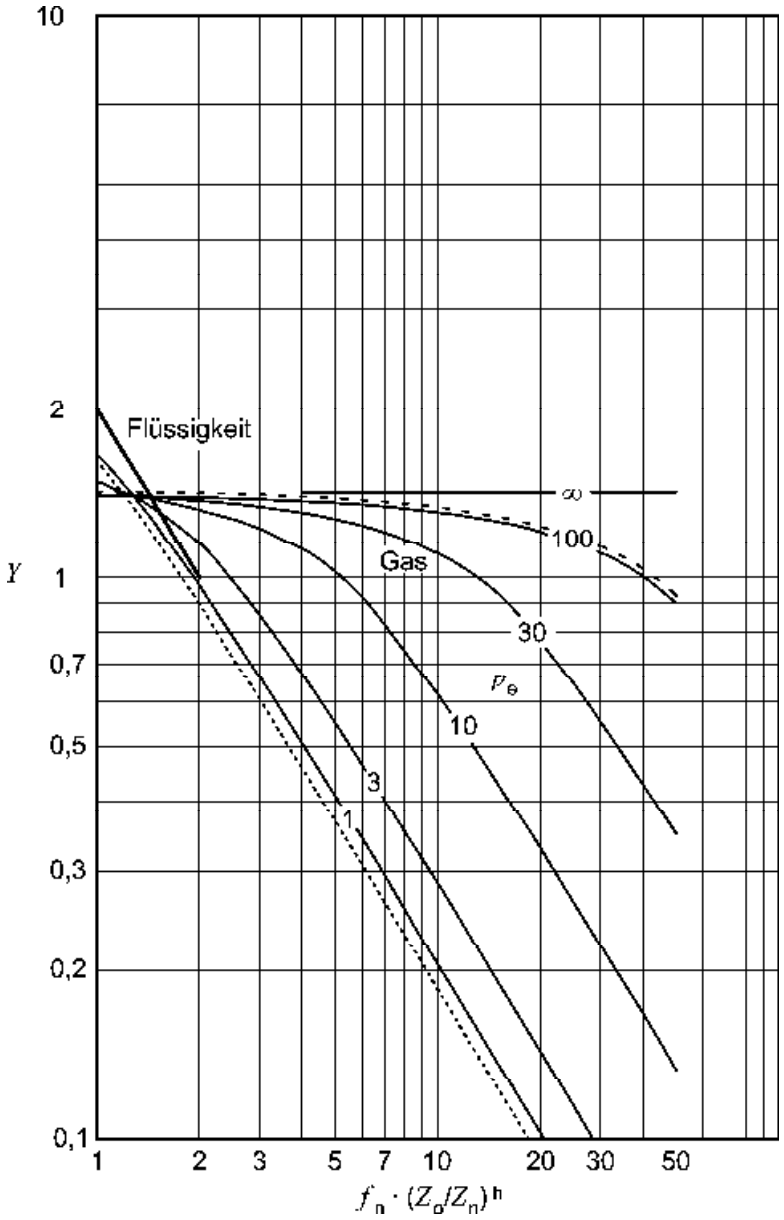


Bild 2c — Normierte Reaktionskraft $Y = \frac{10 F_R}{1{,}1\,\alpha_w \cdot A_0 \cdot p_e}$ in einer Ausblaseleitung über dem Flächenverhältnis $f_n = \frac{1}{1{,}1\,\alpha_w} \cdot \left(\frac{D_n}{d_0}\right)^2$ für verschiedene Ansprechdrücke p_e sowie für die Isentropenexponenten k (·····k = 1,2; ——— k = 1,4; ---------- k = 1,6) bei $p_{a0} = p_u$ = 1 bar abs.

Für h gilt:

— $h = 0{,}5$, wenn $M_n = 1$ oder $p_n > p_u$;

— $h = 1$, wenn $M_n < 1$ oder $p_n = p_u$.

Hinweis: Bei Anwendung dieses Diagramms für Berstscheiben nach AD 2000-Merkblatt A 1, Abschnitt 10.2, sind auf der Abszisse die Werte für $f_n = \frac{1}{\eta} \cdot \left(\frac{D_n}{D_L}\right)^2$ und auf der Ordinate die Werte für $Y = \frac{10\ F_R}{\eta \cdot A_L \cdot p_e}$ dargestellt, was nur für (meist, jedoch nicht immer) $Z = 1$ und D = konstant gälte.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

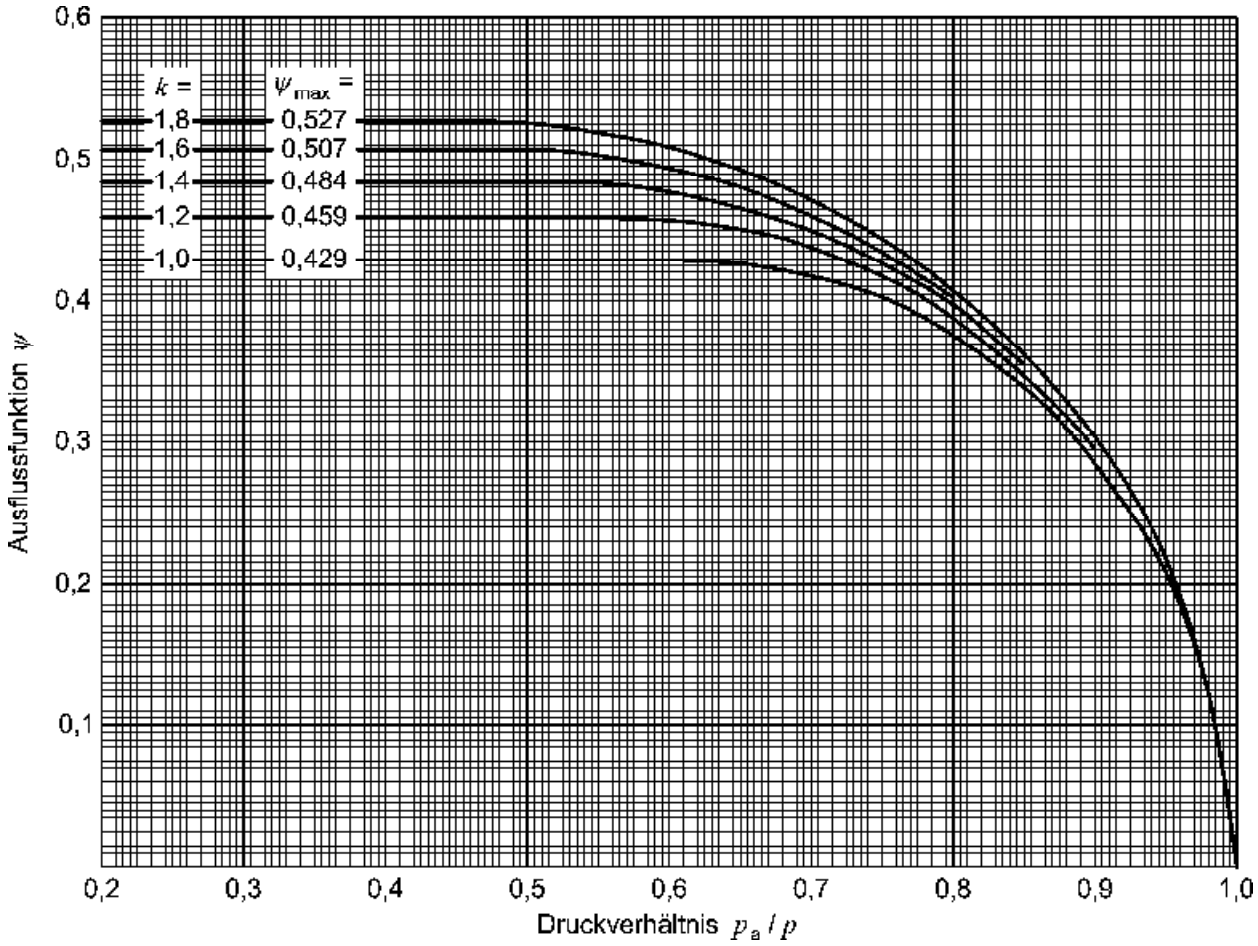


Bild 3 — Ausflussfunktion

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

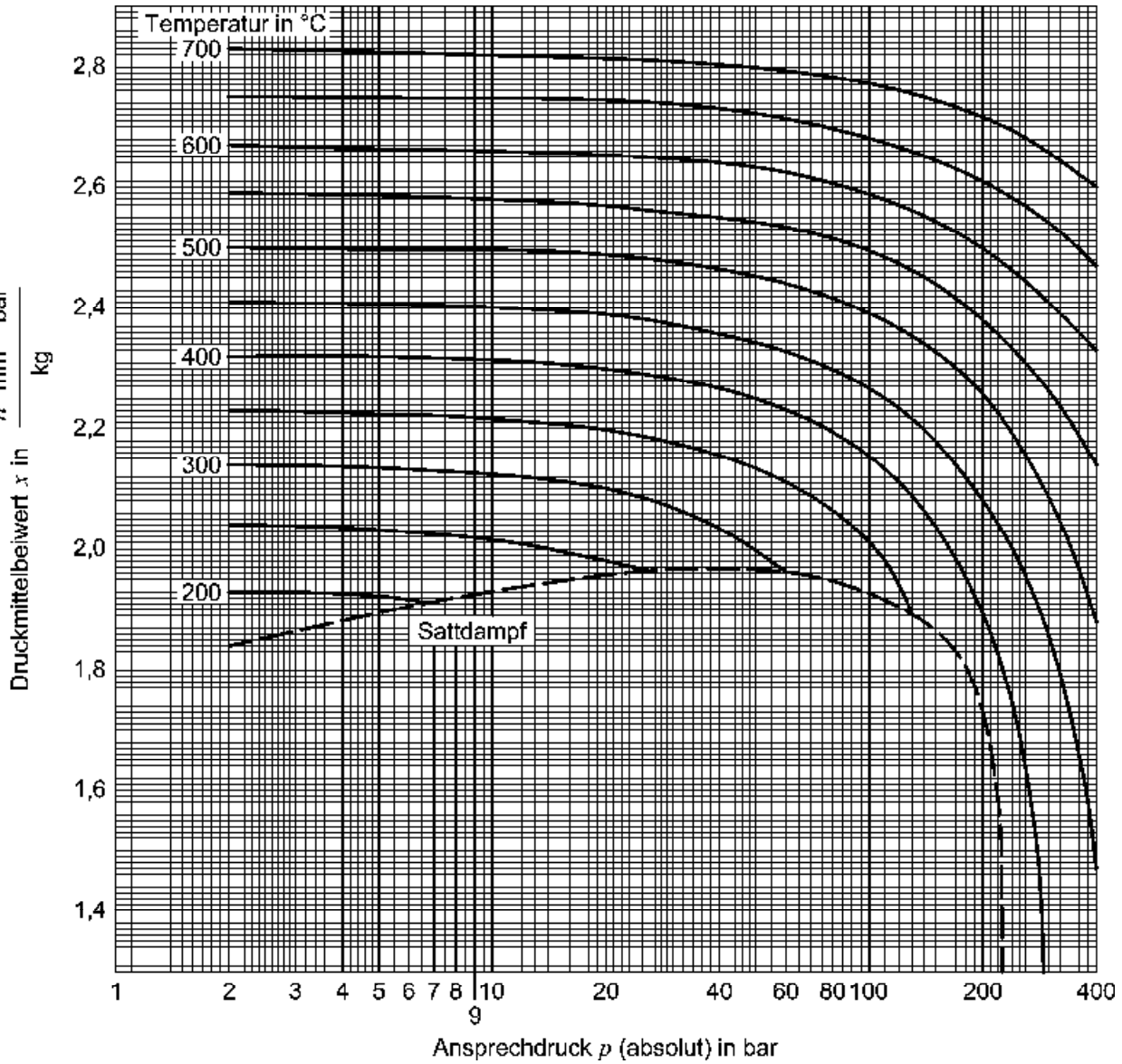
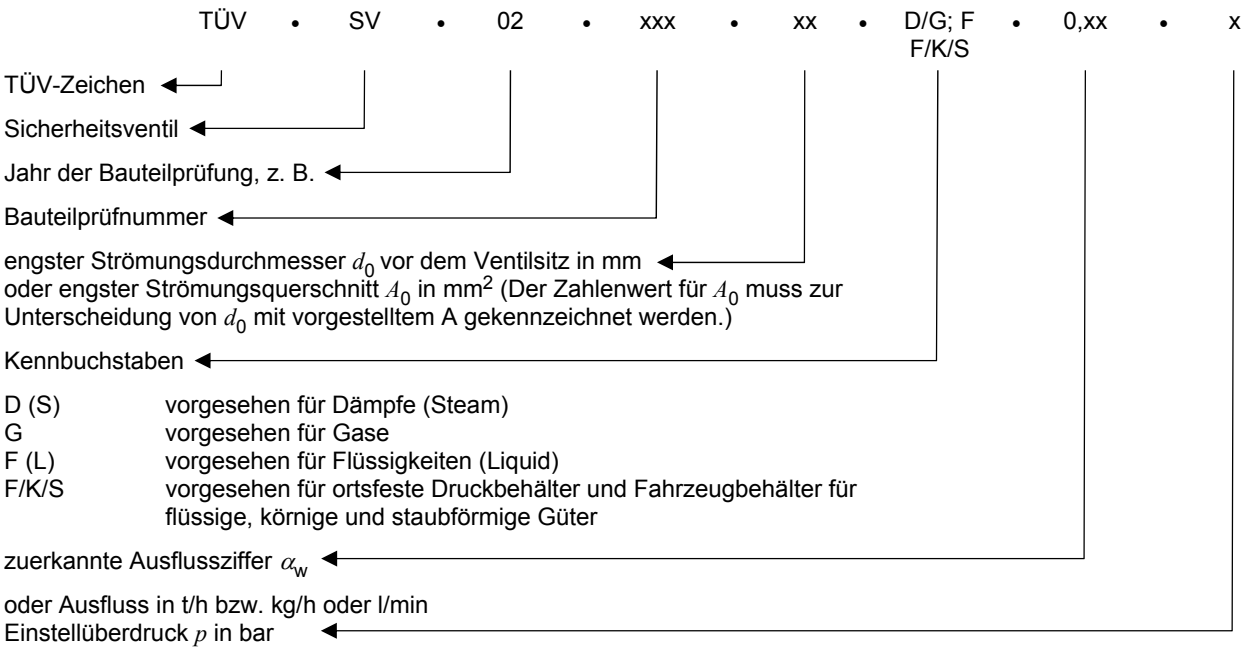


Bild 4 — Druckmittelbeiwert x für Wasserdampf

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



Bei Sicherheitsventilen, die für verschiedene Medien geprüft werden, können mehrere Kennbuchstaben angegeben werden.

Bild 5 — Erläuterungen zu den Angaben innerhalb eines Bauteilkennzeichens

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2015**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	**Gehäuse von Ausrüstungsteilen**	**AD 2000-Merkblatt A 4**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Begriffsbestimmungen ... 2
3 Einstufung ... 2
4 Werkstoffe und Gestaltung ... 2
5 Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und damit verbundene Prüfungen ... 3
6 Prüfungen der Gehäuse ... 6
7 Kennzeichnung ... 6
8 Bescheinigungen der fertiggestellten Ausrüstungsteile ... 7
Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt A 4 ... 8

Ersatz für Ausgabe August 2013; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Gehäuse von druckhaltenden Ausrüstungsteilen und für Gehäuse von Ausrüstungsteilen mit Sicherheitsfunktion für Druckbehälter und Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Druck (PS) von über 0,5 bar.

Die Abschnitte 4 bis 8 dieses AD 2000-Merkblattes, ausgenommen Abschnitt 6.4.1, gelten nicht für Gehäuse von Ausrüstungsteilen in Kälteanlagen und Wärmepumpenanlagen; siehe hierzu AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 14 „Druckbehälter in Kälteanlagen und Wärmepumpenanlagen“.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Gehäuse von Ausrüstungsteilen sind drucktragende Gehäuse und weisen eigenständige Druckräume auf. Zu den drucktragenden Gehäusen gehören die kraftaufnehmenden Verbindungselemente, die die druckbeaufschlagten Gehäuseteile zusammenhalten.

2.2 Armaturen sind z. B. Schieber, Ventile, Hähne, Klappen.

2.3 Die Nennweite (DN) eines Gehäuses von Ausrüstungsteilen ist eine numerische Größenbezeichnung. Es handelt sich um eine gerundete Zahl, die als Nenngröße dient und näherungsweise mit den Fertigungsmaßen in Beziehung steht.

2.4 Der Rauminhalt V eines Gehäuses von Ausrüstungsteilen ist die geometrische Größe des Hohlraumes bei freigegebenem Strömungsquerschnitt, beginnend an der nächstliegenden lösbaren Verbindung oder an Verbindungen, die anstelle lösbarer Verbindungen verwendet sind, abzüglich des Volumens fester Einbauten.

2.5 „Fluide“ sind Gase, Flüssigkeiten und Dämpfe als reine Phase sowie deren Gemische. Fluide können eine Suspension von Feststoffen enthalten.

2.6 Feste Einbauten sind alle Teile — auch Rohranordnungen oder andere Hohlkörper —, die für die vorgesehene Betriebsweise innerhalb des Druckraumes kraftschlüssig, formschlüssig oder unlösbar angebracht sind.

2.7 Ein Qualitätssicherungssystem stellt die vom Hersteller dokumentierte und verbindlich eingeführte Aufbau- und Ablauforganisation zur Durchführung der Qualitätssicherung sowie die dazu erforderlichen Mittel entsprechend den Anforderungen der Druckgeräte-Richtlinie (Prüfbausteine QS-System) dar.

3 Einstufung

Maßgebend für die Einstufung der Gehäuse von Ausrüstungsteilen in die Konformitätsbewertungsdiagramme sind ihr maximaler Druck (PS), die für sie maßgebliche Nennweite (DN) bzw. das Volumen (V) und die Gruppe der Fluide, für die sie bestimmt sind. In einigen Fällen werden sowohl das Volumen (V) als auch die Nennweite (DN) als geeignet gehalten. In diesen Fällen muss das Ausrüstungsteil in die höhere Kategorie eingestuft werden. Bei Armaturen ist normalerweise die Nennweite (DN) besser geeignet.

Es gelten die Diagramme der Druckgeräte-Richtlinie. Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion fallen unter die Kategorie IV. Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, die für spezifische Druckgeräte hergestellt werden, können in dieselbe Kategorie wie das zu schützende Druckgerät eingestuft werden.

4 Werkstoffe und Gestaltung

Die Werkstoffe und die Gestaltung müssen entsprechend dem Verwendungszweck wie Druck- und Temperaturbeanspruchung und Beschickungsgut (Fluide) gewählt werden; insbesondere sind dynamische Beanspruchungen, z. B. Druckstöße, oder schwellende Belastungen zu beachten.

4.1 Allgemeine Grundsätze für Hersteller und Werkstoffe

Der Hersteller von Werkstoffen und die Werkstoffe für drucktragende Gehäuse von Ausrüstungsteilen müssen die Anforderungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W erfüllen. Für Gehäuse von Ausrüstungsteilen der Kategorie I können die Anforderungen sinngemäß angewendet werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.2 Geeignete Werkstoffe

Für Gehäuse von Ausrüstungsteilen dürfen innerhalb der jeweils angegebenen Anwendungsgrenzen folgende Werkstoffe verwendet werden:

(1) unlegierte und legierte Stahlsorten nach den AD 2000-Merkblättern W 1, W 4, W 7, W 8, W 9, W 12 und W 13,

(2) austenitische und austenitisch-ferritische Stahlsorten nach AD 2000-Merkblatt W 2,

(3) Stahlguss nach AD 2000-Merkblatt W 5,

(4) Gusseisen mit Kugelgrafit nach AD 2000-Merkblatt W 3/2,

(5) Aluminium und Aluminiumlegierungen, Knetwerkstoffe nach AD 2000-Merkblatt W 6/1,

(6) Kupfer und Kupferlegierungen, Knetwerkstoffe nach AD 2000-Merkblatt W 6/2 und

(7) nichtmetallische Werkstoffe nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe N.

Bei Betriebstemperaturen unter −10 °C ist zusätzlich AD 2000-Merkblatt W 10 zu beachten.

Andere Werkstoffe dürfen verwendet werden, sofern ihre Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck festgestellt worden ist. Die Feststellung kann anhand von Einzelgutachten ggf. unter Berücksichtigung von Betriebsbewährungen getroffen werden; für Gehäuse von Ausrüstungsteilen der

— Kategorien I + II: durch den Hersteller,

— Kategorien III + IV: durch die zuständige unabhängige Stelle.

4.3 Prüfung der Werkstoffe und deren Nachweis

4.3.1 Für Werkstoffe für Gehäuse von Ausrüstungsteilen der Kategorien II bis IV ergibt sich der Prüfumfang aus den Anforderungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W.

Der Nachweis der Prüfung erfolgt für Werkstoffe für Gehäuse von Ausrüstungsteilen:

— der Kategorien III und IV gemäß Anforderungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W,

— der Kategorie II mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204,

— der Kategorie I mit einem Werkszeugnis 2.2 nach DIN EN 10204.

4.3.2 Kugelgrafitguss mit einer Nennzugfestigkeit ≤ 400 N/mm^2 für Gehäuse von Ausrüstungsteilen der Kategorien III und IV mit DN ≤ 150 kann abweichend von AD 2000-Merkblatt W 3/2, Abschnitt 6 mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 geliefert werden, wenn der zuständigen unabhängigen Stelle vom Herstellerwerk der Nachweis gleichmäßiger und fehlerfreier Fertigung erbracht worden ist.

5 Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und damit verbundene Prüfungen

Die Hersteller und die Herstellung von Gehäusen von Ausrüstungsteilen müssen die Anforderungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe HP erfüllen. Für die Kategorie I können die Anforderungen sinngemäß angewendet werden.

5.1 Die Anwendung der Hinweise für die Gestaltung im AD 2000-Merkblatt HP 1 erfolgt für Gehäuse von Ausrüstungsteilen sinngemäß. Die Auslegung der Gehäuse von Ausrüstungsteilen erfolgt nach DIN EN 12516-2 unter Beibehaltung der Sicherheitsbeiwerte aus AD 2000-Merkblatt B 0.

5.2 Bei gleichbleibender mechanischer Fertigung von Gehäusen von Ausrüstungsteilen durch Rundnähte kann auf die Prüfung geschweißter Arbeitsproben nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2 unter folgenden Bedingungen verzichtet werden:

(1) Das Gehäuse von Ausrüstungsteilen ist aus einem Werkstoff der Prüfgruppe 1 oder 6 nach AD 2000-Merkblatt HP 0 und

(2) die Schweißprozesse

— Wolfram-Schutzgasschweißen,

— Lichtbogenhandschweißen,

— Unterpulverschweißen,

— Metall-Schutzgasschweißen mit Fülldrahtelektroden

werden einzeln oder in Kombination angewendet.

Die zuständige unabhängige Stelle überzeugt sich durch Stichproben von der Einhaltung der Bedingungen und den Ergebnissen der zerstörungsfreien Prüfung.

6 Prüfungen der Gehäuse

6.1 Folgende Prüfungen sind bei Gehäusen von Ausrüstungsteilen erforderlich:

(1) spannungstechnische Beurteilung und sicherheitstechnische Konstruktionsprüfung,

(2) Besichtigung des fertigen Gehäuses auf Fehler,

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(3) Überprüfung des fertigen Gehäuses auf Maßhaltigkeit gemäß den Unterlagen nach (1),

(4) Festigkeitsprüfung P 10 nach DIN EN 12266-1[1]. Der Prüfdruck beträgt bei Armaturen mit Druck/Temperatur-Zuordnungen das 1,5-Fache des maximal zulässigen Druckes bei 20 °C. Bei Armaturen mit Auslegung ausschließlich für PS und TS ist der Prüfdruck nach AD 2000-Merkblatt HP 30 zu bestimmen. Bestehen Gehäuse von Ausrüstungsteilen aus unterschiedlichen Werkstoffen und/oder sind den Bauteilen des Gehäuses unterschiedliche Berechnungstemperaturen zugeordnet, so kann das Streckgrenzenverhältnis nach AD 2000-Merkblatt HP 30, Abschnitt 4.17 ermittelt werden. Bei der Prüfung von Gehäusen mit Auskleidungen ist zusätzlich das AD 2000-Merkblatt HP 30, Abschnitt 4.18 zu beachten. Bei Prüfung mit gasförmigen Medien ist das AD 2000-Merkblatt HP 30, Abschnitt 4.19 zu beachten,

(5) zerstörungsfreie Prüfungen der Erzeugnisformen für Gehäuse von Ausrüstungsteilen und der Schweißnähte an drucktragenden Wandungen und

(6) Prüfung auf Werkstoffverwechselung bei allen Gehäuseteilen aus legierten Werkstoffen.

6.2 Bei der spannungstechnischen Beurteilung und der sicherheitstechnischen Konstruktionsprüfung nach Abschnitt 6.1 (1) werden die

(1) ausreichende Bemessung nach Abschnitt 5.1 unter Beachtung der Festigkeitskennwerte aus den AD 2000-Merkblättern der Reihe W bzw. den Eignungsfeststellungen für die verwendeten Werkstoffe,

(2) sicherheitstechnisch einwandfreie Gestaltung,

(3) Verwendung geeigneter Werkstoffe und

(4) sachgemäße Verarbeitung der Werkstoffe

geprüft.

Falls die Beanspruchung nach Abschnitt 6.1 (1) nicht durch Berechnung ermittelt werden kann, ist — insbesondere bei Verwendung von sonstigen Werkstoffen — eine Messung der Verformung oder ein Berstversuch als Stichprobe erforderlich. Bei diesem Versuch ist die Einhaltung des nach AD 2000-Merkblatt B 0 bei der Berechnung anzuwendenden Sicherheitsbeiwertes nachzuweisen, und zwar gegen Verformung bei der Berechnung nach der Streckgrenze oder Dehngrenze ($R_{p0,2}$, $R_{p1,0}$) und gegen Bruch bei der Berechnung nach der Zugfestigkeit. Die experimentelle Auslegung[2] ohne Berechnung ist in Abstimmung mit der zuständigen unabhängigen Stelle nach AD 2000-Merkblatt S 5 oder gleichwertigen Regelwerken durchzuführen.

6.3 Für die zerstörungsfreien Prüfungen der Erzeugnisformen für Gehäuse von Ausrüstungsteilen und der Schweißnähte an drucktragenden Wandungen nach Abschnitt 6.1 (5) sind die nachfolgenden Festlegungen zu beachten.

6.3.1 Erzeugnisformen

(1) Stahlsorten nach Abschnitt 4.2 (1) und (2).

Die Erzeugnisformen sind wie folgt zu prüfen:

Ultraschallprüfung:

a) Bleche nach AD 2000-Merkblatt W 1 ultraschallgesamtgeprüft,

b) Rohre nach AD 2000-Merkblatt W 2 bzw. W 4,

c) Flansche nach AD 2000-Merkblatt W 9,

d) nahtlose Hohlkörper nach AD 2000-Merkblatt W 12,

e) Schmiedestück nach AD 2000-Merkblatt W 13,

f) gewalzter Stab- bzw. Formstahl, Durchmesser oder Kantenlänge $s \geq 30$ mm,

Rasterprüfung nach DIN EN 10308:

Abmessung	ferritischer, martensitischer Stahl	austenitischer, austenitisch-ferritischer Stahl
$s \leq 50$ mm	Qualitätsklasse 4	Qualitätsklasse 3
$s > 50$ mm bis ≤ 100 mm	Qualitätsklasse 3	Qualitätsklasse 2
$s > 100$ mm	Qualitätsklasse 2	Qualitätsklasse 1

Sofern eine Größenbestimmung von Inhomogenitäten erforderlich wird, erfolgt diese nach der –6-dB-Abfall-Technik.

1) Die Dichtheit des Ausrüstungsteiles in funktioneller Hinsicht ist nicht Gegenstand dieses AD 2000-Merkblattes. Die Anforderungen müssen im Rahmen der Bestellung vereinbart werden, siehe z. B. DIN EN 12266-1, Prüfung P 11, P 12 bzw. DIN EN 12266-2, P 20.

2) Siehe Druckgeräte-Richtlinie Anhang I, Abschnitt 2.2.2 und 2.2.4.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Oberflächenprüfung:

a) warm umgeformte Teilbereiche,

b) Gesenkschmiedestücke, ausgenommen solche mit einem Rohgewicht ≤ 30 kg, aus unlegierten Stählen, 16Mo3, 13CrMo4-5, X6CrNiTi18-10, X6CrNiMoTi17-12-2 und X6CrNiNb18-10. Im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle kann auch für den Werkstoff 10CrMo9-10 auf die Oberflächenprüfung verzichtet werden. Dieser Abschnitt gilt nicht für gesenkgeschmiedete Flansche nach AD 2000-Merkblatt W 9.

Zulässige Fehler: lineare Anzeigen ≤ 3 mm.

(2) Stahlgusssorten nach Abschnitt 4.2 (3).

Die Gehäuse von Ausrüstungsteilen werden nach Tafel 1, Gütestufe 2 geprüft. Für Gehäuse von Ausrüstungsteilen mit

— DN ≤ 150 und

— DN > 150, soweit deren Produkt aus Nennweite DN und maximal zulässigem Druck in bar die Zahl 20000 nicht übersteigt,

genügt Gütestufe 4 nach Tafel 1.

Anschweißenden bei Gehäusen von Ausrüstungsteilen der Kategorien I bis IV werden nach Tafel 1, Gütestufe 1 geprüft. Als Anschweißende gilt bei Gehäusen ohne Vorschuhende ein Bereich von 40 mm.

Tafel 1 — Zuordnung der Gütestufen und Prüfumfänge

Gütestufe	Prüfumfang	den Prüfverfahren zugeordnete Gütestufen			
		PT[2)]	MT[3)]	RT[4)]	UT[5)]
1[1)]	100 %	SP1, CP1	SM1	1	1
2	100 %	SP2, CP2, LP2, AP2	SM2, LM2, AM2	2	2
4	1. Prototyp: 100 % 2. Serie: stichprobenweise Prüfung der am Prototyp erkannten kritischen Bereiche oder der allgemein gießtechnisch schwierigen Stellen. Die Oberflächenprüfung erfolgt an allen Teilen.	SP4, CP4, LP4, AP4	SM3, LM3, AM3	4	3

1) Bei der Oberflächenprüfung sind lineare Anzeigen oder in Reihe angeordnete Anzeigen unzulässig.
2) Eindringprüfung PT nach DIN EN 1371-1 oder DIN EN 1371-2.
3) Magnetpulverprüfung MT nach DIN EN 1369.
4) Durchstrahlungsprüfung RT nach DIN EN 12681/Zulässigkeitskriterien nach Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt A 4.
5) Ultraschallprüfung UT nach DIN EN 12680-2.

(3) Gusseisen mit Kugelgrafit nach Abschnitt 4.2 (4).

Die Prüfung erfolgt nach Vereinbarung mit dem Besteller.

(4) Werkstoffe nach Abschnitt 4.2 (5) bis (7) sind nach dem zutreffenden AD 2000-Merkblatt zu prüfen.

(5) Andere Werkstoffe nach Abschnitt 4.2.

Bei Gehäusen von Ausrüstungsteilen der

— Kategorien I + II: Prüfung/Prüfart erfolgt entsprechend der Eignungsfeststellung durch den Hersteller,

— Kategorien III + IV: Prüfung erfolgt entsprechend der Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle.

6.3.2 Schweißnähte an drucktragenden Wandungen

(1) Die Schweißnähte der Gehäuse von Ausrüstungsteilen der Kategorien I bis III sind nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 zu prüfen. Hinsichtlich des Prüfumfangs gelten die Anforderungen des AD 2000-Merkblattes HP 5/3, mindestens aber 10 %. Dieser Mindestprüfumfang von 10 % gilt jedoch nicht, wenn es sich um unlegierte Werkstoffe oder Werkstoffe der Prüfgruppe 6 gemäß AD 2000-Merkblatt HP 0 handelt und die Nennweite des Gehäuses des Ausrüstungsteiles DN 100 nicht überschreitet.

(2) Alle Schweißnähte der Gehäuse von Ausrüstungsteilen der Kategorie IV sind auf der gesamten Länge 100 % zerstörungsfrei zu prüfen. Soweit es sich dabei um Stutzennähte nach Bild 1 handelt, ist eine Volumenprüfung erforderlich. Abweichend hiervon genügt bei Stutzen $d_{Ai} < 50$ mm und $\frac{d_{Ai}}{d_i} < 0{,}1$ eine Oberflächenprüfung.

Prüfverfahren, Prüfklasse und Beurteilung gemäß AD 2000-Merkblatt HP 5/3.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

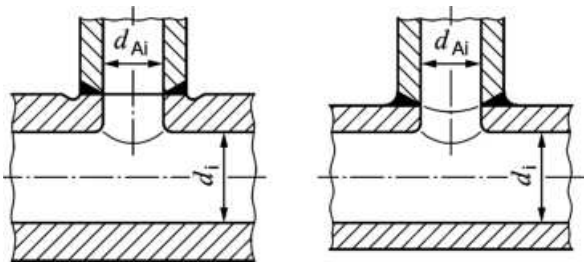


Bild 1 — Stutzennähte, Beispiel

6.4 Durchführung der Prüfungen

6.4.1 Die Prüfungen sind durchzuführen bei Gehäusen von Ausrüstungsteilen

(1) der Kategorien I bis III: entsprechend den Festlegungen in den Konformitätsbewertungsverfahren gemäß Anhang III der Druckgeräte-Richtlinie. Es kann auch eine Einzelprüfung (Modul G) durch die zuständige unabhängige Stelle erfolgen,

(2) der Kategorie IV: von der zuständigen unabhängigen Stelle.

6.4.2 Die zerstörungsfreien Prüfungen nach Abschnitt 6.1 (5) werden in der Regel durchgeführt und bewertet vom

— Erzeugnisformhersteller an den Erzeugnisformen und/oder

— Hersteller der Gehäuse an Schweißnähten von drucktragenden Wandungen.

Der Nachweis ist durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu erbringen. Bei den Erzeugnisformen für Gehäuse von Ausrüstungsteilen der Kategorie IV werden die Prüfergebnisse abschließend von der zuständigen unabhängigen Stelle beurteilt.

6.4.3 Die Prüfung auf Werkstoffverwechselung nach Abschnitt 6.1 (6) führt der Hersteller der Gehäuse von Ausrüstungsteilen durch.

6.5 Nachweis der Prüfungen

6.5.1 Bei Gehäusen von Ausrüstungsteilen der Kategorien I bis III müssen die Prüfungen durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 nachgewiesen sein.

Dabei genügt es, wenn dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 eine listenförmige Zusammenstellung der entsprechenden Werkstoffnachweise beigefügt wird.

6.5.2 Abweichend von Abschnitt 6.5.1 genügt es, wenn der Hersteller von Gehäusen von Ausrüstungsteilen der Kategorie I mit Nennweiten ≤ 50 das Kennzeichen des Herstellerwerkes anbringt.

6.5.3 Bei Gehäusen von Ausrüstungsteilen der Kategorie IV müssen Prüfungen durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 nachgewiesen sein. Das Abnahmeprüfzeugnis 3.2 muss die Werkstoffnachweise der Ausgangswerkstoffe entsprechend den AD 2000-Merkblättern der Reihe W enthalten (siehe Abschnitt 4.3). Für Sicherheitsventile mit Bauteilprüfung nach AD 2000-Merkblatt A 2 erfolgt der Nachweis der Prüfungen durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1, sofern bei der Bauteilprüfung keine anderen Festlegungen getroffen wurden.

6.5.4 Für die zerstörungsfreien Prüfungen der Erzeugnisform für Gehäuse von Ausrüstungsteilen und der Schweißnähte an drucktragenden Wandungen und deren Nachweis siehe Abschnitt 6.4.2.

7 Kennzeichnung

7.1 Gehäuse von Ausrüstungsteilen müssen dauerhaft gekennzeichnet sein mit

(1) dem Zeichen des Gussherstellers sowie dem Zeichen des Herstellers (Firma, die die Bearbeitung, Montage und Prüfung der Ausrüstungsteile übernimmt),

(2) der Werkstoffbezeichnung,

(3) — dem Nenndruck (PN) oder
— dem maximal zulässigen Druck (PS) sowie der zulässigen minimalen/maximalen Temperatur (TS),

(4) der Nennweite (DN),

(5) der Typ-Nr. bei EG-Baumusterprüfung,

(6) dem Herstelljahr.

7.2 Das fertige Ausrüstungsteil ist zusätzlich mit der CE-Kennzeichnung und der Kennnummer der zuständigen unabhängigen Stelle zu kennzeichnen, sofern von der Druckgeräte-Richtlinie vorgesehen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8 Bescheinigungen der fertiggestellten Ausrüstungsteile

8.1 Die erforderlichen Konformitätsbescheinigungen und Konformitätserklärungen werden entsprechend den Festlegungen der gewählten Module ausgestellt.

(1) Die Konformitätsbescheinigung der zuständigen unabhängigen Stelle stellt das Ergebnis der an dem Druckgerät vorgenommenen Prüfungen und seine Übereinstimmung mit den entsprechenden Anforderungen der Druckgeräte-Richtlinie dar.

(2) Die Konformitätserklärung des Herstellers erfolgt gemäß der Druckgeräte-Richtlinie.

8.2 Die Betriebsanleitung ist, sofern erforderlich, gemäß Anhang I der Druckgeräte-Richtlinie zu erstellen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt A 4

Tafel A.1 — Höchstzulässige Anzeigenmerkmale bei der Durchstrahlungsprüfung RT

Fehler				Höchstzulässige Fehler für Gütestufen		
Art	Kenn-buchstabe nach ASTM[1)]	bei Wanddicken in mm	Beurteilung nach ASTM[1)]	1	2[2)]	4[2)]
Gasblasen	A	bis 51 über 51 bis 114 über 114 bis 305	E446 E186 E280	A1 A1 A1	A3 A3 A3	A4 A4 A4
Nichtmetallische Einschlüsse	B	bis 51 über 51 bis 114 über 114 bis 305	E446 E186 E280	B1 B1 B1	B3 B3 B3	B4 B4 B4
Lunker	C	bis 51 über 51 bis 114 über 114 bis 305	E446 E186 E280	Ca1, Cb1, Cc1, Cd1, Ca1, Cb1, Cc1 Ca1, Cb1, Cc1	Ca2, Cb2, Cc2, Cd2, Ca3, Cb2, Cc2 Ca2, Cb2, Cc2	Ca4, Cb4, Cc4, Cd4, Ca4, Cb4, Cc4 Ca4, Cb4, Cc4
Risse	D + E			unzulässig	unzulässig[3)]	unzulässig[3)]
Kernstützen und Kühleisen	F	bis 51 über 51 bis 114 über 114 bis 305	E446 E186 E280	unzulässig unzulässig unzulässig	unzulässig unzulässig unzulässig	F1[4)] F1[4)] F1[4)]

1) Titel: ASTM-E446 – Reference radiographs for steel castings up to 2 in. (51 mm) in thickness,
ASTM-E186 – Reference radiographs for heavy walled (2 to 4 1/2 in. (51 to 114 mm)) steel castings sowie
ASTM-E280 – Reference radiographs for heavy walled (4 1/2 to 12 in. (114 to 305 mm)) steel castings.

2) Wenn z. B. durch Ultraschallprüfungen nachgewiesen wird, dass sich Fehler in der Kernzone (siehe Bild A.1) befinden, so gelten die Angaben für die zahlenmäßig höhere Gütestufe (z. B. 3 statt 2), sofern in der Bestellung nichts Gegenteiliges festgelegt ist.

3) Sofern nicht durch bruchmechanische Untersuchungen die Unbedenklichkeit der Risse nachgewiesen wird.

4) Kernstützen dürfen vorhanden sein, müssen jedoch rissfrei an der Oberfläche verschweißt werden.

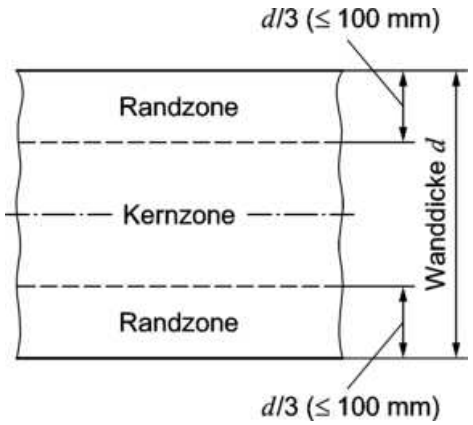


Bild A.1 — Wandeinteilung in Zonen
(Die Einteilung bezieht sich auf die Dicke d des fertigen Gussstückes.)

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	Öffnungen, Verschlüsse und Verschlusselemente	AD 2000-Merkblatt A 5

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Öffnungen
3 Verschlüsse
4 Verschlusselemente
5 Werkstoffe, Berechnung und Herstellung von Verschlüssen und Verschlusselementen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Öffnungen, Verschlüsse und für Verschlusselemente von Druckbehältern. Es beinhaltet die Anforderungen an Art und Abmessung von Öffnungen zur Durchführung von Prüfungen. Anforderungen an Anzahl und Lage von Öffnungen enthält die Anlage 1 zu diesem AD 2000-Merkblatt.

Weiterhin sind die Anforderungen an Verschlüsse und Verschlusselemente angegeben.

1.2 Soweit für besondere Druckbehälter andere Bestimmungen gelten, sind diese in dem AD 2000-Merkblatt A 801[1]) enthalten.

2 Öffnungen

2.1 Allgemeine Anforderungen

2.1.1 Druckbehälter müssen mit Öffnungen versehen sein, die nach Art, Abmessung, Anzahl und Lage die Durchführung von Prüfungen ermöglichen. Hierbei handelt es sich um Mannlöcher (Einsteig- und Befahröffnungen) und Besichtigungsöffnungen (Kopflöcher, Handlöcher und Schaulöcher).

[1]) In Vorbereitung unter Berücksichtigung der DGR (97/23/EG) durch Einarbeitung der sachlich notwendigen Beschaffenheitsanforderungen aus den geltenden TRB

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.1.2 Mannlöcher und Besichtigungsöffnungen sind nicht erforderlich, wenn die Prüfungen auf andere Weise, z. B. über Stutzen, Rohranschlüsse oder andere lösbare Teile, möglich sind.

2.1.3 Mannlöcher und Besichtigungsöffnungen sind nicht erforderlich, wenn sie aufgrund der Bauart des Druckbehälters (z. B. Röhrenapparate, Plattenwärmetauscher, Heiz- und Kühlmäntel, Rohranordnungen) oder der Betriebsweise und des Beschickungsgutes nicht möglich oder nicht zweckdienlich sind.

2.1.4 Gegebenenfalls sind der Anhang V Nr. 1.2.1.3 der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sowie die berufsgenossenschaftlichen Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen (Bestell-Nr. ZH 1/77 beim Carl Heymanns Verlag, Köln) zu beachten.

2.2 Art und Abmessungen der Öffnungen

Nur bei Einsteig- und Befahröffnungen dürfen die in der nachfolgenden Tafel 1 angegebenen Mindestmaße der lichten Weite durch Beläge oder Auskleidungen um höchstens 20 mm verringert werden. Die Stutzen- bzw. Ringhöhe der Öffnungen umfasst die größte zu durchfahrende bzw. die Sicht behindernde Höhe.

Tafel 1. Übersicht über Anforderungen und Abmessungen von Öffnungen

Art der Öffnung	lichte Weite/ Nennweite/DN mindestens		Stutzen- oder Ringhöhe	Begriffsbestimmung und Anforderungen
	rund (mm)	oval (mm)	höchstens (mm)	
Einsteigöffnung				Einsteigen in den Behälter unter Verwendung von Hilfsgeräten und persönlicher Schutzausrüstung muss möglich sein;
normal	DN 600	–	–	
minimal	DN 500	–	250	nur, wenn konstruktiv unumgänglich
Befahröffnung in besonderen Fällen	450	350 × 450	150	z. B. nach Anhang V Nr. 1 GefahrstoffV bzw. berufsgenossenschaftlichen Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen (Bestell.-Nr. ZH 1/77 beim Carl Heymanns Verlag, Köln) bei Behältern bis 10 m^3 Inhalt **und** wenn mindestens eine zusätzliche Belüftungsöffnung von mindestens DN 100 vorhanden ist
Befahröffnung				
normal	420 420	320 × 420 320 × 420	150 gerade 175 konisch	Befahren des Behälters ohne persönliche Schutzausrüstung und Hilfsgeräte muss möglich sein, konische Ausführungen dürfen Befahrmöglichkeit nicht beeinträchtigen;
minimal	400 400	300 × 400 300 × 400	150 gerade 175 konisch	nur, wenn konstruktiv unumgänglich; Verengungen durch Beschichtung oder Auskleidung sind unzulässig
Kopfloch	320	220 × 320	120	Öffnung, durch die Kopf, ein Arm und eine Lichtquelle gleichzeitig in den Behälter eingeführt werden können
Handloch	120 120	100 × 150 100 × 150	65 gerade 100 konisch	Öffnung, durch die Handlampe und Hand gleichzeitig in den Behälter eingeführt werden können; werden die Höchstmaße von Stutzen- oder Ringhöhe aus konstruktiven Gründen überschritten, ist die Öffnung so weit zu vergrößern, dass der Sichtbereich erhalten bleibt
Schauloch	50	–	50	Öffnung, durch die mittels einer besonderen Beleuchtungseinrichtung das Innere eines Behälters besichtigt werden kann; geringere Durchmesser oder größere Stutzenhöhen sind nur zulässig, wenn sie konstruktiv unumgänglich sind und der Sichtbereich erhalten bleibt bzw. die Prüfung durch zusätzliche Maßnahmen (Bereitstellen geeigneter Besichtigungsgeräte) ermöglicht wird

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.3 Lage und Zugänglichkeit der Öffnungen

2.3.1 Die Lage der Öffnungen am Behälter muss zweckmäßig sein und ihrer Bestimmung entsprechen; auch innerhalb der Behälter muss der für das Einsteigen, Befahren oder Besichtigen und ggf. der für die Rettung von Menschen aus dem Behälter notwendige Raum vorhanden sein. In der Regel muss bei ovalen Öffnungen in etwa senkrechter Wand die große Achse waagerecht angeordnet sein.

2.3.2 Erfordert das Einsteigen, Befahren oder Besichtigen durch die Öffnungen besondere Hilfsmittel (z. B. Leitern, Bühnen, Haltegriffe), so sind diese entweder konstruktiv vorzusehen oder zum Zeitpunkt der Prüfung betreiberseitig bereitzustellen. Dies gilt auch für das Abnehmen schwer handhabbarer Verschlussdeckel.

3 Verschlüsse

3.1 Begriffsbestimmungen

3.1.1 Verschlüsse sind z. B. Blindflansche, von innen eingesetzte Deckel, Deckel mit besonderen Verschlusselementen, Bügelverschlüsse und Schnellverschlüsse. Sie stellen den direkten Abschluss zu der den Druckbehälter umgebenden Atmosphäre her.

3.1.2 Als Schnellverschluss gelten alle Verschlussarten, die gegenüber Verschlüssen mit einzeln zu betätigenden Verschlusselementen verkürzte Öffnungs- bzw. Schließzeiten haben. Ausgenommen hiervon sind Bügelverschlüsse.

3.1.2.1 Verriegelte Schnellverschlüsse sind solche, bei denen der Öffnungsvorgang bzw. die Druckaufgabe so verriegelt ist, dass unzulässige Funktionsabläufe nicht möglich sind.

3.1.2.2 Nicht verriegelte Schnellverschlüsse sind solche, die die Bedingungen für verriegelte Schnellverschlüsse nicht erfüllen.

3.1.3 Als Bügelverschluss gilt ein von außen aufliegender Deckel, der am Druckbehälter einseitig gehalten und mit einem Verschlusselement, z. B. einer Spannschraube, geschlossen wird.

3.1.4 Deckel mit besonderen Verschlusselementen haben mindestens zwei ohne Werkzeug einzeln zu betätigende Verschlusselemente.

3.2 Allgemeine Anforderungen

3.2.1 Verschlüsse müssen so beschaffen sein, dass sie für den Verwendungszweck geeignet sind und unter Betriebsbeanspruchung nicht versagen können, d. h. dass auch ein selbsttätiges Öffnen unter Druck ausgeschlossen ist.

3.2.2 Druckbeanspruchte Teile von Verschlüssen nach Abschnitt 3.1.1 sind Bestandteil der Prüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 511[1]) und HP 512[1]).

3.2.3 Besteht eine Gefahr durch Siedeverzug des Beschickungsgutes, z. B. beim Sterilisieren von mit Flüssigkeit gefüllten Behältnissen in Druckbehältern, so muss gewährleistet sein, dass der Druckbehälter erst geöffnet werden kann, wenn die Temperatur der Flüssigkeit ausreichend unter die zum Atmosphärendruck gehörende Siedetemperatur abgesunken ist. Diese Forderung ist z. B. durch eine thermische Sicherung erfüllt.

3.2.4 Von innen eingesetzte Deckel dürfen nicht an Druckbehältern mit gefährlichem Beschickungsgut, z. B. Stoffen nach Gefahrstoffverordnung, verwendet werden.

3.2.5 Bei von innen eingesetzten Deckeln, die mittels Bügel und Zentralverschraubung befestigt werden, darf das Spiel gegenüber dem Rand der Öffnung – ringsum gleichmäßig verteilt – bei Behältern mit Betriebsüberdrücken bis einschließlich 32 bar 3 mm, über 32 bar 2 mm nicht übersteigen. Ein Herausdrücken der Dichtung muss verhindert sein. Dies gilt als erfüllt, wenn Metall oder metallumsponnene Dichtungen verwendet sind oder wenn solche Deckel auf der Seite mit dem niedrigeren Druck einen Wulst, einen Bund oder eine Wölbung haben. Bei Blechpressteilen mit Wulst oder Wölbung müssen diese mindestens 5 mm höher als die Dicke der Dichtung sein.

3.3 Zusätzliche Anforderungen an Bügelverschlüsse, Schnellverschlüsse und Deckel mit besonderen Verschlusselementen

3.3.1 Bügelverschlüsse müssen so beschaffen sein, dass der Deckel zwangsweise angelüftet wird, bevor das Verschlusselement den Deckel freigibt. Dies wird z. B. durch Bügelverschlüsse nach DIN 28 126 erfüllt. Bügelverschlüsse für Öffnungen, deren größte lichte Weite 500 mm überschreitet, müssen den Anforderungen für Schnellverschlüsse genügen.

3.3.2 Schnellverschlüsse müssen so beschaffen sein, dass ein Öffnen unter Druck ausgeschlossen ist.

Bei Verschlüssen, bei denen aufgrund der Geometrie durch den Innendruck eine Kraftkomponente in Öffnungsrichtung auf den Verschluss wirksam werden kann, ist eine Sperreinrichtung erforderlich; diese ist so zu bemessen, dass auch ohne Selbsthemmung ein Öffnen sicher verhindert wird. Bei nicht verriegelten Schnellverschlüssen muss die Druckwarneinrichtung nach Abschnitt 3.3.4 mit der Sperreinrichtung verbunden sein. Bei verriegelten Schnellverschlüssen ist die Sperreinrichtung entsprechend Abschnitt 3.3.7 in die Verriegelung einzubeziehen.

3.3.3 Die Eignung und die Zuverlässigkeit von Schnellverschlüssen sind nachzuweisen. Bei verriegelten Schnellverschlüssen an Druckbehältern erfolgt die Prüfung der Verriegelung durch eine Einzelprüfung oder eine Typprüfung. Die Prüfung der Funktionsfähigkeit von Schnellverschlüssen erfolgt im Rahmen der Abnahme des Druckbehälters nach AD 2000-Merkblatt HP 513[1]).

3.3.4 Nicht verriegelte Schnellverschlüsse müssen eine Druckwarneinrichtung haben, die mit dem Verschlusssystem so verbunden ist, dass das Öffnen des Schnellverschlusses erst erfolgen kann, wenn die Druckwarneinrichtung geöffnet ist.

Die Druckwarneinrichtung darf erst geschlossen werden können, wenn der Schnellverschluss vollständig geschlossen ist.

Das Schließen des Deckels bzw. der Verschlusselemente bei geschlossener Druckwarneinrichtung ist auszuschließen.

Die Druckwarneinrichtung muss einen lichten Durchmesser von mindestens 8 mm haben. Wenn Verstopfungsgefahr besteht, sind besondere Maßnahmen erforderlich. Die Druckwarneinrichtung muss reinigbar, z. B. durchstoßbar, sein und gefahrlos ausmünden. Ein angeschlossenes Ausblaserohr darf nicht absperrbar sein und den Querschnitt nicht verengen. Es muss ohne wesentlich strömungsbehindernde Krümmung geführt sein. Die Ausmündung muss im Sichtbereich des Bedienungspersonals liegen, oder es muss ein Durchströmen erkennbar sein.

3.3.5 Nicht verriegelte Schnellverschlüsse müssen so beschaffen sein, dass beim Öffnen ein Spalt gebildet wird,

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

über den der Druckbehälter gefahrlos entlastet werden kann, bevor der Deckel weiter geöffnet wird.

Bei Beschickungsgut, das zum Verkleben neigt, muss dieser Spalt im Zuge des Öffnens zwangsweise gebildet werden.

Bei der Bemessung der den Spalt begrenzenden Halterung sind auch dynamische Kräfte, z. B. beim Aufschlagen des Deckels, zu berücksichtigen.

3.3.6 Bei nicht verriegelten Schnellverschlüssen dürfen das Öffnen und die Druckaufgabe nur von Hand ausgeführt werden.

3.3.7 Bei verriegelten Schnellverschlüssen muss sichergestellt sein, dass das Öffnen des Verschlusses erst eingeleitet werden kann, wenn der Druckausgleich mit der Atmosphäre hergestellt ist.

Beim Schließen muss sichergestellt sein, dass der Druckbehälter erst unter Druck gesetzt werden kann, wenn der Verschluss vollständig geschlossen ist.

Bei elektrischen Komponenten von Verriegelungen sind die Anforderungen z. B. erfüllt, wenn DIN VDE 0116 beachtet wird. Dies gilt sinngemäß auch für nicht elektrische Komponenten.

3.3.8 Deckel mit besonderen Verschlusselementen müssen so beschaffen sein, dass beim Öffnen ein Spalt gebildet wird, über den der Druckbehälter gefahrlos entlastet werden kann, bevor der Deckel weiter geöffnet wird.

Bei Beschickungsgut, das zum Verkleben neigt, muss dieser Spalt zwangsläufig gebildet werden.

3.3.9 Das Erreichen der Endstellung sämtlicher Verschlusselemente muss erkennbar sein.

3.3.10 Bei Schnellverschlüssen an Druckbehältern mit ätzendem, sehr giftigem oder brennbarem Beschickungsgut ist die Dichtheit durch besondere konstruktive Maßnahmen, z. B. eine durch Fremddruck angepresste Dichtung, zu gewährleisten. Bei mit Fremddruck angepresster Dichtung darf der Beschickungsraum erst unter Druck gesetzt werden können, wenn die Dichtung mit dem Fremddruck beaufschlagt ist.

3.3.11 Alle Sicherheitseinrichtungen an Schnellverschlüssen sind so zu gestalten und anzubringen, dass

(1) sie vom Beschickungsgut nicht unwirksam gemacht werden können,

(2) die Funktionssicherheit durch die Umgebungseinflüsse nicht beeinträchtigt wird und

(3) Funktionsprüfungen und Wartung in angemessenen Zeitabständen möglich sind.

4 Verschlusselemente

4.1 Klammerschrauben

Klammerschrauben, die Verschlussdeckel und Gegenflansch umklammern, müssen bauteilgeprüft oder einer Einzelprüfung unterzogen werden (Richtlinien für die Bauteilprüfung von Klammerschrauben siehe Anlage 2). Sie müssen gegen Abgleiten gesichert und so am Behälter befestigt sein, dass sie beim Abklappen nicht abfallen können.

4.2 Klappschrauben

In Schlitze des Verschlussdeckels einzulegende klappbare Schrauben, z. B. Augenschrauben nach DIN 444, müssen gegen unbeabsichtigtes Abgleiten gesichert sein. Muttern und Unterlegscheiben müssen außerhalb des Schlitzes voll aufliegen.

5 Werkstoffe, Berechnung und Herstellung von Verschlüssen und Verschlusselementen

5.1 Die Anforderungen an Werkstoffe, Berechnung und Herstellung von Verschlussdeckeln, Flanschen, Schrauben und sonstigen drucktragenden Verschlussteilen sind bei Anwendung der entsprechenden AD 2000-Merkblätter erfüllt.

5.2 Die zulässige Flächenpressung, z. B. an den Knaggen von Bajonettverschlüssen aus Walzstahl, kann mit K_ϑ/1,0 angesetzt werden. Bei unbearbeiteten bzw. nicht mindestens geschlichtet eingepassten Flächen darf dabei höchstens 75 % der Flächen als tragend angenommen werden.

5.3 Die Schwächung der Verschlussteile durch Verschleiß oder Korrosion ist durch ausreichende Zuschläge zu den berechneten Abmessungen zu berücksichtigen.

5.4 Bei Verschlüssen mit mehreren Schließen sind die Verschlussteile so zu bemessen und zu bearbeiten, dass die einzelnen Teile im Betrieb gleichmäßig belastet werden.

5.5 Bei Verschlüssen mit mehr als drei Schließen muss bei der Berechnung die sich aus den vorliegenden Verhältnissen theoretisch ergebende Belastung eines Schließenteils um mindestens 20 % erhöht werden.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	**Hinweise für die Anordnung von Mannlöchern und Besichtigungsöffnungen**	**AD 2000-Merkblatt A 5 Anlage 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Allgemeines
2 Art, Anzahl und Anordnung der Öffnungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Allgemeines

1.1 Mannlöcher und Besichtigungsöffnungen müssen vor allem eine Beurteilung der Längs- und Rundschweißnähte sowie besonders beanspruchter und gefährdeter Stellen der Innenseite von Druckbehältern ermöglichen. Als besonders beansprucht können z. B. Ecknähte, Krempen und die Umgebung größerer Ausschnitte angesehen werden. Gefährdete Stellen sind z. B. der Flüssigkeitssumpf bzw. die Behältersohle, der Bereich des Flüssigkeitsspiegels sowie Stellen, die erfahrungsgemäß Korrosionen und Erosionen bevorzugt ausgesetzt sind.

1.2 Besichtigungsöffnungen können zusätzlich zu einem Mannloch dort erforderlich werden, wo z. B. infolge Einbauten das Befahren zur Beurteilung allein nicht ausreicht. Die nach Abschnitt 2 vorgesehenen Besichtigungsöffnungen dürfen durch kleinere Öffnungen ersetzt werden, die dann in entsprechend größerer Anzahl an geeigneten Stellen anzubringen sind.

2 Art, Anzahl und Anordnung der Öffnungen

2.1 Zylindrische Behälter

Für zylindrische Behälter sind die in Tafel 1 enthaltenen Festlegungen in der Regel ausreichend.

2.2 Kugelbehälter

Für Kugelbehälter sind die in Tafel 2 enthaltenen Festlegungen in der Regel ausreichend.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1. Befahr- und Besichtigungsöffnungen zylindrischer Behälter

Lichter Durchmesser in mm	Mantellänge in mm	Art, Anordnung und Anzahl der Öffnungen
≤ 300	—	Sondervereinbarungen erforderlich. Lage und Größe sind im Einzelfall zu vereinbaren.
> 300 ≤ 450	≤ 1000	2 Schaulöcher
	≤ 1500	1 Handloch im mittleren Drittel der zylindrischen Länge.
	> 1500	Mindestens 2 Handlöcher, je 1 entweder in der Nähe der Zylinderenden oder in den Böden, wobei der Abstand der Handlöcher 2000 mm nicht übersteigen darf.
> 450 ≤ 800	≤ 1500	1 Handloch im mittleren Drittel der zylindrischen Länge.
	> 1500 ≤ 3000	1 Kopfloch im mittleren Drittel der zylindrischen Länge oder 2 Handlöcher, je 1 entweder in der Nähe der Zylinderenden oder in den Böden, wobei der Abstand der Handlöcher 2000 mm nicht übersteigen darf.
	> 3000	Die Anzahl der Besichtigungsöffnungen ist entsprechend zu erhöhen. Im Zylinder soll der größte Abstand der Kopflöcher 3000 mm, der der Handlöcher 2000 mm nicht überschreiten. Je 1 Handloch soll in der Nähe der Zylinderenden oder in den Böden vorhanden sein.
> 800 ≤ 1500	≤ 2000	1 Kopfloch im mittleren Drittel der zylindrischen Länge oder 2 Handlöcher in der Nähe der Zylinderenden oder in den Böden.
	> 2000	1 Mannloch[1]) oder Anordnung von Besichtigungsöffnungen wie für lichten Durchmesser bis 800 mm und Zylinderlänge über 3000 mm.
> 1500	—	1 Mannloch[1])

[1]) Wegen der Unterschiede zwischen Einsteigeöffnung und Befahröffnung wird auf AD 2000-Merkblatt A 5 Abschnitt 2.3 verwiesen.

2.3 Kegelförmige Behälter

Im Allgemeinen genügt die Besichtigungsmöglichkeit von der Seite des größeren Durchmessers, wobei sinngemäß Abschnitt 2.1 unter Bezugnahme auf den größeren Durchmesser gilt.

2.4 Besondere Arten von Druckbehältern

2.4.1 Zylindrische Hochdruckspeicher mit nahtlosen Mänteln

2.4.1.1 Hochdruckspeicher sind gekennzeichnet durch ein großes Verhältnis von Länge zu Durchmesser (z. B. Speicher in Hydraulikanlagen, Druckluftanlassflaschen, Abscheideflaschen, Speicher für Druckluftlokomotiven).

2.4.1.2 Besichtigungsöffnungen in Mänteln sind nicht erforderlich. Bei zylindrischen Längen von 5 m und mehr müssen beide Stirnseiten mit einer Öffnung versehen sein. Bei zylindrischen Längen unter 5 m genügt eine Öffnung an einer Stirnseite, die eine innere Prüfung des Behälters im Sinne des Abschnittes 1.1 gestatten muss. In der Regel sind hierfür besondere Hilfsmittel einzusetzen.

2.4.2 Hydrospeicher mit elastischer Trennwand

Bei Hydrospeichern mit elastischer Trennwand genügen bis zu lichten Durchmessern von 300 mm die Anschlussöffnungen zur Erfüllung des Abschnitts 1.1.

2.4.3 Hochdruck-Speisewasservorwärmer in Kraftwerken

Um bei einer Besichtigung durch Stutzenanschlüsse oder besondere Besichtigungsöffnungen ohne Ausziehen des Rohrbündels zu einer auf alle Wandungsteile übertragbaren Aussage hinsichtlich betrieblicher Schadenseinflüsse gelangen zu können, sollen mindestens die Wandungsteile im Bereich der Wasserspiegelschwankungen und der Sohle sowie die Prall-Bleche am Dampfeintritt und etwa vorhandene Aufhängekonstruktionen des Rohrbündels innerhalb des Vorwärmers ausreichend beurteilt werden können. Zu diesem Zweck sollen an den angesprochenen Stellen Schaulöcher oder entsprechende Rohranschlüsse mit mindestens 60 mm lichter Weite angebracht sein. Bezüglich der Stutzenhöhe wird auf AD 2000-Merkblatt A 5 Abschnitt 2.4 verwiesen.

In Bereichen, die ein Befahren des Behälters bei nicht gezogenem Bündel ermöglichen, sollten Mannlöcher angebracht sein.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.4.4 Druckluftbehälter zum Anlassen von Verbrennungsmotoren nach DIN 6275[1])

Bei Druckluftbehältern zum Anlassen von Verbrennungsmotoren nach DIN 6275 genügen die dort angegebenen Öffnungen.

2.4.5 Luftbehälter für Druckluftbremsen (z. B. nach DIN 74 281) in Kraftfahrzeugen[1])

Bei geschweißten Druckluftbehältern für Druckluftbremsen an Kraftfahrzeugen nach DIN 74 281 genügen die dort angegebenen Öffnungen. Vorausgesetzt wird, dass im Zuge der Herstellung eine Beurteilung der Längs- und Rundschweißnähte auf andere Weise möglich ist. Luftbehälter für Druckluftbremsen, die DIN 74 281 nicht voll entsprechen, werden sinngemäß behandelt, sofern die genannten Voraussetzungen erfüllt sind.

2.4.6 Druckluftbehälter für Bremsausrüstung in Schienenfahrzeugen[1])

Abweichend von AD 2000-Merkblatt A 5 Abschnitt 2.4.3 können Schaulöcher in Druckluftbehältern für Bremsausrüstungen in Schienenfahrzeugen mit 30 mm lichter Weite ausgeführt werden, wenn das Druckinhaltsprodukt dieser Behälter $p \times l \leq 1000$ beträgt. Dagegen müssen Druckbehälter dieses Verwendungszwecks mit einem Druckinhaltsprodukt $p \times l > 1000$ mit den unter Tafel 1 des AD 2000-Merkblattes A 5 definierten Schaulöchern ausgerüstet werden.

2.4.7 Ortsfeste Druckbehälter aus Stahl für Propan, Butan und deren Gemische für oberirdische Aufstellung nach DIN 4680[1])

Bei ortsfesten Druckbehältern aus Stahl für Propan, Butan und deren Gemische für oberirdische Aufstellung nach DIN 4680 genügen die dort angegebenen Öffnungen.

2.4.8 Druckbehälter aus Stahl für Wasserversorgungsanlagen nach DIN 4810[1])

Bei Druckbehältern aus Stahl für Wasserversorgungsanlagen nach DIN 4810 genügen die dort angegebenen Öffnungen.

[1]) Bei anderweitiger, nicht der genannten Norm entsprechenden Verwendung (z. B. bei Abschnitt 2.4.5 in stationären Anlagen, bei Abschnitt 2.4.7 nicht für die genannten Gase) sind diese Öffnungen in der Regel nicht ausreichend im Sinne dieses Merkblattes.

2.4.9 Druckluftbehälter, die VDMA-Einheitsblatt 3111 entsprechen[1])

Bei Druckluftbehältern, die VDMA-Einheitsblatt 3111 entsprechen, genügen die dort angegebenen Öffnungen.

Tafel 2. Befahr- und Besichtigungsöffnungen kugelförmiger Behälter

Lichter Durchmesser in mm	Art und Anzahl der Öffnungen
≤ 800	Sondervereinbarung erforderlich. Lage und Größe sind im Einzelfall zu vereinbaren.
> 800 ≤ 1500	1 Handloch
> 1500	1 Mannloch[1])

[1]) Wegen der Unterschiede zwischen Einsteigeöffnung und Befahröffnung wird auf AD 2000-Merkblatt A 5 Abschnitt 2.3 verwiesen.

2.4.10 Rotierende dampfbeheizte Zylinder

Bei rotierenden dampfbeheizten Zylindern sind abweichend von Abschnitt 2.1 folgende Besichtigungs- und Befahröffnungen ausreichend:

2.4.10.1 Bei einem lichten Durchmesser der Zylinder von mehr als 400 mm, aber nicht mehr als 800 mm, muss an jeder Stirnseite ein Schauloch vorhanden sein.

2.4.10.2 Bei einem lichten Durchmesser der Zylinder von mehr als 800 mm, aber nicht mehr als 1400 mm, muss an jeder Stirnseite ein Handloch vorhanden sein. Es genügt jedoch ein Handloch an einer Stirnseite, wenn hierdurch eine ausreichende Besichtigung des Innern möglich ist.

2.4.10.3 Bei einem lichten Durchmesser der Zylinder von mehr als 1400 mm muss eine Befahröffnung vorhanden sein.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	**Richtlinien für die Bauteilprüfung von Klammerschrauben**	**AD 2000-Merkblatt A 5 Anlage 2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Allgemeines

2 Durchführung der Prüfung

3 Bescheinigung über die Prüfung

4 Berechnung der Klammerschrauben

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Allgemeines

Für Herstellung, Werkstoffe und Nachweis der Werkstoffeigenschaften gilt in sinngemäßer Anwendung das AD 2000-Merkblatt W 7.

2 Durchführung der Prüfung

2.1 Die Prüfung einer Klammer muss im betriebsmäßig zusammengeschraubten Zustand derart erfolgen, dass hierbei die Zugkräfte an denjenigen Stellen der Klammerteile angreifen, an denen sie auch betriebsmäßig wirken. Die Prüfung soll bei der maximal ausnützbaren Länge der Schraube erfolgen.

2.2 Von jedem durch Abmessung und Werkstoff bestimmten Klammertyp sind erstmalig so viele Klammern zu prüfen, wie dies für eine eindeutige Feststellung des Formfaktors nach Absatz (4) erforderlich ist, mindestens aber je fünf Klammern für die Versuche nach den Absätzen (1) und (2) bzw. (3). Bei den Prüfungen wird bestimmt:

(1) P_S als Belastung in N, bei der an der Klammer oder an einem ihrer Teile wesentliche bleibende Verformungen eingetreten sind

$$\bar{P}_S = \frac{\Sigma P_S}{n}$$ als Mittelwert der Belastungen bis zur erkennbaren bleibenden Verformung

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

$s_{(P_S)} = \sqrt{\frac{\Sigma(P_S - \bar{P}_S)^2}{n-1}}$ als Streuung der Belastungen bis zur erkennbaren bleibenden Verformung

$s_{(\bar{P}_S)} = \frac{s_{(P_S)}}{\sqrt{n}}$ als Streuung des Mittelwertes der Belastungen bis zur erkennbaren bleibenden Verformung

$\bar{P}_{S\,min} = \bar{P}_S - 3s_{(\bar{P}_S)}$ als wahrscheinlich kleinster Mittelwert des Kollektivs für die Belastung P_S

(2) P_B als Belastung in N, bei der Bruch eines Klammerteils, Aufbiegen der Schraubenbolzen und/oder Klammerhaken oder Abrutschen der Klammer eingetreten ist

$\bar{P}_B$ als Mittelwert der Belastungen P_B bei Versagen der Klammer

$s_{(P_B)}$ als Streuung der Belastungen P_B bei Versagen der Klammer

$s_{(\bar{P}_B)}$ als Streuung des Mittelwertes der Belastungen P_B bei Versagen der Klammer

$\bar{P}_{B\,min} = \bar{P}_B - 3s_{(\bar{P}_B)}$ als wahrscheinlich kleinster Mittelwert des Kollektivs für die Belastung P_B

(3) σ_S, σ_B und δ des Schraubenbolzenwerkstoffes dazu:

$\bar{\sigma}_S$ und $\bar{\sigma}_B$ als Mittelwert der Streckgrenze und der Bruchfestigkeit

$s_{(\sigma_S)}$ und $s_{(\sigma_B)}$ als Streuung der Streckgrenzen und Bruchfestigkeiten

$s_{(\bar{\sigma}_S)}$ und $s_{(\bar{\sigma}_B)}$ als Streuung des Mittelwertes der Streckgrenze und der Bruchfestigkeit

$\bar{\sigma}_{S\,max} = \bar{\sigma}_S + 3s_{(\bar{\sigma}_S)}$ als wahrscheinlich größte Mittelwerte des Kollektivs

$\bar{\sigma}_{B\,max} = \bar{\sigma}_B + 3s_{(\bar{\sigma}_B)}$

(4) ψ als Formfaktor der Verbindung

Dabei ist ψ nach den Ergebnissen der unter den Absätzen (1) bis (3) genannten Versuche jeweils der kleinste Wert von

$$\psi_S = \frac{\bar{P}_{S\,min}}{\frac{d_k^2\pi}{4} \cdot \bar{\sigma}_{S\,max}} \quad \text{bzw.} \quad \psi_B = \frac{\bar{P}_{B\,min}}{\frac{d_k^2\pi}{4} \cdot \bar{\sigma}_{B\,max}}$$

ψ gibt in Abhängigkeit von der konstruktiven Ausführung der Klammer das Verhältnis der Belastung gegenüber der eines normalen, nur auf Zug beanspruchten Schraubenbolzens an. Verbindungen mit $\psi \leq 0{,}7$ sind nicht zulässig.

2.3 Jede Lieferung von Klammern ist stichprobenweise nachzuprüfen, wobei von ≤ 500 Klammern mindestens zwei Stück, für jede weiteren 500 Stück mindestens ein Stück, jedoch insgesamt maximal vier Stück zu prüfen sind. Als Mindestlasten bis zum Erreichen bleibender Verformungen wird festgelegt:

$P_S \geq \frac{d_k^2\pi}{4} \cdot \sigma_S \cdot \psi$ mit σ_S als Gewährleistungswert der Streckgrenze.

Als Mindestlast bis zum Versagen der Klammer wird festgelegt:

$P_B \geq \frac{d_k^2\pi}{4} \cdot \sigma_B \cdot \psi$ mit σ_B als Mindestgewährleistungswert der Zugfestigkeit.

2.4 Zeitpunkt, Ort, Art, Umfang und sonstige Regelungen für die Durchführung der erstmaligen Prüfung und der stichprobenweisen Nachprüfung neuer Lieferungen sind zwischen Hersteller oder Lieferer und der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.

3 Bescheinigung über die Prüfung

3.1 Die Bescheinigung über die Bauteilprüfung muss insbesondere folgende Angaben enthalten:

(1) Hersteller, Typ, Größe, Maßskizze, Werkstoff und Kennzeichen der Klammer,

(2) Ergebnis der Prüfungen zu Abschnitt 2.2,

(3) den für die Berechnung des Verschlusses zulässigen Wert für die Belastung einer Klammer unter Berücksichtigung des nach Abschnitt 2.2 (4) bestimmten Formfaktors,

(4) die für die Lieferung festgelegten Mindestprüflasten bis zum Auftreten bleibender Verformungen bzw. bis zum Versagen der Klammern entsprechend Abschnitt 2.3,

(5) Beurteilung der Konstruktion und Bestätigung, dass gegen eine Verwendung des geprüften Typs für Verschlüsse an Druckbehältern – gegebenenfalls unter welchen Bedingungen – keine Bedenken bestehen.

3.2 Die Bescheinigung über die Prüfung der Lieferungen muss insbesondere folgende Angaben erhalten:

(1) Hersteller, Typ, Größe, Werkstoff und Kennzeichen der Klammer,

(2) die ermittelten Lasten bis zu bleibenden Verformungen und bis zum Versagen der Klammern und die Feststellung, dass diese Werte den in der Bauteilprüfung festgelegten Mindestanforderungen entsprechen.

4 Berechnung der Klammerschrauben

Für die Berechnung gilt AD 2000-Merkblatt B 7 mit einem Konstruktionszuschlag c = 3 mm. Die Sicherheitsbeiwerte sind der Tafel 3 wie bei Vollschaftschrauben zu entnehmen (S = 1,8 für den Betriebszustand, S = 1,3 für den Einbau- und Prüfzustand). Anstelle des Gütewertes φ tritt jedoch der ermittelte Wert für den Formfaktor ψ.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ICS 23.020.30 **Ausgabe Januar 2003**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	**Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – PLT-Sicherheitseinrichtungen –**	**AD 2000-Merkblatt A 6**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Anforderungen an die PLT-Sicherheitseinrichtungen
4 Kennzeichnung und Dokumentation
5 Durchführung der Prüfungen
6 Hinweise zur Instandhaltung und Protokollierung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Systeme von automatisch gesteuerten Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung in Druckbehältern von verfahrenstechnischen Anlagen, wenn die Verwendung von Sicherheitseinrichtungen nach AD 2000-Merkblatt A 1 oder AD 2000-Merkblatt A 2 oder von Standrohren nicht möglich oder nicht zweckdienlich ist. Diese Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass sie durch eine Prozessleittechnik (PLT) derart wirksam werden, dass der Betriebsüberdruck den zulässigen Wert zu keiner Zeit um mehr als 10 % überschreitet (PLT-Sicherheitseinrichtungen).

2 Allgemeines

Zur PLT-Sicherheitseinrichtung gehören insbesondere die zur Messwerterfassung, Messwertumformung und zur Auslösung von Maßnahmen erforderlichen Geräte. Als Maßnahmen kommen einzeln oder in Kombination z. B. in Betracht das

- Absperren oder Abschalten des Druckerzeugers,
- Abschalten des Zulaufs für Stoffe, die an der Drucksteigerung beteiligt sind,
- Abschalten der Beheizung,
- Einschalten einer Notkühlung,
- Einbringen eines Reaktionsstoppers,

Ersatz für Ausgabe September 2001; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

– Öffnen von geeigneten Entspannungseinrichtungen, z. B. Ablassen des Behälterinhaltes in ein blow-down-System, erforderlichenfalls unter Zuschalten von Gasreinigungseinrichtungen (z. B. Absorptionskolonnen).

3 Anforderungen an die PLT-Sicherheitseinrichtungen

3.1 Allgemeine Anforderungen

Die PLT-Sicherheitseinrichtungen müssen geeignet sein, eine Überschreitung des maximal zulässigen Druckes um mehr als 10 % zu verhindern. Hierfür muss das System dieser Einrichtungen auf die mögliche Druckerzeugung in der Verfahrensanlage abgestimmt sein. Das Auslösen von Maßnahmen muss durch optische oder akustische Meldungen angezeigt werden.

3.2 Verwendung fehlersicherer, selbstüberwachender oder redundanter PLT-Sicherheitseinrichtungen

PLT-Sicherheitseinrichtungen bzw. ihre Komponenten müssen entweder

– fehlersicheres (fail safe) Verhalten besitzen oder

– redundant oder

– selbstüberwachend ausgeführt sein.

Die selbstüberwachende Ausführung kommt einkanalig nur in Frage, wenn eine Drucksteigerung in der Anlage nur so langsam stattfinden kann, dass genügend Zeit zur Behebung des nicht gesicherten Zustandes zur Verfügung steht.

Bei elektrischen Komponenten von PLT-Sicherheitseinrichtungen sind die Anforderungen z. B. erfüllt, wenn DIN VDE 0116 Abschnitt 8.7 beachtet wird. Dies gilt sinngemäß auch für nicht elektrische Komponenten.

3.3 Sicherheitsstellung bei Ausfall der Energieversorgung

Die PLT-Sicherheitseinrichtungen müssen zusätzlich zu den Anforderungen nach Abschnitt 3.2 bei Ausfall oder unzulässiger Schwankung der Energieversorgung eine definierte, die Sicherheit der Anlage gewährleistende Sicherheitsstellung einnehmen. Die hierfür erforderliche Energieversorgung muss so bereitgestellt werden, dass auch im Störungsfall die Sicherheitsstellung erreicht wird, z. B. Federkraft, Druckspeicher. Soweit bei Ausfall oder unzulässiger Schwankung der Energieversorgung die Sicherheitsstellung nicht eingenommen oder eine eindeutige Sicherheitsstellung nicht festgelegt werden kann, muss die Energieversorgung durch besondere Maßnahmen gesichert sein, z. B. durch Ersatzstromversorgung.

3.4 Sicherung gegen Verstellen

Die PLT-Sicherheitseinrichtungen müssen gegen unbeabsichtigtes Verstellen der sicherheitsrelevanten Grenzwerte gesichert sein, z. B. durch Erschweren der Zugänglichkeit der Verstelleinrichtung, durch Gebrauch von Werkzeugen.

4 Kennzeichnung und Dokumentation

Die PLT-Sicherheitseinrichtungen sind zu kennzeichnen, und die Kennzeichen sind in eine geeignete Dokumentation – z. B. RI-Fließbilder (DIN 28 004, Teil 1), PLT-Stellenpläne, Gerätelisten – so einzutragen, dass eine verwechslungsfreie Zuordnung möglich ist. Die Funktion, die sicherheitsrelevanten Grenzwerte und die technischen Daten der Geräte müssen erkennbar sein. Die Dokumentation muss in der Bescheinigung über die Abnahmeprüfung (siehe Abschnitt 5) in Bezug genommen werden können.

5 Durchführung der Prüfungen

Die Prüfung der Eignung des Systems der PLT-Sicherheitseinrichtungen erfolgt bei Baugruppen im Rahmen der Abnahme bzw. der Abnahmeprüfung des Druckbehälters. Hierzu gehört die Prüfung der Unterlagen über das System und seine Komponenten. Zu den zu prüfenden Unterlagen gehören insbesondere eine Beschreibung der Funktionsweise der PLT-Sicherheitseinrichtung und die Dokumentation nach Abschnitt 4.

Anhand der geprüften Unterlagen erfolgt die Funktionsprüfung des Systems oder – soweit dies nicht möglich ist – der einzelnen Komponenten, verbunden mit einer Beurteilung der Wirksamkeit der Sicherheitsmaßnahmen des Systems.

Jede Änderung des Systems der PLT-Sicherheitseinrichtungen, die als wesentliche Änderung der Betriebsweise anzusehen ist, sowie eine Änderung der sicherheitsrelevanten Grenzwerte der PLT-Sicherheitseinrichtungen erfordern eine erneute Prüfung.

6 Hinweise zur Instandhaltung und Protokollierung

Durch Instandhaltung, d. h. regelmäßige Inspektionen, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten, ist die Betriebsbereitschaft der PLT-Sicherheitseinrichtungen zu sichern. Der Betreiber hat für sorgfältige Inspektion, Wartung und Instandsetzung durch sachkundige Personen zu sorgen. Die sachkundigen Personen müssen über ihre allgemeine Sachkunde hinaus über die besonderen Betriebsverhältnisse unterwiesen sein.

Art, Umfang und Fristen der durchzuführenden Instandsetzungsarbeiten richten sich nach den Betriebserfahrungen. Insbesondere sind regelmäßige Funktionsprüfungen durch den Betreiber erforderlich. Die Prüfintervalle sind entsprechend den Betriebsbedingungen vom Betreiber festzulegen, wobei die Empfehlungen des Herstellers und der zuständigen unabhängigen Stelle als Grundlage dienen; mindestens wird jedoch eine jährliche Funktionsprüfung für erforderlich gehalten.

Die sachkundigen Personen haben die Funktionsprüfungen und Instandsetzungsarbeiten zu protokollieren. In das Protokoll sind mindestens folgende Angaben aufzunehmen:

– Zuordnung zum Druckbehälter bzw. zur Anlage,

– Kennzeichnung der PLT-Sicherheitseinrichtung mit Bezug auf die Dokumentation nach Abschnitt 4,

– Art der durchgeführten Arbeiten,

– Ergebnisse der Funktionsprüfungen, Kontrolle der Grenzwerte,

– Hinweis auf einen Austausch von Geräten,

– Datum, Name und Unterschrift.

Die Protokolle sind mindestens bis zur nächsten wiederkehrenden Prüfung aufzubewahren.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2002**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	**Ausrüstung der Druckbehälter – Kennzeichnung –**	**AD 2000-Merkblatt A 401**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Kennzeichnung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertungsverfahren nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Kennzeichnung von Druckbehältern.

Soweit für besondere Druckbehälter andere Anforderungen gelten, sind diese in dem AD 2000-Merkblatt A 801[1]) enthalten.

2 Kennzeichnung

2.1 Druckbehälter müssen mindestens mit folgenden Angaben auf einem sicher befestigten, den Betriebsverhältnissen und dem Verwendungszweck entsprechend dauerhaften und jederzeit leicht lesbaren Fabrikschild gekennzeichnet sein:

- Hersteller[2]) (Name und Anschrift),
- Herstellnummer,
- Herstelljahr,
- CE-Kennzeichnung und Kennnummer der zuständigen unabhängigen Stelle[3]),
- maximal zulässiger Druck *PS* (bar),
- Volumen *V* (l).

Eine Änderung der Druckangabe bei Druckherabsetzung ist nur erforderlich, wenn diese aus Sicherheitsgründen erfolgt.

- zulässige minimale/maximale Temperatur *TS* (°C),
- bei Druckbehältern mit Klammerschrauben Typ und Anzahl der Klammerschrauben.

[1]) In Vorbereitung unter Berücksichtigung der DGR (97/23/EG) durch Einarbeitung der sachlich notwendigen Beschaffenheitsanforderungen aus den geltenden TRB 801

[2]) Ggf. der in der Gemeinschaft ansässige Bevollmächtigte

[3]) Nicht zulässig, wenn Betreiberprüfstelle prüft

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Ist die Kennzeichnung in vollem Wortlaut sicherheitstechnisch nachteilig oder nicht möglich, können die Worte:
„maximal zulässiger Druck“ durch „*PS*“,
„zulässige minimale/maximale Temperatur“ durch „*TS*“ und
„Volumen“ durch „*V*“
ersetzt werden.

2.1.1 Bei Druckbehältern mit mehreren Druckräumen muss die Kennzeichnung nach Abschnitt 2.1 für jeden Druckraum die Angabe des maximal zulässigen Druckes und des Volumens, erforderlichenfalls auch der zulässigen minimalen/maximalen Temperatur, enthalten.

2.1.2 Bei Druckbehältern oder Druckräumen, deren maximal zulässiger Druck kleiner als der Atmosphärendruck ist, muß der maximal zulässige Druck als negativer Zahlenwert angegeben sein. Bei Druckbehältern oder Druckräumen mit maximal zulässigen Drücken oberhalb und unterhalb des Atmosphärendruckes sind beide Drücke anzugeben.

2.2 Ist das Anbringen eines Fabrikschildes nicht möglich oder nicht zweckdienlich, müssen die geforderten Angaben auf dem Druckbehälter selbst dauerhaft und jederzeit leicht lesbar angebracht sein.

2.3 Bei Druckbehältern, die aus mehreren lösbaren Bauteilen bestehen, z. B. Schüsse und Böden mit Flanschverbindungen, Schnellverschlüsse, müssen die einzelnen Bauteile als zusammengehörig gekennzeichnet sein.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth
Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juni 2001**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	Ausrüstung der Druckbehälter **Einrichtungen zum Erkennen und Begrenzen von Druck und Temperatur**	**AD 2000-Merkblatt** **A 403**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Druckmesseinrichtungen
3 Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung
4 Temperaturmesseinrichtungen
5 Sicherheitseinrichtungen gegen Temperaturüberschreitung bzw. -unterschreitung (Temperaturbegrenzer)
6 Sicherheitsdruckbegrenzer

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Ausrüstung von Druckbehältern mit Einrichtungen zum Erkennen und Begrenzen von Druck und Temperatur[1]).

1.2 Soweit für besondere Druckbehälter andere Bestimmungen gelten, sind diese im AD 2000-Merkblatt HP 801 enthalten.

[1]) Sofern Ausrüstungsteile selbst Druckgeräte (Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, druckhaltende Ausrüstungsteile) sind, müssen diese Ausrüstungsteile einer gesonderten Konformitätsbewertung unterzogen werden und mit einer CE-Kennzeichnung versehen sein, wenn diese unter Anhang I der Druckgeräte-Richtlinie fallen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2 Druckmesseinrichtungen

2.1 Druckbehälter oder Druckräume, deren maximal zulässiger Druck größer als der atmosphärische Druck ist, müssen mit einer auch hinsichtlich der Anzeigegenauigkeit für den Betriebszweck geeigneten Druckmesseinrichtung – z. B. Druckmessgerät (Manometer), Fernanzeigegerät, Druckschreiber – ausgerüstet sein.

2.1.1 Der Anzeigebereich der Druckmesseinrichtung muss den maximal zulässigen Druck und den Prüfdruck erfassen, soll den Prüfdruck aber nicht wesentlich überschreiten.

2.1.2 Die Druckmesseinrichtung darf durch das Beschickungsgut (Fluid) nicht unwirksam werden können.

2.1.3 Die Anzeige der Druckmesseinrichtung muss nachprüfbar sein. Die Nachprüfung kann z. B. über einen Dreiwegehahn mit Anschlussmöglichkeit für Prüfmanometer oder durch Abnehmen und Nachprüfen auf einem Prüfstand erfolgen.

2.1.4 Der maximal zulässige Druck ist durch eine rote Warnmarke auf dem Zifferblatt des Druckmessgerätes oder durch entsprechende Angaben auf einem besonderen Schild zu kennzeichnen. Dies gilt nicht für Fernanzeigegeräte in Messwarten oder Leitständen.

2.1.5 Druckmessgeräte müssen so beschaffen oder angeordnet sein, dass im Falle des Undichtwerdens oder Berstens des Druckmessgerätes Beschäftigte nicht durch das Beschickungsgut (Fluid) oder durch Bruchstücke verletzt werden können. Kann dies durch entsprechende Anordnung des Gerätes nicht erreicht werden, müssen Druckmessgeräte für besondere Sicherheit verwendet werden.

2.2 Die Druckmesseinrichtung muss angebracht sein

(1) am Druckbehälter oder

(2) mit eigener Verbindung zum Druckbehälter, z. B. über Messleitung oder Transmitter, oder

(3) am Druckerzeuger (Drucknetz) oder in der Druckzuleitung eines oder mehrerer Druckbehälter.

2.2.1 Bei Druckbehältern mit zwei oder mehreren Druckzuleitungen muss die Druckmesseinrichtung, wenn sie nicht am Druckbehälter oder mit eigener Verbindung zum Druckbehälter angebracht ist, in jeder Druckzuleitung vorhanden sein.

2.2.2 Die Druckmesseinrichtung muss bei Druckbehältern, die betriebsmäßig geöffnet werden, am Druckbehälter selbst und bei solchen, in denen eine Drucksteigerung auch anders als durch Druckzufuhr möglich ist, z. B. durch chemische Reaktionen oder bei beheizten Druckbehältern, entweder am Druckbehälter selbst oder mit eigener Verbindung zum Druckbehälter angebracht sein.

2.3 Ist der Druck eindeutig durch die Temperatur des Beschickungsgutes (Fluides) bestimmt, darf die Druckmesseinrichtung durch eine geeignete Temperaturmesseinrichtung ersetzt werden, die die Temperatur des Beschickungsgutes (Fluides) im Druckbehälter misst. Auf Abschnitt 4 wird hingewiesen.

3 Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung

3.1 Druckbehälter oder Druckräume, in denen ein höherer Druck als der maximal zulässige Druck entstehen kann, müssen mit einer für den Betriebszweck geeigneten Sicherheitseinrichtung ausgerüstet sein, die ein Überschreiten des maximal zulässigen Druckes um mehr als 10 % selbsttätig verhindert.

3.2 Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung sind

– Druckentlastungseinrichtungen oder

– PLT-Schutzeinrichtungen, die die Ursachen möglicher unzulässiger Druckerhöhungen sicher verhindern.

3.2.1 Die Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung muss so beschaffen und angebracht sein, dass sie durch das Beschickungsgut (Fluid) nicht unwirksam werden kann. Sie muss gut zugänglich und gegen unbeabsichtigte Änderung des Ansprechdruckes gesichert sein.

3.2.2 Bei Druckbehältern in Leitungen, die der Fortleitung von Gasen dienen, sowie bei Speisewasserbehältern und dampfbeheizten Vorwärmern in Wärmekraftanlagen dürfen auch geeignete Sicherheitsabsperrventile verwendet werden.

Geeignet sind z. B. Sicherheitsabsperrventile bei Gasleitungen, wenn sie DIN 3381 entsprechen, und Sicherheitsabsperrventile bei Wärmekraftanlagen, wenn sie AD 2000-Merkblatt A 2 Abschnitt 13 entsprechen.

3.2.3 Es kann erforderlich sein, bei der Auslegung von Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung den externen Brandfall zu berücksichtigen, z. B. Selbstbefeuerung, Unterfeuerung des betreffenden Druckbehälters. Bei der Bemessung der Abblaseleistung von Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung bei Einwirkung von Wärmestrahlung (Schutz vor Brandlasten) auf Druckbehälter zum Lagern von Gasen wird auf die TRB 610 Abschnitt 3.2.3.3 verwiesen.

3.2.4 Druckentlastungseinrichtungen dürfen keine Regelaufgabe übernehmen.

3.3 Die Anforderungen an PLT-Schutzeinrichtungen nach Abschnitt 3.2 sind z. B. erfüllt, wenn das AD 2000-Merkblatt A 6 eingehalten ist.

3.4 Druckentlastungseinrichtungen nach Abschnitt 3.2 sind insbesondere

(1) Sicherheitsventile nach AD 2000-Merkblatt A 2,

(2) Berstsicherungen nach AD 2000-Merkblatt A 1,

(3) PLT-Schutzeinrichtungen, die eine Druckentlastung herbeiführen, nach AD 2000-Merkblatt A 6.

3.4.1 Das Ansprechen der Druckentlastungseinrichtungen muss nach Möglichkeit vermieden werden, z. B. durch Einhalten eines ausreichenden Abstandes zwischen dem Arbeitsdruck und dem maximal zulässigen Druck. Erforderlichenfalls ist einzeln oder in Kombination

– eine Druckregeleinrichtung,

– ein Druckbegrenzer

oder wenn der Druck im Beschickungsraum eindeutig durch die Temperatur des Beschickungsgutes (Fluides) bestimmt ist

– eine Temperaturregeleinrichtung oder

– ein Temperaturbegrenzer

vorzuschalten.

3.4.2 Druckentlastungseinrichtungen müssen bei Überschreiten des maximal zulässigen Drucks ansprechen und innerhalb einer Drucksteigerung von 10 % den maximal anfallenden Massenstrom abführen. Wird der maximal anfallende Massenstrom innerhalb einer geringeren Drucksteigerung abgeführt, darf die Druckentlastungseinrichtung bei einem höheren als dem maximal zulässigen Druck ansprechen. In diesen Fällen muss durch eine zusätzliche Einrichtung, z. B. Regeleinrichtung, Druckbegrenzer, si-

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

chergestellt sein, dass der maximal zulässige Druck des Druckbehälters nicht im Dauerbetrieb überschritten wird.

3.4.3 Anstelle von Sicherheitsventilen können Berstsicherungen verwendet werden, wenn z. B. infolge stürmisch verlaufender Gas- oder Dampfbildung Sicherheitsventile nicht in der Lage sind, den auftretenden Massenstrom abzuführen.

3.4.4 Wird dem Sicherheitsventil eine Berstsicherung vorgeschaltet, ist dazwischen eine Einrichtung vorzusehen, die eine Undichtheit oder einen Bruch der Berstsicherung erkennen lässt. Dies ist z. B. ein Druckmessgerät, dessen Anzeige ständig überwacht wird oder das selbsttätig alarmiert.

3.4.5 Die Druckentlastungseinrichtung nach Abschnitt 3.2 darf nicht absperrbar sein.

3.4.5.1 Sind Druckbehälter oder Druckräume mit einer zweiten, als Reserve dienenden Druckentlastungseinrichtung ausgerüstet, darf ein Zweiwegehahn, ein Wechselventil oder eine Verblockungseinrichtung angebracht sein, sofern jederzeit, auch beim Umschalten, der erforderliche Abblasequerschnitt erhalten bleibt.

Ist eine der beiden Druckentlastungseinrichtungen ausgebaut, so müssen der Zweiwegehahn, das Wechselventil oder die Verblockungseinrichtung gegen Verstellen gesichert sein.

3.4.5.2 Bei Druckentlastungseinrichtungen nach Abschnitt 3.4, die in ein druckführendes System abblasen, z. B. in das Fackelsystem einer verfahrenstechnischen Anlage, dürfen Absperreinrichtungen hinter den Druckentlastungseinrichtungen vorhanden sein, wenn ein Rückströmen gefährlicher Fluide aus dem druckführenden System bei einem Ausbau der Druckentlastungseinrichtungen verhindert werden muss und wenn sichergestellt ist, dass die Funktion der Druckentlastungseinrichtungen während des Betriebs derart abgesicherter Druckbehälter oder Druckräume stets unbeeinträchtigt bleibt.

Die Anforderung ist erfüllt, wenn z. B. die Absperreinrichtungen mit Sicherheitsschlössern gegen unbeabsichtigtes Schließen gesichert sind.

3.4.6 Die Druckentlastungseinrichtung muss angebracht sein

(1) mit eigenem Anschluss an den Druckbehälter,

(2) am Druckerzeuger (Drucknetz) oder

(3) in der Druckzuleitung eines oder mehrerer Druckbehälter.

3.4.6.1 Bei Druckbehältern mit zwei oder mehreren Druckzuleitungen muss die Druckentlastungseinrichtung mit eigenem Anschluss an die Druckbehälter oder in jeder Druckzuleitung angebracht sein. Ist diese in der Druckzuleitung angeordnet und kann der Druck im Druckbehälter nicht infolge anderer Einwirkungen steigen, wie z. B. durch chemische Reaktionen, Beheizung, dann darf sie abweichend von Satz 1 durch eine Absperreinrichtung zum Druckbehälter hin absperrbar sein.

3.4.6.2 Bei Druckbehältern, in denen eine Drucksteigerung auch anders als durch Druckzufuhr über Druckzuleitungen möglich ist, z. B. durch chemische Reaktion oder Beheizung, muss die Druckentlastungseinrichtung einen eigenen Anschluss an den Druckbehälter besitzen.

3.4.7 Abblaseleitungen hinter Druckentlastungseinrichtungen dürfen deren Funktion nicht beeinträchtigen und müssen das Beschickungsgut (Fluid) gefahrlos ableiten können.

Ein Gegendruck auf der Austrittsseite ist bei der Bemessung und ggf. bei der Einstellung der Druckentlastungseinrichtung zu berücksichtigen.

3.5 Abweichend von Abschnitt 3.1 darf anstelle der selbsttätig wirkenden Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung eine Alarmeinrichtung vorhanden sein, wenn die Verwendung einer Sicherheitseinrichtung nach Abschnitt 3.1 nicht möglich oder nicht zweckdienlich ist – z. B. wenn Sicherheitsventile infolge korrodierenden, klebenden, staubenden oder sublimierenden Beschickungsgutes (Fluides) in ihrer Wirkungsweise beeinträchtigt werden können – und wenn nach Alarmgabe durch betriebliche Maßnahmen ein weiteres Steigen des Druckes jederzeit verhindert werden kann. Dazu muss eine Entspannungseinrichtung vorhanden sein, die so beschaffen ist, dass ein Überschreiten des maximal zulässigen Druckes um mehr als 10 % verhindert wird, wenn nicht durch andere betriebliche Maßnahmen, z. B. durch Absperren oder Abschalten des Druckerzeugers, eine solche Überschreitung sicher verhindert werden kann.

Die Alarmeinrichtung muss rechtzeitig vor dem Überschreiten des maximal zulässigen Druckes des Druckbehälters ein optisches oder akustisches Signal auslösen, und zwar derart, dass es vom Betriebspersonal sicher bemerkt werden kann. Im Übrigen gelten die Abschnitte 3.2.4 und 3.4.1 entsprechend.

3.5.1 Alarmeinrichtungen sind

(1) signalgebende druckgesteuerte Einrichtungen mit eigener Verbindungsleitung zum Druckbehälter, z. B. Kontaktdruckmessgeräte,

oder

(2) signalgebende temperaturgesteuerte Einrichtungen, z. B. Kontaktthermometer, sofern der Druck durch die Temperatur des Beschickungsgutes (Fluides) eindeutig bestimmt ist und wenn nicht bereits anstelle der Druckmesseinrichtungen ein Thermometer verwendet wird.

3.5.2 Die Funktion der Alarmeinrichtung muss nachprüfbar sein.

3.5.3 Für Alarmeinrichtungen gilt die Anforderung nach Abschnitt 3.4.5 entsprechend.

3.6 Druckbehälter, in denen ein negativer Druck entstehen kann, für den sie nicht ausgelegt sind, müssen mit einer Druckentlastungseinrichtung gegen eine unzulässige Druckunterschreitung versehen sein.

Sicherheitseinrichtungen gegen Druckunterschreitung müssen so beschaffen sein, dass sie den maximal notwendigen Massenstrom, in der Regel als Luftstrom, zuleiten können, ohne dass der zulässige negative Druck unterschritten werden kann.

4 Temperaturmesseinrichtungen

4.1 Druckbehälter oder Druckräume, bei denen die zulässigen minimalen/maximalen Temperaturen unzulässig unter- bzw. überschritten werden können, müssen mit einer für den Betriebszweck geeigneten Temperaturmesseinrichtung ausgerüstet sein, z. B. Temperaturmessgerät (Thermometer), Fernanzeigegerät oder Temperaturschreiber. Das Temperaturmessgerät muss den maximal möglichen Temperaturbereich erfassen und darf durch das Beschickungsgut (Fluid) nicht unwirksam werden können.

4.2 Die Anzeige des Temperaturmessgerätes muss am Einbauort oder auf einem Prüfstand nachprüfbar sein.

4.3 Die zulässige minimale/maximale Temperatur ist durch eine rote Warnmarke auf der Skala des Temperatur-

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

messgerätes oder durch entsprechende Angabe auf einem besonderen Schild zu kennzeichnen.

Satz 1 gilt nicht für Temperaturmessgeräte in Messwarten und Leitständen.

5 Sicherheitseinrichtungen gegen Temperaturüberschreitung bzw. -unterschreitung (Temperaturbegrenzer)

5.1 Druckbehälter oder Druckräume müssen mit einem für den Betriebszweck geeigneten Temperaturbegrenzer ausgerüstet sein, wenn durch unzulässige Temperatur der Behälterwandung oder des Beschickungsgutes (Fluides) ein gefahrdrohender Zustand eintreten kann. Anstelle eines Temperaturbegrenzers darf eine mit einem Temperaturregler oder Temperaturmessgerät kombinierte Alarmeinrichtung verwendet werden, wenn nach Alarmgabe durch betriebliche Maßnahmen jederzeit die Temperatur innerhalb der zulässigen Grenzen gehalten werden kann. Die Sicherheitseinrichtung gegen Temperaturüberschreitung bzw. -unterschreitung muss gegen unbeabsichtigte Änderung gesichert sein.

Auf DIN 3440 wird hingewiesen.

5.2 Die Sicherheitseinrichtung nach Abschnitt 5.1 muss so angebracht sein, dass sie zugänglich ist und durch das Beschickungsgut (Fluid) des Druckbehälters nicht unwirksam werden kann.

5.3 Die Wirksamkeit der Sicherheitseinrichtung nach Abschnitt 5.1 muss nachprüfbar sein.

5.4 Bei Verwendung von Alarmeinrichtungen müssen diese so angebracht sein, dass die Alarmgabe mit Sicherheit vom Betriebspersonal stets bemerkt werden kann.

6 Sicherheitsdruckbegrenzer

Druckbehälter für die Lagerung von sehr giftigen oder brennbaren Gasen, die ohne ständige Beaufsichtigung betrieben werden sollen und in denen der Druck durch Beheizungseinrichtungen oder Druckerzeuger den maximal zulässigen Druck übersteigen kann, sind zur Erfüllung der Anforderung nach den Abschnitten 3.2.4 und 3.4.1 mit einem Sicherheitsdruckbegrenzer auszurüsten.

Ein Sicherheitsdruckbegrenzer schaltet oder sperrt beim Ansprechen die Beheizungseinrichtung bzw. den Druckerzeuger ab, wobei die Rückstellung verriegelt wird. Zusätzlich erfolgt die Abschaltung oder Absperrung auch bei möglichen Fehlern der Bauteile des Sicherheitsdruckbegrenzers im mechanischen oder elektrischen System. Die Anforderungen an Sicherheitsdruckbegrenzer sind analog den Anforderungen gemäß DIN 3440 für Sicherheitstemperaturbegrenzer zu erfüllen.

Sofern der Druck im Beschickungsraum eindeutig durch die Temperatur des Beschickungsgutes (Fluides) bestimmt ist, kann anstelle des Sicherheitsdruckbegrenzers ein Sicherheitstemperaturbegrenzer gemäß DIN 3440 verwendet werden.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juni 2001**

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung von Druckbehältern	Ausrüstung der Druckbehälter **Ausrüstungsteile**	AD 2000-Merkblatt **A 404**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Absperreinrichtungen

3 Druckwarneinrichtungen

4 Einrichtungen zum Ableiten von Niederschlagsflüssigkeit

5 Schaugläser als Bestandteile von Druckbehälterwandungen

6 Flüssigkeitsstandanzeiger und Einrichtungen zum Nachspeisen bei beheizten Druckbehältern

7 Feuerungen für flüssige, gas- oder staubförmige Brennstoffe an Druckbehältern

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Ausrüstungsteile von Druckbehältern, soweit sie in den AD 2000-Merkblättern A 5, A 401 und A 403 nicht behandelt sind[1]).

1.2 Soweit für besondere Druckbehälter andere Bestimmungen gelten, sind diese im AD 2000-Merkblatt HP 801 enthalten.

[1]) Sofern Ausrüstungsteile selbst Druckgeräte (Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, druckhaltende Ausrüstungsteile) sind, müssen diese Ausrüstungsteile einer gesonderten Konformitätsbewertung unterzogen werden und mit einer CE-Kennzeichnung versehen sein, wenn diese unter Anhang I der Druckgeräte-Richtlinie fallen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2 Absperreinrichtungen

2.1 Absperreinrichtungen sind z. B. Ventile, Hähne, Schieber, Klappen.

2.2 Absperreinrichtungen müssen unter betriebsmäßigen Bedingungen und unter der Voraussetzung sachgemäßer Bedienung und Wartung auch nach längerem Gebrauch ohne Mühe und – sofern sie von Hand zu betätigen sind – ohne andere als bestimmungsgemäße Hilfsmittel geöffnet und geschlossen werden können. Schließ- und Öffnungskräfte müssen der Konstruktion und der Betriebsweise der Absperreinrichtung gerecht werden.

Soweit es sich um Spindelausführungen handelt, müssen Absperreinrichtungen gegen unbeabsichtigtes Herausschrauben der Spindel gesichert sein.

2.3 Jeder Druckbehälter muss für sich von den Druckzuleitungen abgesperrt werden können. Die Absperreinrichtungen müssen leicht zugänglich sein. Sind Druckbehälter zu einer Baugruppe miteinander verbunden, braucht nicht jeder Behälter einzeln absperrbar zu sein, sondern nur die Baugruppe. Satz 3 gilt nicht für Druckbehälter, die dazu bestimmt sind, betriebsmäßig geöffnet zu werden.

2.4 Abschnitt 2.3 gilt nicht für

- Kühler und Flüssigkeitsabscheider von Verdichtern,
- in Rohrleitungen eingebaute Druckbehälter, z. B. Abscheider,
- Windkessel an Pumpen,
- Schalldämpfer, Filter, Kondenstöpfe.

2.5 Abweichend von Abschnitt 2.3 ist eine Absperreinrichtung zwischen Verdichter oder Pumpe und Druckbehälter nicht erforderlich, wenn ein Rückströmen des Beschickungsgutes (Fluides) in den Druckerzeuger verhindert ist, z. B. durch Rückschlagventil in der Leitung oder durch die Bauart der Arbeitsventile des Druckerzeugers.

3 Druckwarneinrichtungen

3.1 Druckwarneinrichtungen sind Armaturen an Druckbehältern, mit denen sich vor dem Öffnen eines Druckbehälters feststellen lässt, ob noch eine Druckdifferenz zwischen Behälterraum und Atmosphäre vorhanden ist.

3.2 Druckbehälter oder Druckräume, die betriebsmäßig geöffnet werden, sowie einzeln absperrbare Druckbehälter oder Druckräume ohne eigenes Druckmessgerät müssen mit einer Druckwarneinrichtung ausgerüstet sein.

3.3 Abschnitt 3.2 gilt nicht für Druckbehälter und Druckräume mit automatischen Schnellverschlüssen nach AD 2000-Merkblatt A 5 Abschnitte 3.1.2.1 und 3.3.7.

3.4 Druckwarneinrichtungen dürfen durch das Beschickungsgut (Fluid) nicht unwirksam werden können. Sie sollen eine lichte Weite von mindestens 8 mm haben.

4 Einrichtungen zum Ableiten von Niederschlagsflüssigkeit

4.1 Einrichtungen zum Ableiten von Niederschlagsflüssigkeit sind in der Regel Ventile, Hähne oder Kondensatableiter, die an der tiefsten Stelle des Druckbehälters angebracht sind. In besonderen Fällen kommen auch Tauchrohre oder Schöpfeinrichtungen in Betracht, die so tief wie möglich in den Druckraum reichen.

4.2 Druckbehälter, in denen Niederschlagsflüssigkeit anfällt, die durch Flüssigkeitsschläge, Korrosion oder Wärmespannungen den Druckbehälter gefährden kann, müssen mit Einrichtungen zum Ableiten der Niederschlagsflüssigkeit ausgerüstet sein. Bei liegenden Druckbehältern nach Satz 1 soll ein ausreichendes Gefälle vorhanden sein.

5 Schaugläser als Bestandteile von Druckbehälterwandungen

5.1 Schaugläser als Bestandteile von Druckbehälterwandungen müssen so beschaffen und angebracht sein, dass sie den betriebsmäßigen Beanspruchungen widerstehen.

5.2 Die Anforderung nach Abschnitt 5.1 ist insbesondere erfüllt, wenn die Schauglasplatten der DIN 7080, DIN 7081, DIN 8902 oder DIN 8903 entsprechen.

5.3 Die Schauglasplatten sind so einzubauen, dass hierbei keine zusätzlichen Spannungen im Glas entstehen. Die Anforderung ist z. B. erfüllt, wenn Schauglasplatten in Flanschfassungen nach DIN 28 120 oder DIN 28 121 verwendet werden.

5.4 Schaugläser an Druckbehältern müssen zum Schutz gegen äußere Einwirkung erforderlichenfalls besonders gesichert sein, z. B. durch Schutzdeckel oder Schutzgehäuse mit Verschlusskappe.

6 Flüssigkeitsstandanzeiger und Einrichtungen zum Nachspeisen bei beheizten Druckbehältern

6.1 Beheizte Druckbehälter, bei denen durch Sinken des Flüssigkeitsstandes unzulässige Temperaturen der Behälterwandungen entstehen können, und Druckbehälter zum Lagern wassergefährdender Flüssigkeiten[2]) müssen eine Einrichtung zum Erkennen des Flüssigkeitsstandes haben (Flüssigkeitsstandanzeiger).

6.1.1 Flüssigkeitsstandanzeiger sind z. B.

(1) Einrichtungen, die den Flüssigkeitsstand unmittelbar sichtbar machen (Standgläser),

(2) Einrichtungen, die den Flüssigkeitsstand mittelbar anzeigen, z. B. pneumatische oder hydrostatische Standanzeiger, Fernstandanzeiger,

(3) schwimmergesteuerte Anzeigeeinrichtungen,

(4) Einrichtungen mit Impulsgabe durch ionisierende Strahlen.

6.1.2 Der niedrigste Flüssigkeitsstand, der zum gefahrlosen Betrieb nicht unterschritten werden darf, muss gekennzeichnet sein.

6.1.3 Flüssigkeitsstandanzeiger müssen so angebracht sein, dass ihre Anzeige leicht erkennbar ist und sie durch das Beschickungsgut (Fluid) nicht unwirksam werden können. Die Funktion des Flüssigkeitsstandanzeigers muss nachprüfbar sein.

6.1.4 Rohrleitungsverbindungen zwischen Druckbehälter und Flüssigkeitsstandanzeiger müssen eine für ihre Funktion ausreichende lichte Weite haben.

6.1.5 Rohrleitungsverbindungen zwischen Druckbehälter und Standgläsern müssen absperrbar sein.

6.1.6 Flüssigkeitsstandanzeiger mit Rohren aus Glas oder ähnlich zerbrechlichen Werkstoffen sind gegen me-

[2]) Die im Abschnitt 6.1 enthaltenen Anforderungen können von den Vorschriften anderer EU-Mitgliedstaaten abweichen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

chanische Beschädigungen zu schützen oder so anzuordnen oder abzudecken, dass bei einem Bruch niemand gefährdet werden kann.

6.1.7 Flüssigkeitsstandanzeiger mit Rohren aus Glas oder ähnlich zerbrechlichen Werkstoffen dürfen bei Druckbehältern für brennbares Beschickungsgut (Fluid) nicht verwendet werden.

6.1.8 Bei Verwendung von Schaugläsern in Flüssigkeitsstandanzeigern gilt auch Abschnitt 5.

6.1.9 Standgläser für andere als in Abschnitt 6.1 bezeichnete Druckbehälter müssen ebenfalls den Anforderungen der Abschnitte 6.1.5 bis 6.1.8 entsprechen.

6.2 Beheizte Druckbehälter, bei denen der Flüssigkeitsstand absinken und dann zu unzulässigen Temperaturen in den Behälterwandungen führen kann, müssen eine Einrichtung haben, die beim Unterschreiten des niedrigsten Flüssigkeitsstandes oder bei Erreichen einer unzulässigen Temperatur in der Behälterwandung die Beheizung selbsttätig abschaltet und verriegelt.

Ist eine Abschaltung der Beheizung nicht möglich oder nicht zweckdienlich, oder kann durch eine Abschaltung eine unzulässige Temperatur in den Behälterwandungen nicht verhindert werden, müssen Nachspeiseeinrichtungen zur Einhaltung des niedrigsten Flüssigkeitsstandes vorhanden sein.

Bei Druckbehältern mit Nachspeiseeinrichtungen ist dies z. B. erfüllt, wenn die Nachspeiseeinrichtungen den Anforderungen der TRD 401 bzw. 402 genügen.

6.3 Druckbehälter nach Abschnitt 6.2 Abs. 2 müssen mit einer Alarmeinrichtung ausgerüstet sein, die rechtzeitig vor Unterschreiten des niedrigsten Flüssigkeitsstandes einen optischen oder akustischen Alarm auslöst.

6.4 Beheizte Druckbehälter nach Abschnitt 6.1, bei denen durch eine Abschaltung der Beheizung eine unzulässige Temperatur in den Behälterwandungen verhindert wird, brauchen keine Speiseeinrichtungen nach Abschnitt 6.2 zu besitzen, wenn der Flüssigkeitsstandanzeiger mit einer zuverlässigen Einrichtung versehen ist, die bei Unterschreitung des niedrigsten Flüssigkeitsstandes die Beheizung selbsttätig abschaltet. Der Nachweis der Zuverlässigkeit gilt z. B. als erbracht, wenn die Einrichtung einer Bauteilprüfung unterzogen wurde.

7 Feuerungen für flüssige, gas- oder staubförmige Brennstoffe an Druckbehältern

7.1 Feuerungen für flüssige, gas- oder staubförmige Brennstoffe müssen so eingerichtet sein, dass sie ohne Verpuffungen, Explosionen, Flammenrückschläge oder gefährliche Druckwellen gezündet und betrieben werden können (siehe auch DGRL Anhang I Abschnitt 5 e).

7.2 Bei Feuerungen, die mit Feuerungen von Dampfkesseln vergleichbar sind, ist die Anforderung nach Abschnitt 7.1 z. B. erfüllt, wenn – soweit zutreffend – TRD 411, TRD 412, TRD 413, TRD 414, DIN 4787 Teil 1, DIN EN 230, DIN 4788 Teil 1 und Teil 2 und DIN EN 298 beachtet sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2014**

Berechnung von Druckbehältern	**Berechnung von Druckbehältern**	**AD 2000-Merkblatt B 0**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Allgemeines	2
3	Formelzeichen und Einheiten	2
4	Berechnungsdruck	3
5	Berechnungstemperatur	4
6	Festigkeitskennwert	4
7	Sicherheitsbeiwert	4
8	Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen	4
9	Zuschläge	5
10	Kleinste Wanddicke	6

Ersatz für Ausgabe November 2008; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Die AD 2000-Merkblätter der Reihen B und S behandeln Berechnungsregeln für drucktragende Teile von Druckbehältern. Ihre Anwendung setzt voraus, dass bei der Wahl der Werkstoffe und deren Verarbeitung die AD 2000-Merkblätter der Reihen W und HP sowie die allgemein anerkannten Regeln der Technik beachtet werden. Auf AD 2000-Merkblatt G 1 wird verwiesen.

1.2 Die AD 2000-Merkblätter der Reihen B und S 3 gelten für überwiegend statische Beanspruchung. Bei wechselnder Beanspruchung gelten zusätzlich die AD 2000-Merkblätter S 1 und S 2.

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD-Merkblatt enthält gemeinsame Grundregeln der AD 2000-Merkblätter der Reihen B und S. Die übrigen AD 2000-Merkblätter der Reihen B und S können daher nur in Verbindung mit diesem AD 2000-Merkblatt benutzt werden.

2.2 Sofern in den AD 2000-Merkblättern für die Bemessung drucktragender Teile nichts festgelegt ist, muss im Einzelfall durch Anwendung anderer anerkannter Regeln der Technik oder durch andere Berechnungsverfahren, durch Dehnungsmessungen, durch einschlägige Betriebserfahrungen oder dergleichen belegt werden, dass die Bauteile je nach Werkstoff und Verwendungszweck nicht unzulässig beansprucht werden.

2.3 Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

2.4 Wird von den Festlegungen der AD 2000-Merkblätter abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

3 Formelzeichen und Einheiten

a	Hebelarm	mm
b	Breite	mm
c_1	Zuschlag zur Berücksichtigung der Wanddickenunterschreitung	mm
c_2	Abnutzungszuschlag	mm
d	Durchmesser eines Ausschnitts, eines Flansches, einer Schraube usw.	mm
d_a	Außendurchmesser eines Rohres, Stutzens, Flansches	mm
d_i	Innendurchmesser eines Rohres, Stutzens, Flansches	mm
d_t	Teilkreisdurchmesser	mm
d_D	mittlerer Dichtungsdurchmesser	mm
e	breite Seite einer rechteckigen oder elliptischen Platte	mm
f	schmale Seite einer rechteckigen oder elliptischen Platte	mm
g	Schweißnahtdicke	mm
h	Höhe	mm
k_0	Dichtungskennwert für die Vorverformung	mm
k_1	Dichtungskennwert für den Betriebszustand	mm
l	Länge	mm
n	Anzahl	–
p	Berechnungsdruck	bar
PS	maximal zulässiger Druck	bar
PT	Prüfdruck	bar
r	Radius allgemein, z. B. Übergangsradius	mm
s	erforderliche Wanddicke einschl. Zuschlägen	mm

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

s_e	ausgeführte Wanddicke	mm
v	Faktor zur Berücksichtigung der Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen oder Faktor zur Berücksichtigung von Verschwächungen	–
x	Abklinglänge	mm
A	Fläche	mm^2
C, β	Berechnungsbeiwerte	–
D	Durchmesser des Grundkörpers	mm
D_a	Außendurchmesser, z. B. einer Zylinderschale	mm
D_i	Innendurchmesser, z. B. einer Zylinderschale	mm
E	Elastizitätsmodul bei Berechnungstemperatur	N/mm^2
F	Kraft	N
I	Flächenträgheitsmoment	mm^4
K	Festigkeitskennwert bei Berechnungstemperatur	N/mm^2
K_D	Formänderungswiderstand des Dichtungswerkstoffes bei Raumtemperatur	N/mm^2
K_{20}	Festigkeitskennwert bei 20 °C	N/mm^2
M	Moment	N mm
R	Radius einer Wölbung	mm
S	Sicherheitsbeiwert beim Berechnungsdruck	–
S'	Sicherheitsbeiwert beim Prüfdruck	–
S_D	Sicherheitsbeiwert gegen Undichtheit	–
S_K	Sicherheitsbeiwert gegen elastisches Einbeulen beim Berechnungsdruck	–
S'_K	Sicherheitsbeiwert gegen elastisches Einbeulen beim Prüfdruck	–
S_L	Lastspielsicherheit	–
W	Widerstandsmoment	mm^3
Z	Hilfswert	–
ν	Querkontraktionszahl	–
σ	Spannung	N/mm^2
ϑ, T	Temperatur	°C

4 Berechnungsdruck

4.1 Die Berechnung ist im Allgemeinen mit dem maximal zulässigen Druck (PS) und dem Prüfdruck (PT) durchzuführen. Der in den nachfolgenden AD 2000-Merkblättern verwendete Berechnungsdruck p muss $\geq$ dem maximal zulässigen Druck (PS) sein. Die durch die Füllung sowohl während des Betriebes als auch während der Prüfung hervorgerufenen statischen Drücke brauchen nur berücksichtigt zu werden, soweit sie die Beanspruchung der Wandung um mehr als 5 % erhöhen[1)].

4.2 Wird eine drucktragende Wand von beiden Seiten gleichzeitig durch Druck beansprucht, darf in der Regel nicht mit der Druckdifferenz gerechnet werden. Die Berechnung ist für jeden der beiden Überdrücke einzeln durchzuführen. Ausnahmen sind zulässig, wenn nachgewiesen wird, dass eine höhere Beanspruchung als durch die Druckdifferenz nicht auftreten kann.

4.3 Bei gleichzeitigem Auftreten von Überdruck und Unterdruck an einer drucktragenden Wand wird als Berechnungsdruck die Druckdifferenz eingesetzt. Dies gilt auch für die Festlegung des Prüfdruckes. Ist der Unterdruck nicht zuverlässig begrenzt, ist die Berechnung mit dem um 1 bar erhöhten Überdruck durchzuführen.

4.4 Beim Prüfdruck dürfen die zulässigen Spannungen, gebildet aus dem Festigkeitskennwert bei Prüftemperatur und dem Sicherheitsbeiwert S' und den Tafeln 2 und 3, nicht überschritten werden.

4.5 Statische Zusatzkräfte sind in der Zeichnung anzugeben, wenn dadurch die Beanspruchung der Behälterwand um mehr als 5 % erhöht wird (z. B. Auflagerkräfte, Wind- und Schneelast, Ausmauerung[2)]. Eine statische Berechnung ist vorzulegen, wenn die Zusatzkräfte die Auslegung des Druckbehälters wesentlich beeinflussen. Spannungserhöhungen durch Zusatzkräfte sind erfahrungsgemäß zu erwarten, wenn die Kriterien in den AD 2000-Merkblättern der Reihe S 3 zutreffen.

---

1) Beispiel: maximal zulässiger Druck $PS = 2$ bar
Bauhöhe = 5 m
Beschickung: Wasser
$p = 2 + 0{,}5 - 0{,}05 \cdot 2 = 2{,}4$ bar

2) Vergleiche DIN 28060.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5 Berechnungstemperatur

5.1 Für die Auswahl des Werkstoffes und für die Festlegung des Festigkeitskennwertes ist die höchste bei dem jeweiligen maximal zulässigen Druck (PS) zu erwartende Wandtemperatur maßgebend. Diese ergibt sich aus der zulässigen Betriebstemperatur (entsprechend der zulässigen maximalen Temperatur (TS) nach DGR) sowie einem Zuschlag für die Beheizungsart und wird als Berechnungstemperatur bezeichnet. Bei unbeheizten Wandungen kann hierfür die höchste Betriebstemperatur eingesetzt werden. Bei beheizten Wandungen kann sie in der Regel nach Tafel 1 bestimmt werden; andernfalls, z. B. bei Ausmauerungen, ist sie rechnerisch oder durch Messung nachzuweisen.

Für den Wasser-/Dampf- und Heißdampfbereich ist AD 2000-Merkblatt S 6, Abschnitt 4.2, Tafel 1 zu beachten.

5.2 Wird mit der Berechnungstemperatur die Grenztemperatur des Zeitstandsbereiches für den jeweiligen Werkstoff erreicht oder überschritten, so ist das AD 2000-Merkblatt S 6 anzuwenden. Die Grenztemperaturen sind den zugehörigen Werkstoffnormen bzw. Werkstoffspezifikationen zu entnehmen.

5.3 Liegt die höchste zu erwartende Wandtemperatur unter +20 °C, so beträgt die Berechnungstemperatur +20 °C. Für Betriebstemperaturen unter −10 °C wird zusätzlich auf AD 2000-Merkblatt W 10 verwiesen. Bei der Festlegung der Wandtemperatur sind die Umgebungstemperatur und die Betriebstemperatur zu berücksichtigen (Betriebsanleitung/ Gefahrenanalyse).

Tafel 1 — Berechnungstemperaturen

Beheizungsart	Berechnungstemperatur
durch Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten	die höchste Temperatur des Heizmittels
Feuer-, Abgas- oder elektrische Beheizung[1)]	bei abgedeckter Wand die höchste Betriebstemperatur zuzüglich 20 K
	bei unmittelbar berührter Wand die höchste Betriebstemperatur zuzüglich 50 K

[1)] Gilt nicht bei mittelbarer elektrischer Beheizung (z. B. über Ölbad).

6 Festigkeitskennwert

6.1 Die Festigkeitskennwerte K sind gemäß den Festlegungen in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W entsprechend der Berechnungstemperatur zu wählen.

6.2 Festlegungen zu zeitabhängigen Festigkeitskennwerten enthält das AD 2000-Merkblatt S 6, Abschnitt 4.3.

6.3 Bei Werkstoffen ohne gewährleistete Streckgrenze oder Dehngrenze ist als Festigkeitskennwert die gewährleistete Mindestzugfestigkeit entsprechend der Berechnungstemperatur einzusetzen. In diesem Fall sind die Sicherheitsbeiwerte der Tafel 3 anzuwenden.

6.4 Bei nicht artgleich geschweißten Verbindungen sind die Festigkeitskennwerte des Schweißgutes dann der Berechnung zugrunde zu legen, wenn sie niedriger sind als die des Grundwerkstoffes.

6.5 Durch Kaltverfestigung erzielte höhere Festigkeitskennwerte können nur dann in die Berechnung eingesetzt werden, wenn sie nachgewiesen und am fertigen Bauteil vorhanden sind.

7 Sicherheitsbeiwert

Die Sicherheitsbeiwerte sind den Tafeln 2 und 3 zu entnehmen, sofern in den einzelnen AD 2000-Merkblättern keine abweichenden oder zusätzlichen Angaben gemacht werden.

8 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen

8.1 Die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht wird in der Berechnung durch den Faktor v berücksichtigt. Dieser ergibt sich durch Division der in der Übersichtstafel 1 des AD 2000-Merkblattes HP 0 genannten Werte für die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung mit 100. Sofern für die nicht genannten Werkstoffe in der nach AD 2000-Merkblatt HP 0, Abschnitt 1.2 erforderlichen Vereinbarung keine anderen Werte festgelegt sind, ist $v = 1{,}0$ einzusetzen.

8.2 Für hartgelötete Verbindungen kann mit $v = 0{,}8$ gerechnet werden, falls nicht in der Verfahrensprüfung ein niedrigerer Wert festgelegt wird.

8.3 Weichgelötete Längsnähte sind nicht zulässig. Überlappt weichgelötete Rundnähte an Kupfer sind bei einer Überlappungsbreite von mindestens 10 s_e bis zu einer Wanddicke von 6 mm und bis zu $D_a \cdot p \leq 2500$ mm bar zulässig. In diesem Fall ist für die Rundnaht $v = 0{,}8$ einzusetzen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.4 Bei weichgelöteten Verbindungen an Kupferblechen mit durchlaufender Lasche bei einer Laschenbreite ≥ 12 s_e auf beiden Seiten des Stoßes, einer Wanddicke $s_e \leq 4$ mm und einem zulässigen Betriebsüberdruck ≤ 2 bar kann ebenfalls $v = 0{,}8$ eingesetzt werden.

9 Zuschläge

9.1 Zuschlag zur Berücksichtigung der Wanddickenunterschreitung

9.1.1 Bei Stählen und Nichteisenmetallen ist als Betrag des Zuschlages c_1 die nach den einschlägigen Maßnormen zulässige Minustoleranz (z. B. bei austenitischen Blechen nach DIN EN ISO 9445-2, bei ferritischen Blechen nach DIN EN 10029 Klasse A) in die Berechnung einzusetzen, sofern diese am fertigen Bauteil auftreten kann.

Tafel 2 — Sicherheitsbeiwerte gegen Streck- bzw. Dehngrenze

Werkstoff und Ausführung	Sicherheitsbeiwert S für den Werkstoff bei Berechnungstemperatur	Sicherheitsbeiwert S' beim Prüfdruck
1. Walz- und Schmiedestähle	1,5	1,05
2. Stahlguss	2,0	1,4
3. Gusseisen mit Kugelgraphit nach DIN EN 1563		
3.1 EN-GJS-700-2/2U EN-GJS-600-3/3U	5,0	2,5
3.2 EN-GJS-500-7/7U	4,0	2,0
3.3 EN-GJS-400-15/15U	3,5	1,7
3.4 EN-GJS-400-18/18U-LT EN-GJS-350-22/22U-LT	2,4	1,2
4. Aluminium und Aluminiumlegierungen – Knetwerkstoffe	1,5	1,05

Tafel 3 — Sicherheitsbeiwerte gegen Zugfestigkeit

Werkstoff und Ausführung	Sicherheitsbeiwert S für den Werkstoff bei Berechnungstemperatur	Sicherheitsbeiwert S' beim Prüfdruck
1. Gusseisen mit Lamellengraphit (Grauguss) nach DIN EN 1561		3,5
1.1 ungeglüht	9,0	
1.2 geglüht oder emailliert	7,0	
2. Kupfer und Kupferlegierungen einschließlich Walz- und Gussbronze		2,5
2.1 bei nahtlosen und geschweißten Behältern	3,5	
2.2 bei gelöteten Behältern	4,0	

9.1.2 Bedingt der Herstellungsgang Wanddickenminderungen (z. B. bei gegossenen oder tiefgezogenen Bauteilen), so ist die mit $c_1 = 0$ errechnete erforderliche Wanddicke in der Zeichnung zu vermerken und als solche zu kennzeichnen.

9.2 Abnutzungszuschlag

9.2.1 Bei ferritischen Stählen beträgt der Abnutzungszuschlag $c_2 = 1$ mm. Er entfällt, wenn $s_e \geq 30$ mm beträgt. Er entfällt außerdem, wenn die Stähle ausreichend gegen Einflüsse der Beschickungsmittel geschützt sind, z. B. durch Verbleiung, Plattierung, Gummierung, Kunststoffbeschichtungen, nicht jedoch durch galvanische Überzüge. Bei Kunststoffbeschichtungen muss in jedem Fall die Eignung des Kunststoffes nachgewiesen sein.

9.2.2 Abweichend von Abschnitt 9.2.1 ist zwischen Hersteller und Betreiber ein höherer Zuschlag c_2 zu vereinbaren, wenn die Beschickungsmittel stark korrodierend wirken oder die Behälter im späteren Betrieb im Innern nicht besichtigt werden können. Die Höhe des Zuschlages c_2 ist in diesen Fällen in der Zeichnung zu vermerken.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei bestimmten Korrosionseinflüssen kann es notwendig sein, neben der Verwendung geeigneter Werkstoffe und zweckentsprechender Konstruktionen die Höhe der Beanspruchung der mit den Medien in Berührung stehenden, auf Zug beanspruchten Druckbehälterwandungen zu verringern, um dadurch z. B. ein Aufreißen von Schutzschichten oder eine Spannungsrisskorrosion zu vermeiden.

9.2.3 Bei austenitischen Stählen und bei Nichteisenmetallen beträgt der Abnutzungszuschlag im Allgemeinen $c_2 = 0$, es sei denn, dass zwischen dem Hersteller und dem Betreiber ein höherer Abnutzungszuschlag vereinbart wird. In diesem Falle muss er in der Zeichnung vermerkt sein.

10 Kleinste Wanddicke

10.1 Die in den AD 2000-Merkblättern der Reihe B festgelegten kleinsten Wanddicken sind Nennwanddicken und müssen am fertigen Bauteil als Nennmaß vorhanden sein.

10.2 Abweichend von Abschnitt 10.1 dürfen die kleinsten Wanddicken unterschritten werden, wenn

a) verfahrenstechnische Gründe es erfordern oder die Verwendung des Druckbehälters es zweckdienlich erscheinen lässt sowie

b) die Formbeständigkeit nicht gefährdet ist und

c) die Fertigung es ermöglicht.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Berechnung von Druckbehältern	**Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck**	**AD 2000-Merkblatt B 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Verschwächungen durch Ausschnitte
5 Berechnung
6 Kleinste Wanddicke
7 Schrifttum

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für glatte Zylinder- und Kugelschalen als Druckbehältermäntel sowie für Rohre unter innerem Überdruck, bei denen das Verhältnis

$$\frac{D_a}{D_i} \leq 1,2 \qquad (1)$$

beträgt. Bei Rohren mit $D_a \leq 200$ mm gelten sie darüber hinausgehend bis zu einem Verhältnis $D_a/D_i = 1,7$. Zylinderschalen mit $D_a/D_i > 1,2$ siehe AD 2000-Merkblatt B 10.

2 Allgemeines

Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

Bei Wärmeaustauscherrohren[1]) ist der Abnutzungszuschlag $c_2 = 0$, falls nicht besondere Vereinbarungen zwischen Hersteller und Besteller/Betreiber getroffen sind.

3 Formelzeichen und Einheiten

Siehe AD 2000-Merkblatt B 0.

4 Verschwächungen durch Ausschnitte

Siehe AD 2000-Merkblatt B 9.

[1]) Wärmeaustauschrohre sind über die in DIN 28 183 und 28 184 geregelten Fälle hinaus alle Rohre, die der Wärmeübertragung dienen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5 Berechnung

Die erforderliche Wanddicke s beträgt bei Zylinderschalen

$$s = \frac{D_a \cdot p}{20\frac{K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \qquad (2)$$

bzw. bei Kugelschalen

$$s = \frac{D_a \cdot p}{40\frac{K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \qquad (3)$$

6 Kleinste Wanddicke

6.1 Die kleinste Wanddicke nahtloser, geschweißter oder hartgelöteter Zylinder- und Kugelschalen wird mit 2 mm festgelegt.

6.2 Abweichend von Abschnitt 6.1 gilt für die kleinste Wanddicke bei Zylinder- und Kugelschalen aus Aluminium und dessen Legierungen 3 mm.

6.3 Ausnahmen siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 10.

6.4 Bei Wärmeaustauscherrohren[1]) darf die kleinste Wanddicke gemäß Abschnitt 6.1 und 6.2 unterschritten werden.

7 Schrifttum

[1] *Class, I., Jamm, W.,* u. *E. Weber:* Berechnung der Wanddicke von innendruckbeanspruchten Stahlrohren. VDI-Z **97** (1955) Nr. 6, S. 159/67.

[2] *Schwaigerer, S.,* u. *E. Weber:* Wanddickenberechnung von Stahlrohren gegen Innendruck; Erläuterungen zu DIN 2413, Ausgabe 1972. TÜ **13** (1972) Nr. 3, S. 74/78.

[3] *Zellerer, E.,* u. *H. Thiel:* Beitrag zur Berechnung von Druckbehältern mit Ringversteifungen. Die Bautechnik (1967) H. 10, S. 333/39.

[4] *Mang, F.:* Festigkeitsprobleme bei örtlich gestützten Rohren und Behältern. Rohre – Rohrleitungsbau – Rohrleitungstransport (1970) H. 4, S. 207/13, u. H. 5, S. 267/79; (1971) H. 1, S. 23/30.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2006**

Berechnung von Druckbehältern	**Berechnung von Rohrbiegungen und Bögen**	**AD 2000-Merkblatt B 1 Anlage 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Erforderliche Wanddicke
5 Berechnung
6 Schrifttum

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die Berechnungsregel gilt für Einschweißbögen, z. B. nach DIN 2605, und gebogene Rohre.

Durch die Berechnungsregel wird berücksichtigt [1], dass bei Innendruckbeanspruchung eines Rohrbogens an der Bogeninnenseite höhere und an der Bogenaußenseite niedrigere Spannungen auftreten als bei einem geraden Rohr gleicher Wanddicke.

2 Allgemeines

Die Anlage 1 ergänzt die Berechnung zylindrischer Schalen unter innerem Überdruck nach AD 2000-Merkblatt B 1, und ist nur im Zusammenhang damit sowie mit AD 2000-Merkblatt B 0 anwendbar.

3 Formelzeichen und Einheiten

Siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 3. Darüber hinaus gilt Tafel 1.

4 Erforderliche Wanddicke

Die erforderliche Wanddicke beträgt
für die Bogeninnenseite

$$s_i = s_{vi} + c_1 + c_2 \quad (1)$$

für die Bogenaußenseite

$$s_a = s_{va} + c_1 + c_2 \quad (2)$$

Dieses Blatt basiert auf TRD 301 Anlage 2.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Für die Nachrechnung ausgeführter Rohrbögen mit den Wanddicken s_{ei} bzw. s_{ea} ist zu setzen
für die Bogeninnenseite

$$s_{vi} = s_{ei} - c_1 - c_2 \quad (3)$$

für die Bogenaußenseite

$$s_{va} = s_{ea} - c_1 - c_2 \quad (4)$$

Anschrägungen an der Übergangsstelle von Einschweißböden zum anschließenden geraden Rohr zur Vermeidung schroffer Wanddickenübergänge oder von Kantenversatz brauchen rechnerisch nicht berücksichtigt zu werden.

Tafel 1. Berechnungsgrößen mit Symbolen und Einheiten

Symbol	Berechnungsgröße	Einheit
d_i, d_a	Innen- bzw. Außendurchmesser des Rohrbogens[1)]	mm
r, R	Krümmungsradien des Rohrbogens nach Bild 6	mm
s_i	erforderliche Wanddicke der Bogeninnenseite des Rohrbogens mit Zuschlägen	mm
s_a	erforderliche Wanddicke der Bogenaußenseite des Rohrbogens mit Zuschlägen	mm
s_{ei}	ausgeführte Wanddicke der Bogeninnenseite des Rohrbogens mit Zuschlägen	mm
s_{ea}	ausgeführte Wanddicke der Bogenaußenseite des Rohrbogens mit Zuschlägen	mm
s_v	Mindestwanddicke des geraden Rohres ohne Zuschläge $s_v = \frac{D_a \cdot p}{20\frac{K}{S} \cdot v + p}$ (AD 2000-Merkblatt B 1, Gl. (2) $-c_1 - c_2$)	mm
s_{vi}	Wanddicke der Bogeninnenseite ohne Zuschläge	mm
s_{va}	Wanddicke der Bogenaußenseite ohne Zuschläge	mm
B_i	Berechnungsbeiwert zur Ermittlung der Wanddicke der Bogeninnenseite	–
B_a	Berechnungsbeiwert zur Ermittlung der Wanddicke der Bogenaußenseite	–
$\overline{\sigma}_i$	mittlere Spannung der Bogeninnenseite	N/mm²
$\overline{\sigma}_a$	mittlere Spannung der Bogenaußenseite	N/mm²

[1)] Werden Rohre mit Innendurchmesser = Nenndurchmesser unter Beibehaltung des Außendurchmessers gebogen, so behält der Bogen den Außendurchmesser $d_a = d_i + 2s_v$ des geraden Rohres bei.

5 Berechnung

5.1 Berechnung der Wanddicke

5.1.1 Die Wanddicke der Bogeninnenseite ohne Zuschläge mit der mindestens erforderlichen Verdickung lässt sich berechnen zu:

$$s_{vi} = s_v \cdot B_i \quad (5)$$

1) für Rohrbögen mit vorgegebenem Innendurchmesser: mit dem Beiwert

$$B_i = \frac{s_{vi}}{s_v} = \frac{r}{s_v} - \frac{d_i}{2s_v} - \sqrt{\left(\frac{r}{s_v} - \frac{d_i}{2s_v}\right)^2 - 2\frac{r}{s_v} + \frac{d_i}{2s_v}} \quad (6)$$

Der Beiwert B_i kann in Abhängigkeit von r/d_i aus Bild 1 entnommen werden.

2) für Rohrbögen mit vorgegebenem Außendurchmesser: mit dem Beiwert

$$B_i = \frac{s_{vi}}{s_v} = \frac{d_a}{2s_v} + \frac{r}{s_v} - \left(\frac{d_a}{2s_v} + \frac{r}{s_v} - 1\right) \times \times \sqrt{\frac{\left(\frac{r}{s_v}\right)^2 - \left(\frac{d_a}{2s_v}\right)^2}{\left(\frac{r}{s_v}\right)^2 - \frac{d_a}{2s_v} \cdot \left(\frac{d_a}{2s_v} - 1\right)}} \quad (7)$$

Da mit d_a normalerweise auch der Krümmungsradius R vorgegeben ist, muss man hierbei

$$\frac{r}{s_v} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{d_a}{2s_v}\right)^2 + \left(\frac{R}{s_v}\right)^2\right] + \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left[\left(\frac{d_a}{2s_v}\right)^2 + \left(\frac{R}{s_v}\right)^2\right]^2 - \frac{d_a}{2s_v} \cdot \left(\frac{d_a}{2s_v} - 1\right) \cdot \left(\frac{R}{s_v}\right)^2}} \quad (8)$$

einsetzen.

Der Beiwert B_i kann in Abhängigkeit von R/d_a aus Bild 2 entnommen werden.

Die Gleichungen (6) und (7) liefern nur gleiche Ergebnisse, wenn

$$d_a = d_i + s_{vi} + s_{va} \quad (9)$$

und

$$R = r - \frac{1}{2} \cdot (s_{vi} - s_{va}) \quad (10)$$

gesetzt werden.

5.1.2 Die Wanddicke der Bogenaußenseite ohne Zuschläge mit der maximal zulässigen Verschwächung lässt sich berechnen zu:

$$s_{va} = s_v \cdot B_a \quad (11)$$

1) für Rohrbögen mit vorgegebenem Innendurchmesser: mit dem Beiwert

$$B_a = \frac{s_{va}}{s_v} = \sqrt{\left(\frac{r}{s_v} + \frac{d_i}{2s_v}\right)^2 + 2\frac{r}{s_v} + \frac{d_i}{2s_v}} - \frac{d_i}{2s_v} - \frac{r}{s_v} \quad (12)$$

Der Beiwert B_a kann in Abhängigkeit von r/d_i aus Bild 3 entnommen werden.

2) für Rohrbögen mit vorgegebenem Außendurchmesser: mit dem Beiwert

$$B_a = \frac{s_{va}}{s_v} = \frac{d_a}{2s_v} - \frac{r}{s_v} - \left(\frac{d_a}{2s_v} - \frac{r}{s_v} - 1\right) \times \times \sqrt{\frac{\left(\frac{r}{s_v}\right)^2 - \left(\frac{d_a}{2s_v}\right)^2}{\left(\frac{r}{s_v}\right)^2 - \frac{d_a}{2s_v} \cdot \left(\frac{d_a}{2s_v} - 1\right)}} \quad (13)$$

Hierin ist r/s_v nach Gleichung (8) einzusetzen.
Der Beiwert B_a kann in Abhängigkeit von R/d_a aus Bild 4 entnommen werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Gleichungen (12) und (13) liefern nur gleiche Ergebnisse, wenn zwischen d_i, d_a, r und R die Beziehungen (9) und (10) bestehen.

5.1.3 Bei Rohrbögen gleicher Wanddicke lässt sich die erforderliche Wanddicke ermitteln zu

$$s_{vi} = s_{va} = s_v \cdot B \tag{14}$$

1) für Rohrbögen mit vorgegebenem Innendurchmesser: mit dem Beiwert $B = B_i$ nach Gleichung (6) oder Bild 1 dieser Anlage,

2) für Rohrbögen mit vorgegebenem Außendurchmesser mit dem Beiwert

$$B = \frac{s_{vi}}{s_v} = \frac{s_{va}}{s_v} = \frac{d_a}{2s_v} - \frac{R}{s_v} + \sqrt{\left(\frac{d_a}{2s_v} - \frac{R}{s_v}\right)^2 + 2\frac{R}{s_v} - \frac{d_a}{2s_v}} \tag{15}$$

Der Beiwert B kann in Abhängigkeit von R/d_a aus Bild 5 entnommen werden.

Gleichung (6) liefert in Verbindung mit Gleichung (14) nur dann gleiche Ergebnisse wie Gleichung (15), wenn

$$d_a = d_i + 2s_{vi} \tag{16}$$

und

$$R = r \tag{17}$$

gesetzt werden.

5.2 Berechnung der Spannung

5.2.1 Die Festigkeitsbedingungen der Bogeninnenseite lauten

1) für Rohrbögen mit vorgegebenem Innendurchmesser:

$$\overline{\sigma}_i = \frac{p \cdot d_i}{20 \cdot s_{vi} \cdot v_N} \cdot \frac{2 \cdot r - 0,5d_i}{2 \cdot r - d_i - s_{vi}} + \frac{p}{20} \le \frac{K}{S} \tag{18}$$

2) für Rohrbögen mit vorgegebenem Außendurchmesser:

$$\overline{\sigma}_i = \frac{p \cdot (d_a - s_{vi} - s_{va})}{20 \cdot s_{vi} \cdot v_N} \times \times \frac{2 \cdot R - 0,5d_a + 1,5s_{vi} - 0,5s_{va}}{2 \cdot R - d_a + s_{vi}} + \frac{p}{20} \le \frac{K}{S} \tag{19}$$

5.2.2 Die Festigkeitsbedingungen der Bogenaußenseite lauten

1) für Rohrbögen mit vorgegebenem Innendurchmesser:

$$\overline{\sigma}_a = \frac{p \cdot d_i}{20 \cdot s_{va} \cdot v_N} \cdot \frac{2 \cdot r + 0,5d_i}{2 \cdot r + d_i + s_{va}} + \frac{p}{20} \le \frac{K}{S} \tag{20}$$

2) für Rohrbögen mit vorgegebenem Außendurchmesser:

$$\overline{\sigma}_a = \frac{p \cdot (d_a - s_{vi} - s_{va})}{20 \cdot s_{va} \cdot v_N} \times \times \frac{2 \cdot R + 0,5d_a + 0,5s_{vi} - 1,5s_{va}}{2 \cdot R + d_a - s_{va}} + \frac{p}{20} \le \frac{K}{S} \tag{21}$$

6 Schrifttum

[1] *Schwaigerer, S.:*
Festigkeitsberechnung von Bauteilen des Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbaus;
2., neu bearbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg / New York (1970)

[2] *Makkinejad, N.:*
Berechnung des Rohrbogens unter Innendruckbeanspruchung. VGB Kraftwerkstechnik 69 (1989) H. 9, S. 944–949

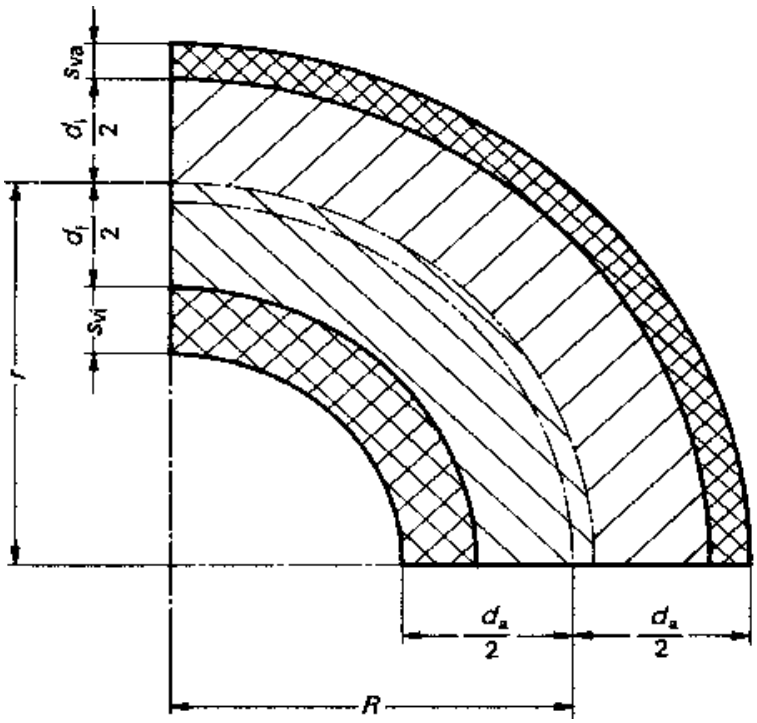


Bild 6. Bezeichnungen am Rohrbogen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

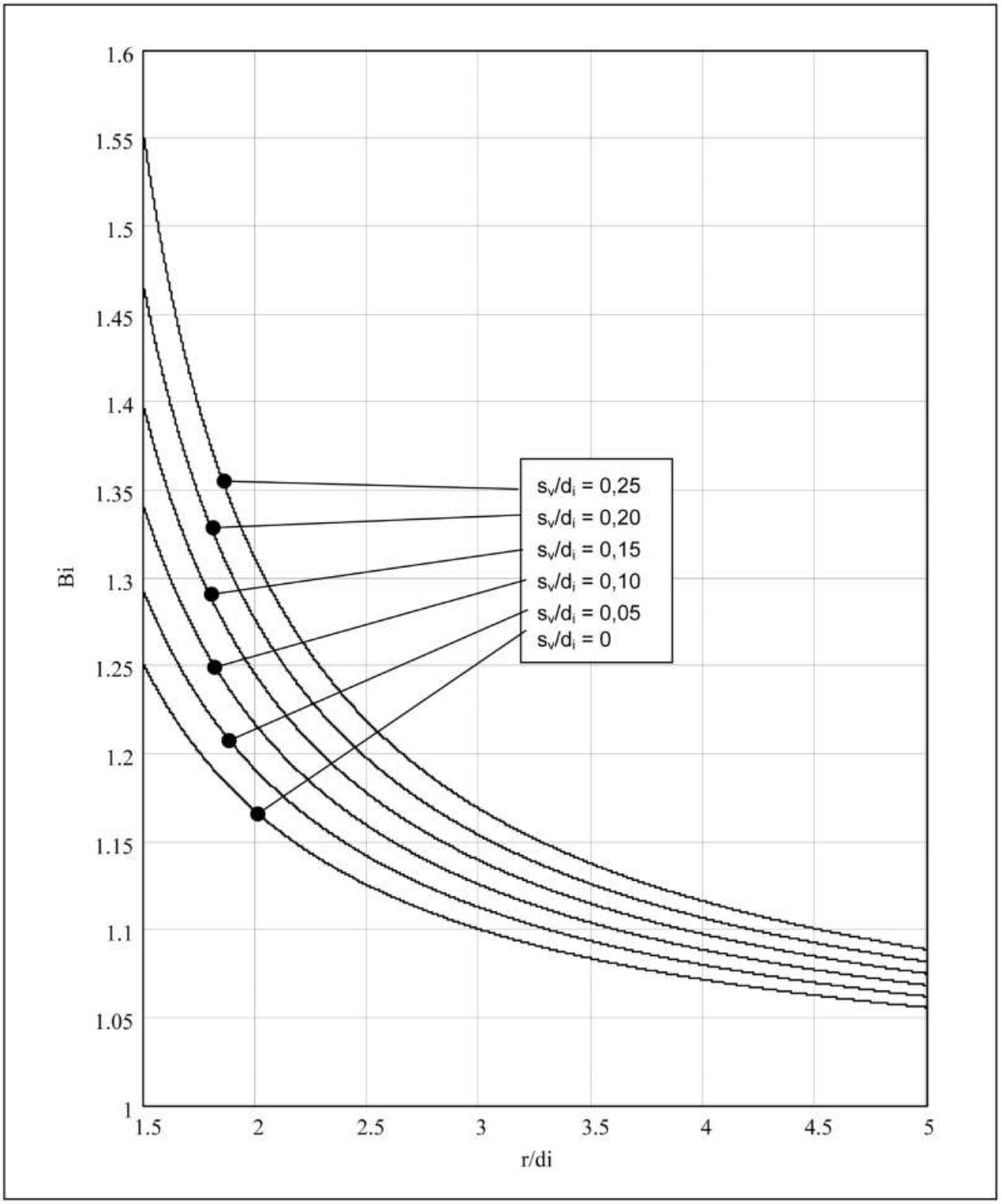


Bild 1. Beiwert B_i in Abhängigkeit von r/d_i

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

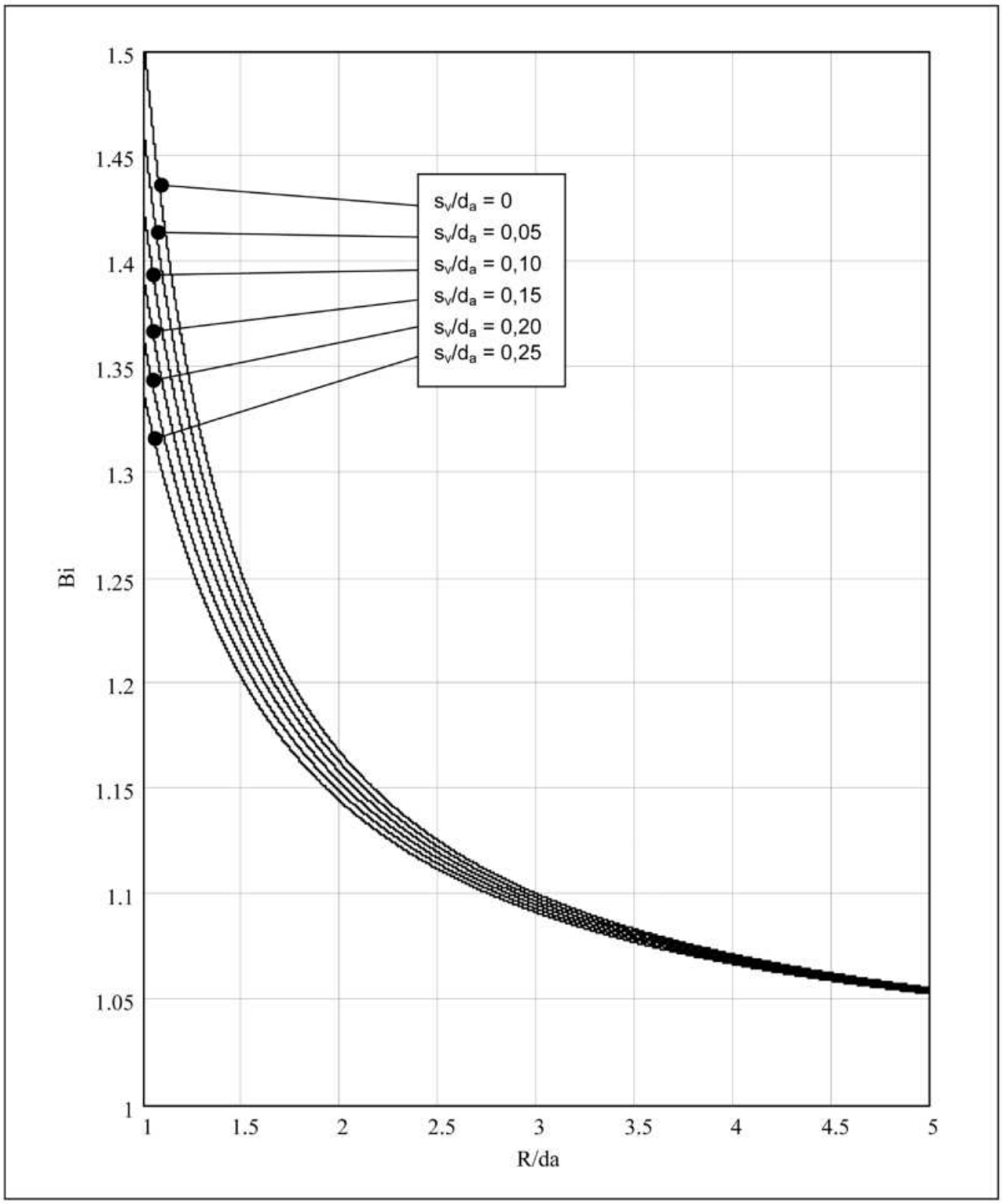


Bild 2. Beiwert B_i in Abhängigkeit von R/d_a

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

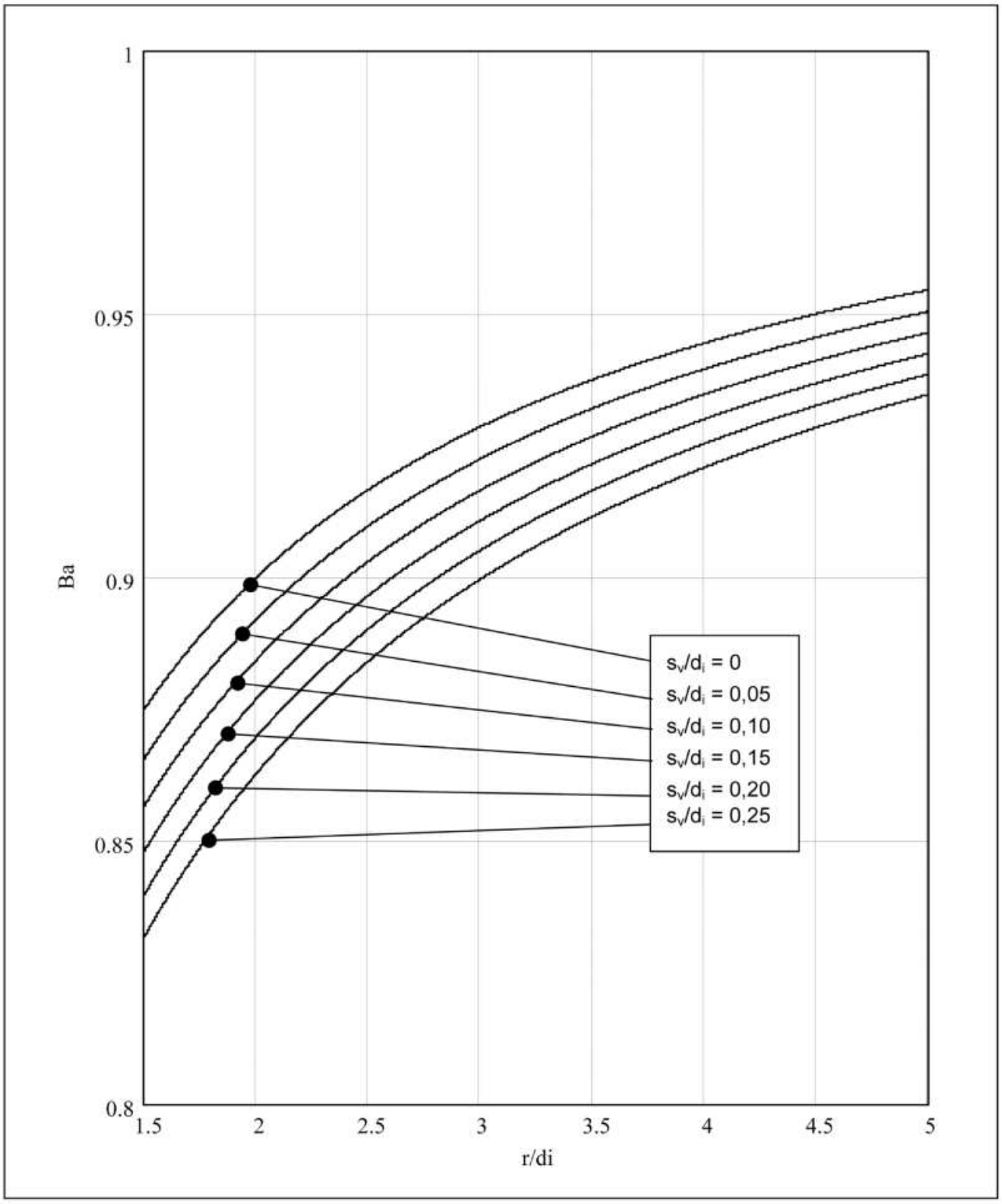


Bild 3. Beiwert B_a in Abhängigkeit von r/d_i

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

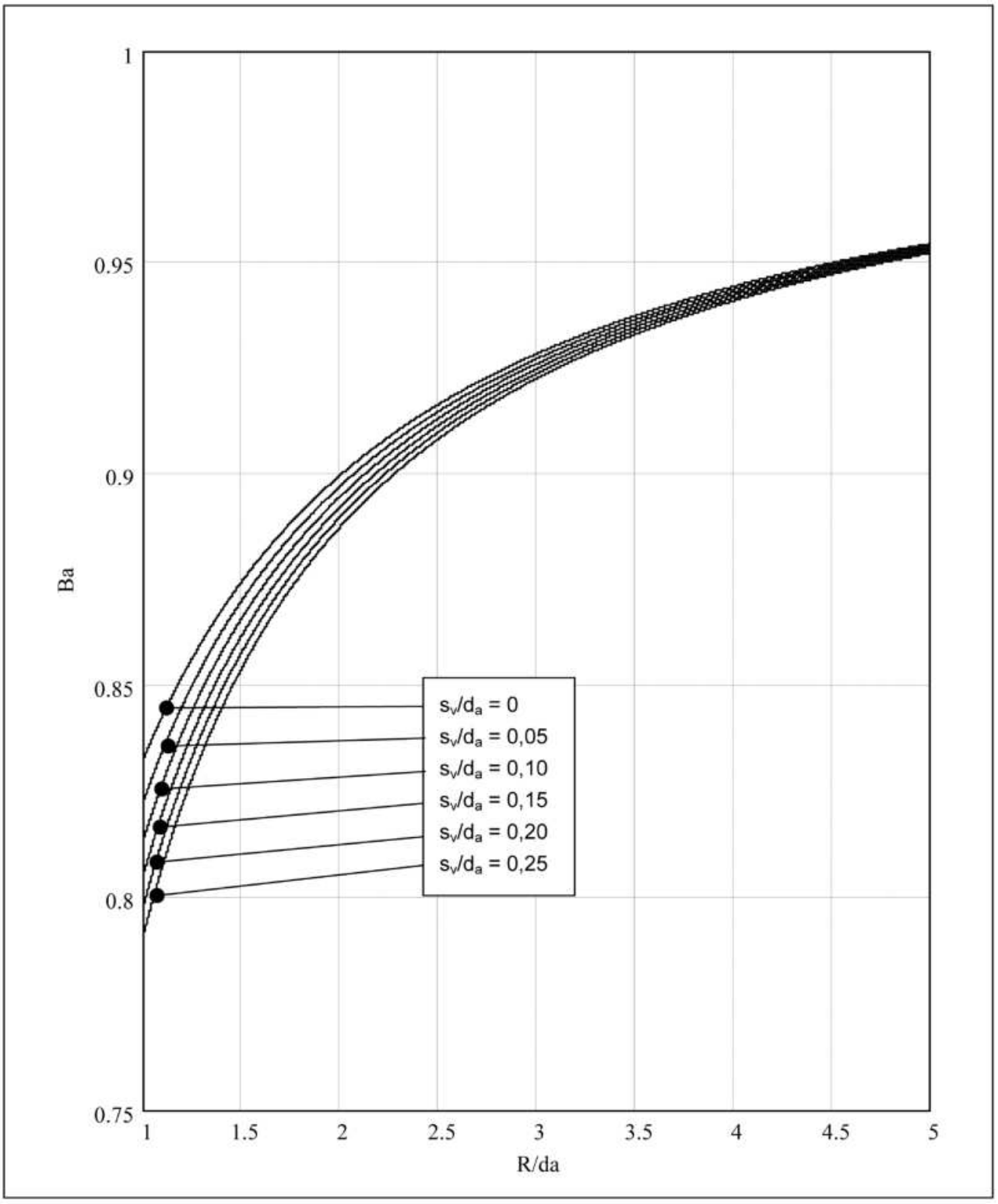


Bild 4. Beiwert B_a in Abhängigkeit von R/d_a

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

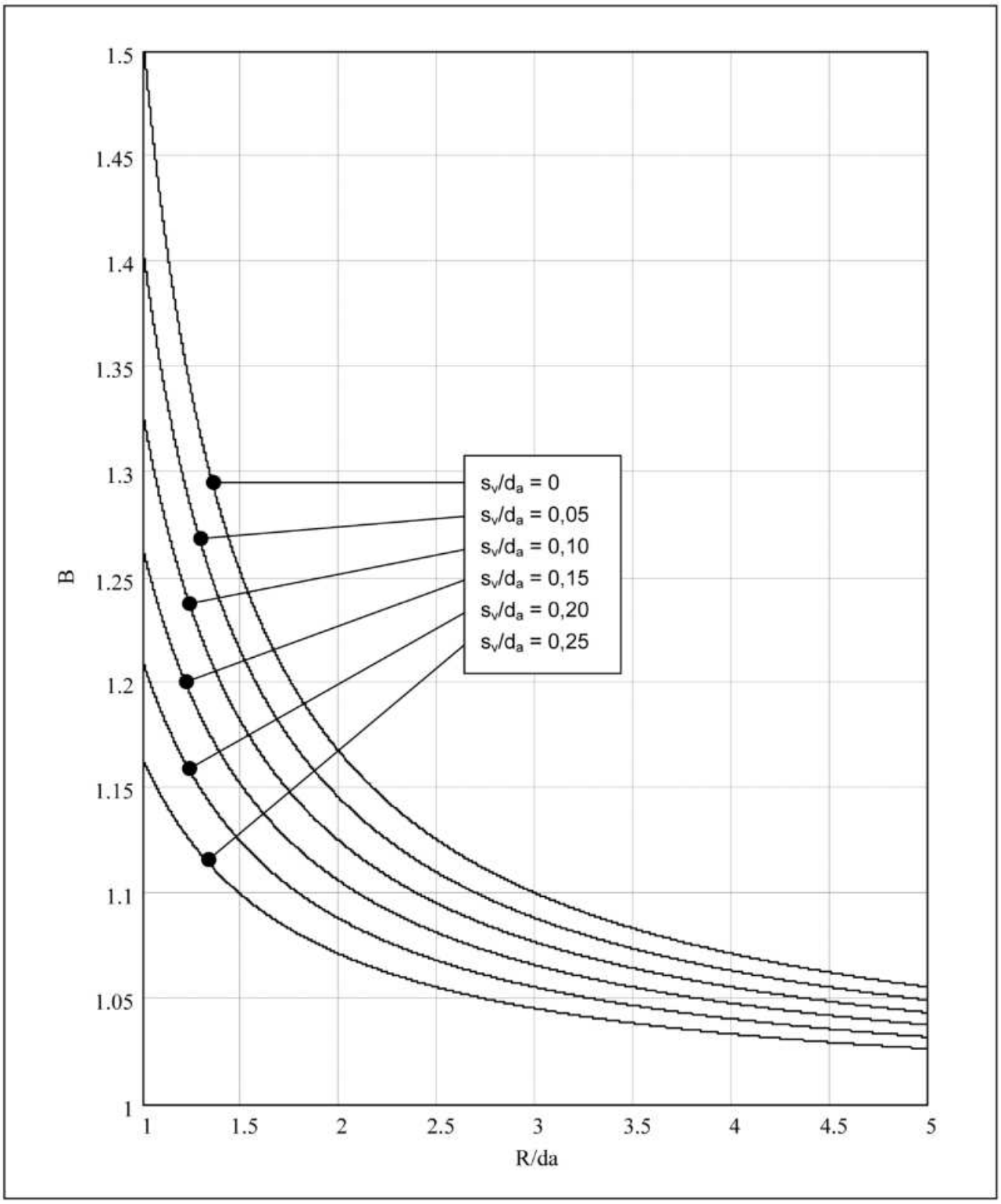


Bild 5. Beiwert *B* in Abhängigkeit von R/d_a

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Berechnung von Druckbehältern	**Kegelförmige Mäntel unter innerem und äußerem Überdruck**	**AD 2000-Merkblatt B 2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Sicherheitsbeiwert
5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen
6 Verschwächungen durch Ausschnitte
7 Zuschläge
8 Berechnung
9 Kleinste Wanddicke
10 Schrifttum

Anhang: Erläuterungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für kegelförmige Mäntel, die mit einem zylindrischen Mantel auf gleicher Achse durch Eckstoß oder Krempe verbunden sind (vgl. Bild 1) und durch inneren oder äußeren Überdruck beansprucht werden, in folgenden Grenzen:

$$0{,}001 \leq \frac{s - c_1 - c_2}{D_{a1}} \leq 0{,}1 \qquad (1)$$

Formel (1) muss für $s = s_l$ und für $s = s_g$ erfüllt sein.

Bei äußerem Überdruck ist der Öffnungswinkel begrenzt auf

$$-70^\circ \leq \varphi \leq 70^\circ \qquad (2)$$

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

1.1 Konvergierender Kegel ($\varphi > 0°$)

$$0{,}01 \leq \frac{r}{D_{a1}} \leq 0{,}15 \qquad (3)$$

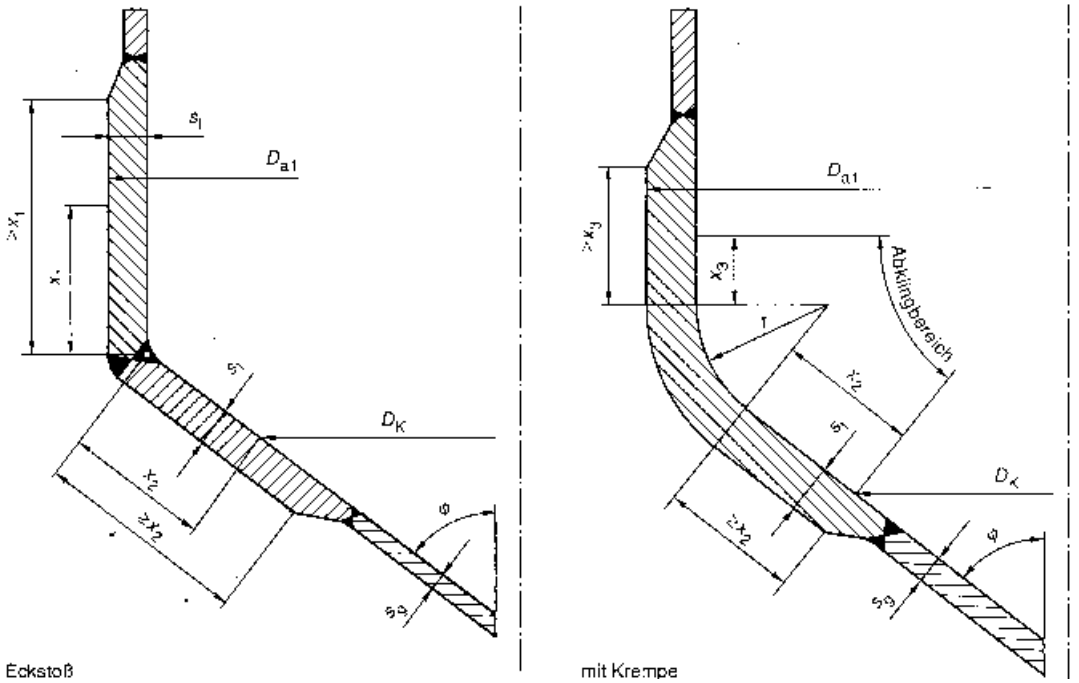


Bild 1a. Geometrien konvergierender Kegelmäntel

1.2 Divergierender Kegel ($\varphi < 0°$)

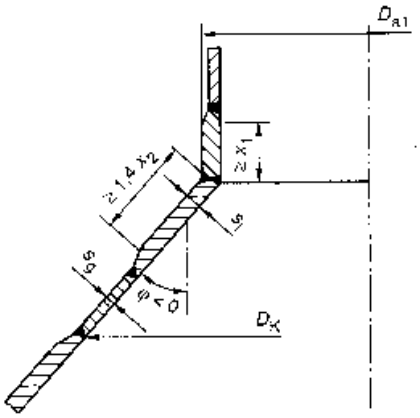


Bild 1b. Geometrie eines divergierenden Kegelmantels

Divergierende Kegel mit Krempe können in sicherer Abschätzung als divergierende Kegel mit Eckstoß nachgewiesen werden.

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anwendbar.

2.2 Die nachstehenden Berechnungsregeln setzen elastoplastisches Werkstoffverhalten voraus. Bei spröden Werkstoffen müssen durch Wahl entsprechend erhöhter Sicherheitsfaktoren, wie sie im AD 2000-Merkblatt B 0 festgelegt sind, die Spannungen werkstoffgerecht begrenzt werden.

In Ausnahmefällen kann alternativ in Abstimmung mit der zuständigen unabhängigen Stelle eine Auslegung mit den im Anhang dargestellten Extremspannungen erfolgen.

2.3 Bei Eckstoßverbindungen liegt der Ort höchster Beanspruchung in der Schweißnaht. Daher muss diese gegengeschweißt oder der Nachweis der Gleichwertigkeit durch eine zerstörungsfreie Prüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Abschnitt 2.2.2 Absatz (3) geführt werden.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

D_{a1}	Außendurchmesser des angeschlossenen Zylinders	in mm
D_{a2}	Außendurchmesser an einer wirksamen Versteifung	in mm
D_K	Berechnungsdurchmesser	in mm
D_s	Manteldurchmesser am Stutzen gemäß Bild 2	in mm
l	Kegellänge zwischen wirksamen Versteifungen	in mm
s_g	erf. Wanddicke außerhalb des Abklingbereiches	in mm
s_l	erf. Wanddicke innerhalb des Abklingbereiches	in mm
x_i	Abklinglängen (i = 1, 2, 3; siehe Bild 1 und Formel (5))	in mm
φ	Kegelöffnungswinkel	in °

4 Sicherheitsbeiwert

4.1 Der Sicherheitsbeiwert S ist den Tafeln 2 und 3 des AD 2000-Merkblattes B 0 zu entnehmen.

4.2 Bei Beanspruchung durch äußeren Überdruck ist der Sicherheitsbeiwert nach Abschnitt 4.1 um 20 % zu erhöhen. Bei Grauguss bleibt der Wert unverändert.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.3 Die Sicherheitsbeiwerte gegen elastisches und plastisches Einbeulen des Kegels sind AD 2000-Merkblatt B 6 zu entnehmen.

5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen

Die Regelungen des Abschnittes 8 des AD 2000-Merkblattes B 0 sind wie folgt anzuwenden:

5.1 Die in den Bildern 3.1 bis 3.8 sowie in Formel (8) enthaltenen Faktoren v beziehen sich auf Längs- und Rundnähte im Abklingbereich gemäß Bild 1 und gelten gleichermaßen bei innerem und äußerem Überdruck.

5.2 Der in Formel (6) enthaltene Faktor v bezieht sich auf Längsnähte im Kegel außerhalb des Abklingbereiches; bei Beanspruchung durch äußeren Überdruck kann hier $v = 1$ eingesetzt werden.

6 Verschwächungen durch Ausschnitte

Kegelausschnitte außerhalb des Abklingbereiches (vgl. Bild 2)

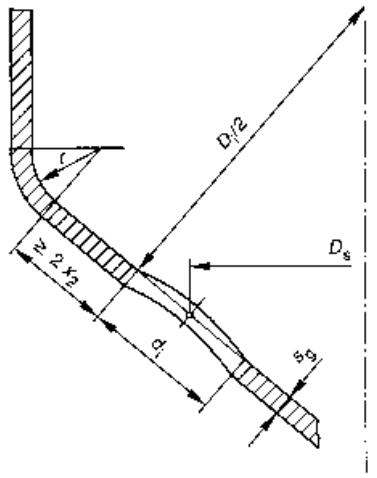


Bild 2. Geometrie eines Kegelausschnittes

sind für Kegelöffnungswinkel $|\varphi| < 70°$ nach AD 2000-Merkblatt B 9 mit dem Zylinder-Ersatzdurchmesser

$$D_i = \frac{D_s + d_i \cdot |\sin\varphi|}{\cos\varphi}, \qquad (4)$$

für größere Kegelöffnungswinkel nach AD 2000-Merkblatt B 5 zu berechnen.

7 Zuschläge

Siehe AD 2000-Merkblatt B 0.

8 Berechnung

8.1 Innerer Überdruck

Die Bestimmung der erforderlichen Wanddicken erfolgt getrennt für den besonders durch Biegebeanspruchungen in Mantelrichtung beanspruchten Bereich der Abklinglänge nach Abschnitt 8.1.1 und den vorwiegend durch Umfangs-Membranspannungen belasteten Kegelbereich nach Abschnitt 8.1.2. Flache Kegelböden mit Kegelöffnungswinkeln $|\varphi| > 70°$ werden nur nach Abschnitt 8.1.3 ausgelegt.

8.1.1 Kegelanschluss (innerhalb Abklingbereich)

Innerhalb des Abklingbereiches, der für die einzelnen Ausführungsarten durch Bild 1 und

$$x_1 = \sqrt{D_{a1}\,(s_l - c_1 - c_2)}; \qquad (5)$$

$$x_2 = 0{,}7\,\sqrt{D_{a1}(s_l - c_1 - c_2)\,/\cos\varphi}; \quad x_3 = 0{,}5\,x_1$$

festgelegt ist, ist die Wanddicke s_l in Abhängigkeit von

$$\varphi,\ \frac{p \cdot S}{15 \cdot K \cdot v}\ \text{und}\ \frac{r}{D_{a1}}$$

für den konvergierenden Kegel den Bildern 3.1 bis 3.7, für den divergierenden Kegel Bild 3.8 zu entnehmen. Für Zwischenwerte des Kegelöffnungswinkels φ können die Wanddicken linear interpoliert werden. Bei Zwischenwerten des Verhältnisses r/D_{a1} ist die jeweilige, in den Bildern 3.1 bis 3.8 angegebene Interpolationsgleichung anzuwenden. Die Wanddicke s_l muss mindestens gleich der nach Abschnitt 8.1.2 ermittelten Wanddicke s_g sein, wobei beim divergierenden Kegel für die Ermittlung der Wanddicke s_g der Berechnungsdurchmesser D_K nach der Abklinglänge $1{,}4\,x_2$ einzusetzen ist.

8.1.2 Kegelmantel (außerhalb Abklingbereich)

Außerhalb des Abklingbereiches gemäß Bild 1 ist eine Wanddicke

$$s_g = \frac{D_K \cdot p}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v - p} \cdot \frac{1}{\cos\varphi} + c_1 + c_2 \qquad (6)$$

erforderlich, mit

$$D_K = D_{a1} - 2\,[s_l + r\,(1 - \cos\varphi) + x_2\,\sin\varphi] \qquad (7)$$

für den konvergierenden Kegel. Beim divergierenden Kegel ist für D_K in Formel (6) der größte Kegeldurchmesser mit der Wanddicke s_g einzusetzen.

8.1.3 Flache konvergierende Kegelmäntel ($\varphi > 70°$)

Bei flachen Kegelböden mit einem Krempenradius von $r \geq 0{,}01\,D_{a1}$ beträgt die erforderliche Wanddicke

$$s_l = s_g = 0{,}3 \cdot (D_{a1} - r) \cdot \frac{|\varphi|}{90}\sqrt{\frac{p}{10 \cdot \frac{K}{S} \cdot v}} + c_1 + c_2 \qquad (8)$$

8.2 Äußerer Überdruck

Die Berechnung ist nach Abschnitt 8.2.2 zur Begrenzung bleibender Dehnungen und nach Abschnitt 8.2.3 zum Nachweis ausreichender Stabilität durchzuführen.

Bei divergierendem Kegel ist dabei ein konvergierender Kegel gleichen Öffnungswinkels anzunehmen. Die erforderliche Wanddicke ist dann das 2,5-fache der sich aus der Berechnung als konvergierender Kegel ergebenden Wanddicke. Dieser Nachweis kann ersetzt werden durch den Einbau eines Eckringes nach Abschnitt 8.2.4.

8.2.1 Formabweichungen

Die Berechnung gegen äußeren Überdruck setzt die Einhaltung der in den AD 2000-Merkblättern B 6 und HP 1 festgelegten Grenzen der Formabweichung voraus.

8.2.2 Begrenzung bleibender Dehnungen

Zur Begrenzung bleibender Dehnungen sind bei äußerem Überdruck die Berechnungen nach Abschnitt 8.1 mit einem nach Abschnitt 4.2 erhöhten Sicherheitsbeiwert durchzuführen.

8.2.3 Stabilität

Zusätzlich muss bei äußerem Überdruck überprüft werden, ob der Kegelbereich ausreichende Sicherheit gegen elastisches und plastisches Beulen aufweist. Dieser Nachweis erfolgt nach AD 2000-Merkblatt B 6 durch Untersuchung eines Ersatzzylinders.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

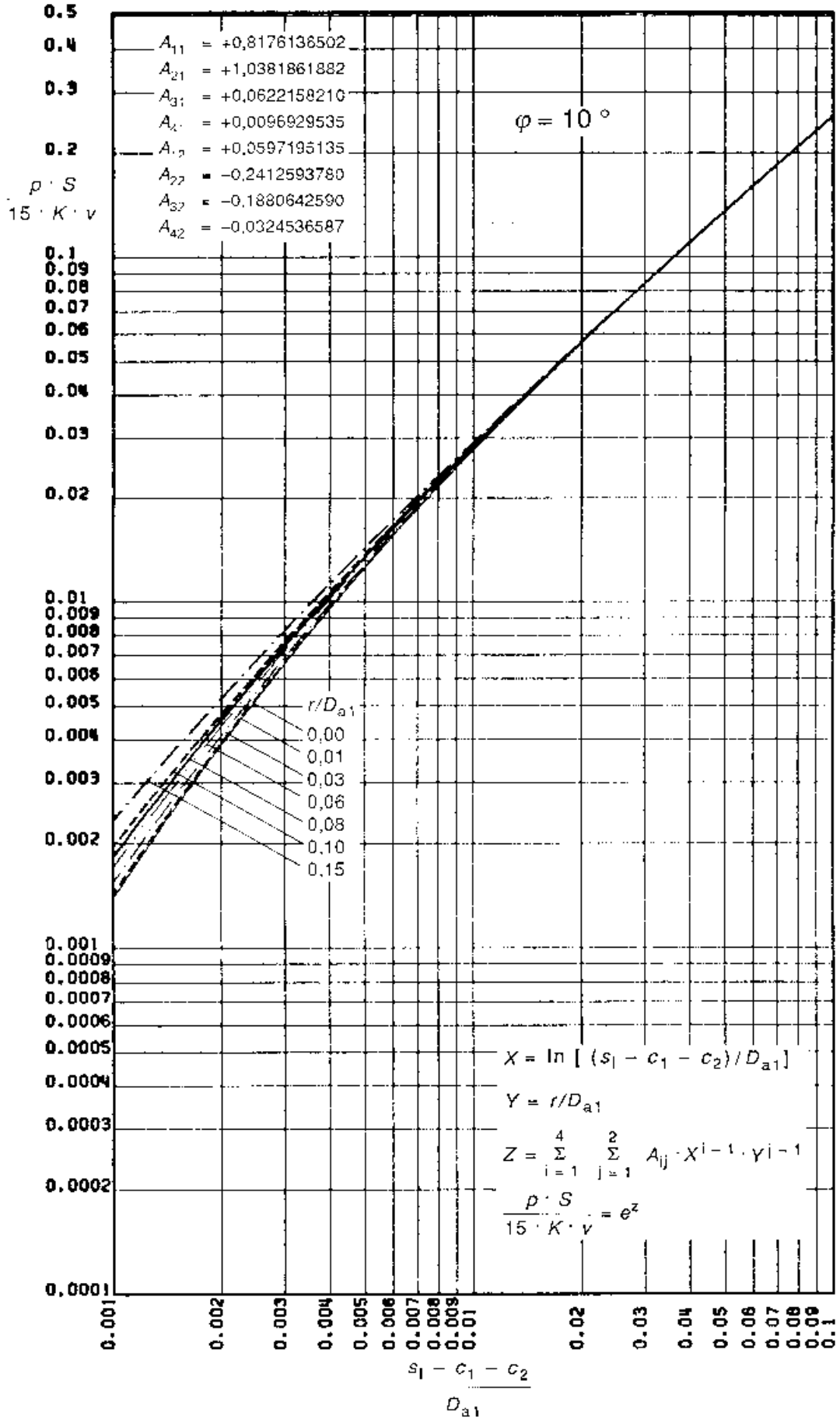


Bild 3.1. Zulässiger Wert $\frac{p \cdot S}{15 \cdot K \cdot v}$ für konvergierenden Kegel mit einem Öffnungswinkel $\varphi = 10°$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

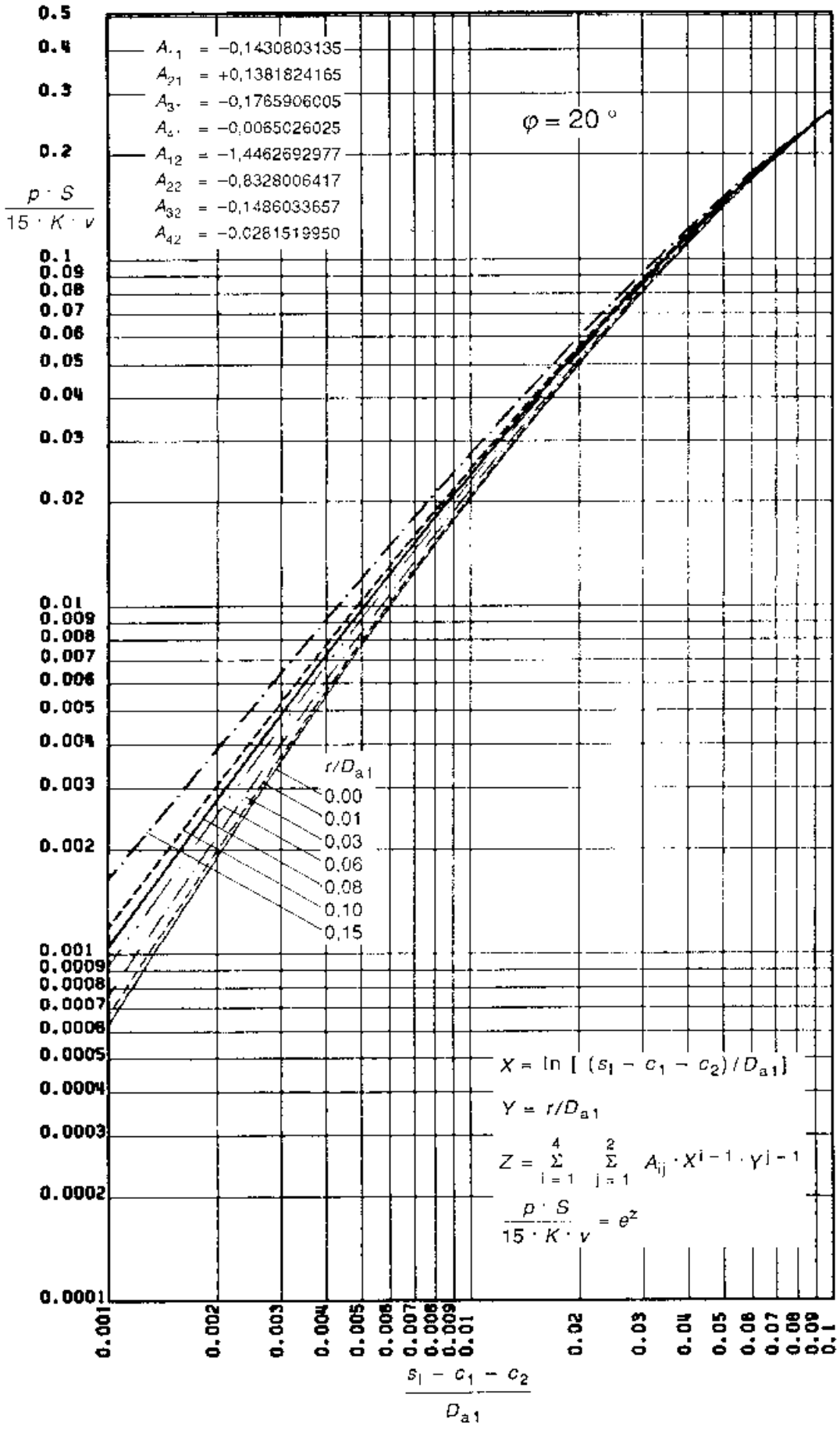


Bild 3.2. Zulässiger Wert $\frac{p \cdot S}{15 \cdot K \cdot v}$ für konvergierenden Kegel mit einem Öffnungswinkel $\varphi = 20°$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

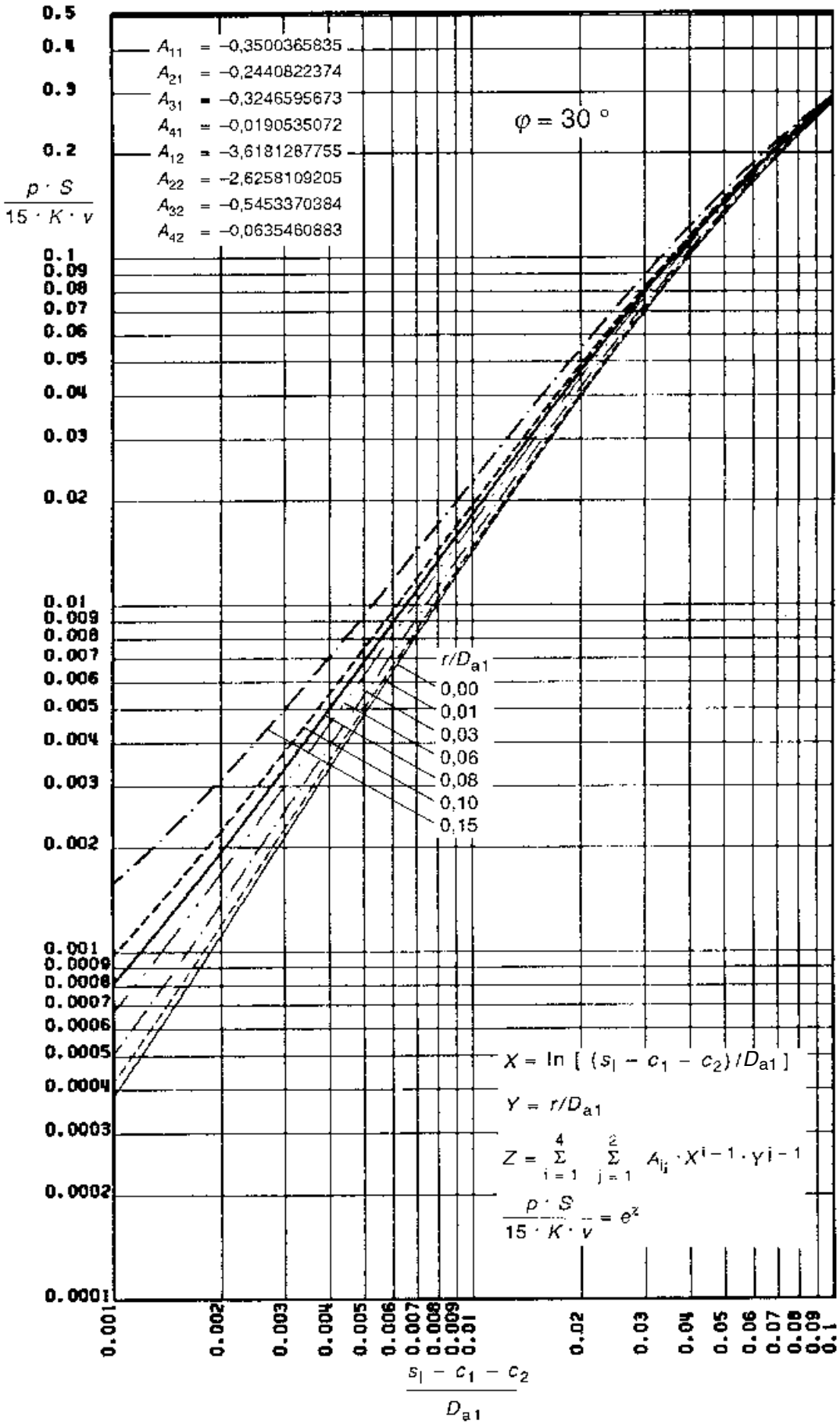


Bild 3.3. Zulässiger Wert $\frac{p \cdot S}{15 \cdot K \cdot v}$ für konvergierenden Kegel mit einem Öffnungswinkel $\varphi = 30°$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

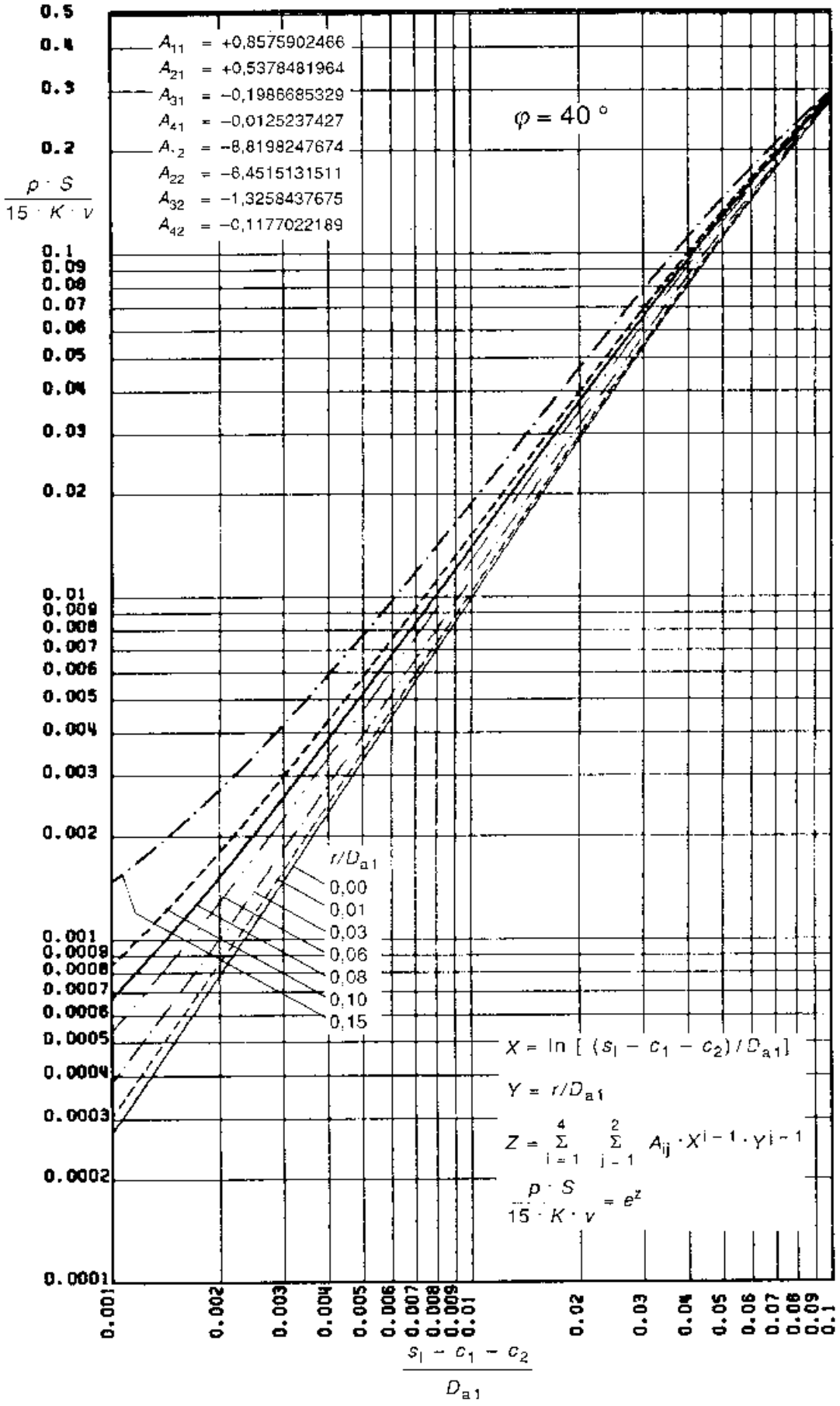


Bild 3.4. Zulässiger Wert $\frac{p \cdot S}{15 \cdot K \cdot v}$ für konvergierenden Kegel mit einem Öffnungswinkel $\varphi = 40°$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

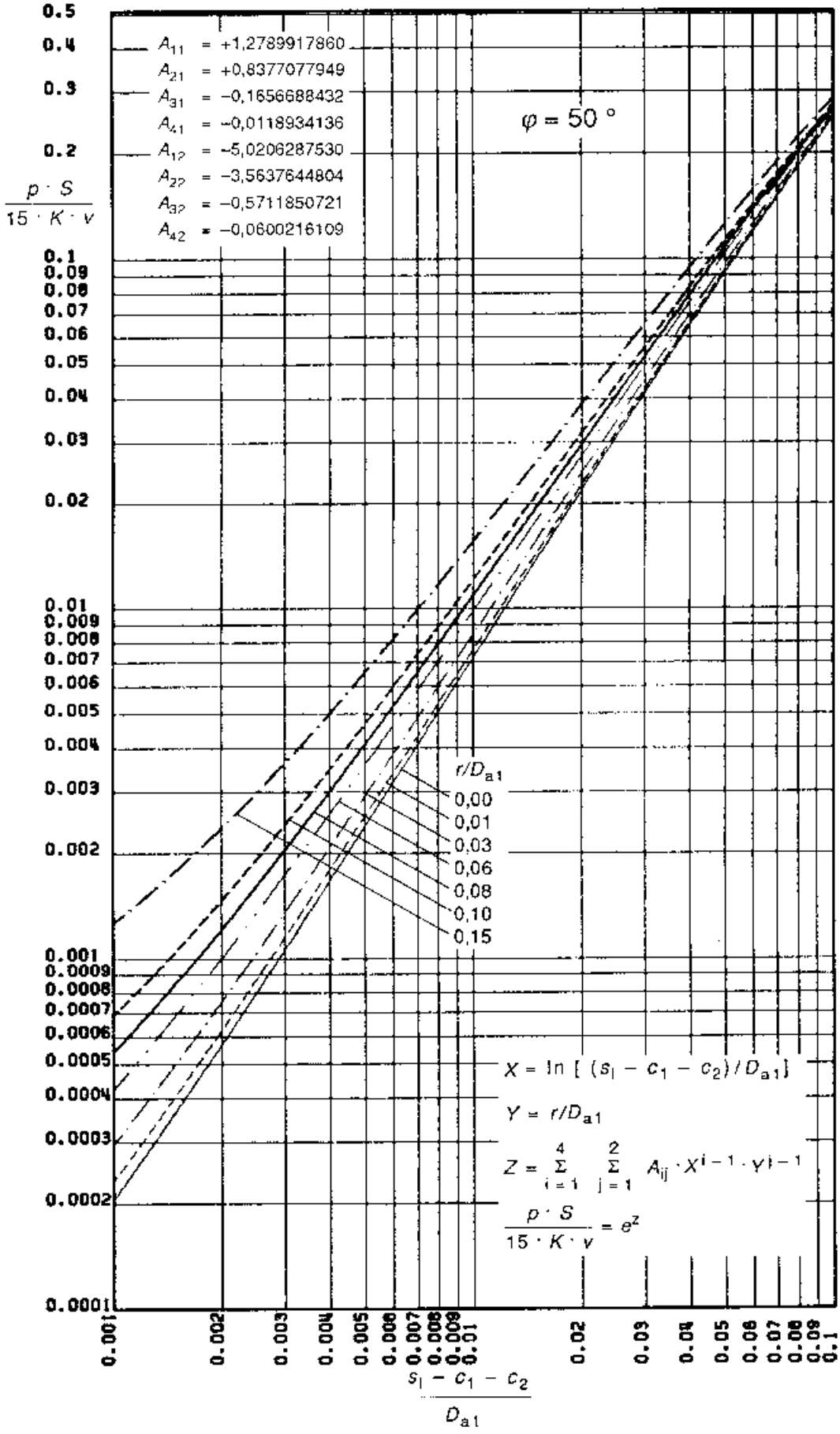


Bild 3.5. Zulässiger Wert $\frac{p \cdot S}{15 \cdot K \cdot v}$ für konvergierenden Kegel mit einem Öffnungswinkel $\varphi = 50°$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

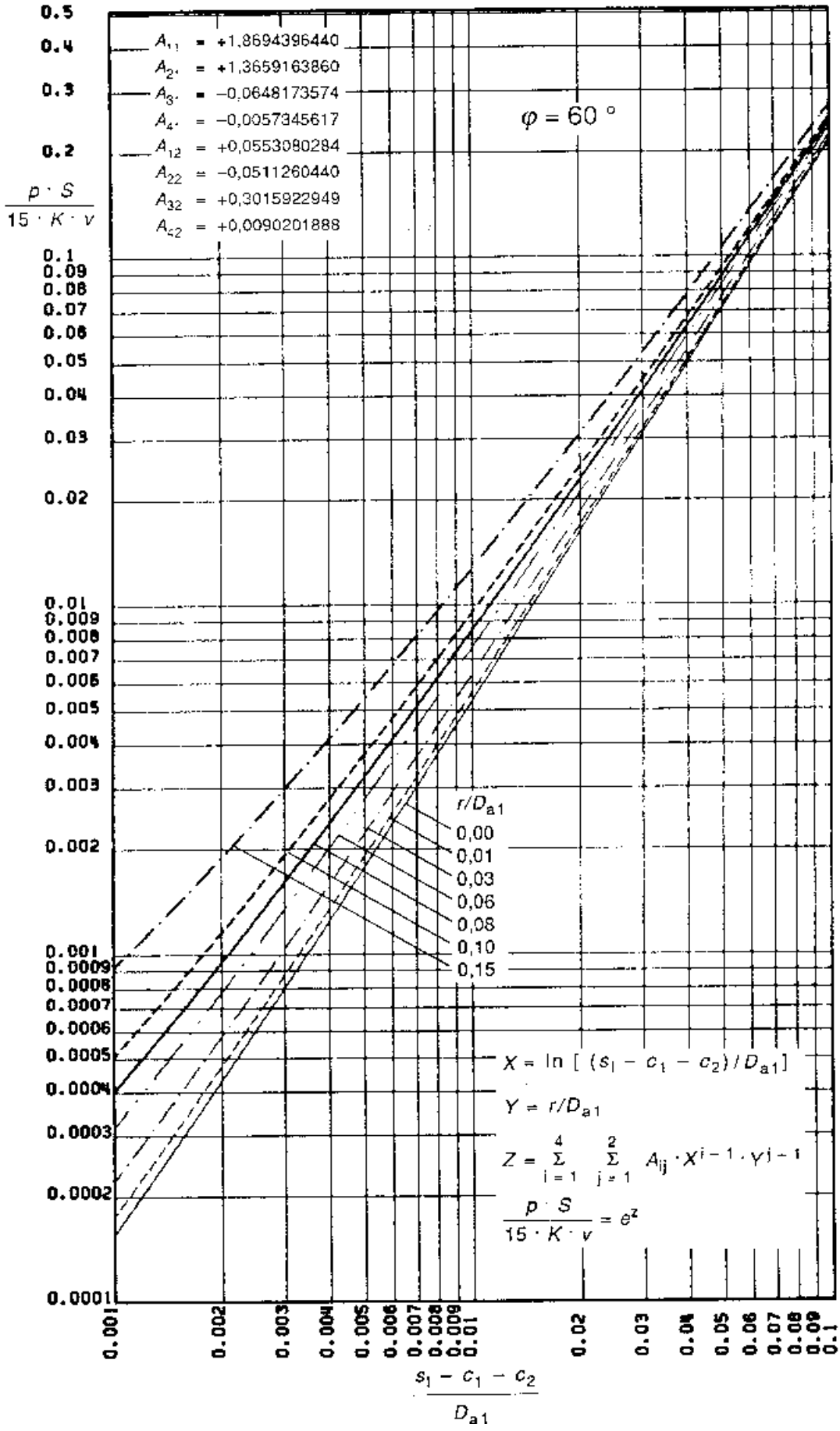


Bild 3.6. Zulässiger Wert $\frac{p \cdot S}{15 \cdot K \cdot v}$ für konvergierenden Kegel mit einem Öffnungswinkel $\varphi = 60°$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

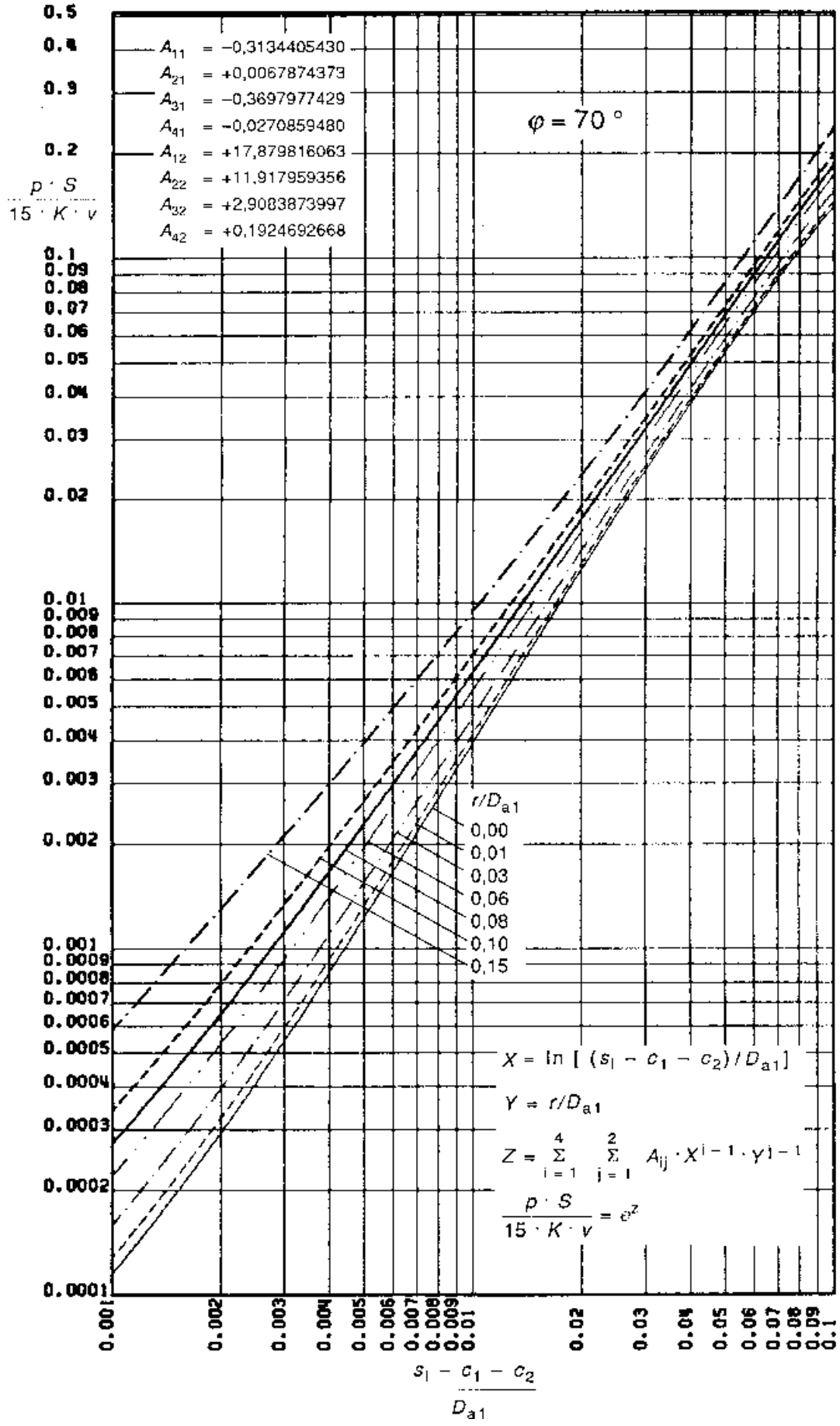


Bild 3.7. Zulässiger Wert $\frac{p \cdot S}{15 \cdot K \cdot v}$ für konvergierenden Kegel mit einem Öffnungswinkel $\varphi = 70°$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

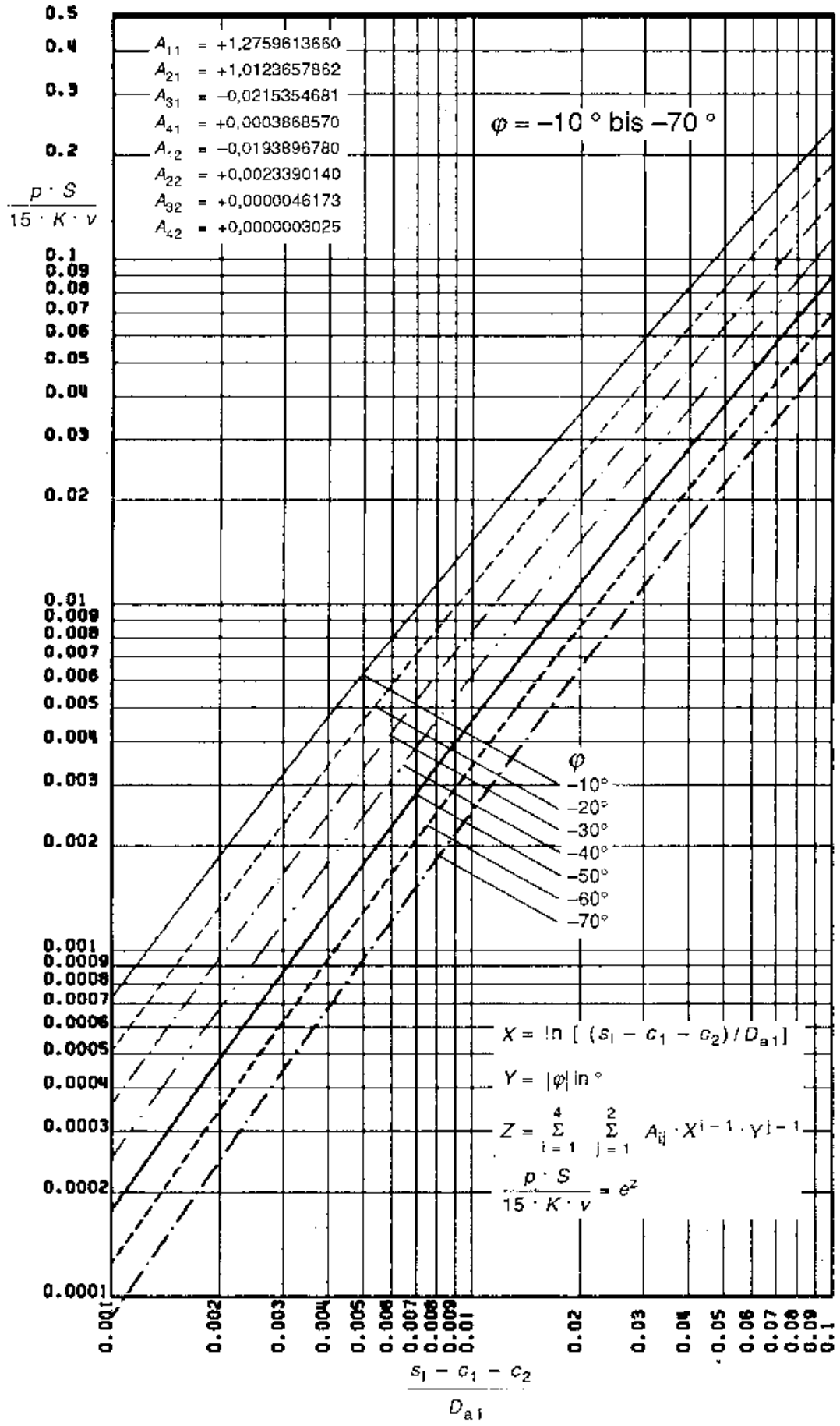


Bild 3.8. Zulässiger Wert $\frac{p \cdot S}{15 \cdot K \cdot v}$ für divergierenden Kegel (Eckstoß) mit einem Öffnungswinkel φ = −10° bis −70°

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

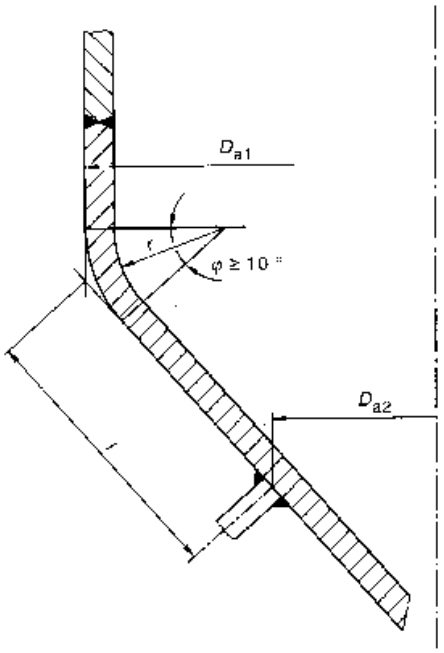


Bild 4. Geometrische Größen bei Beanspruchung durch äußeren Überdruck

Für das in Bild 4 dargestellte Beispiel ergibt sich zwischen Krempe und der dargestellten Versteifung ein Zylinder-Ersatzdurchmesser von

$$D_a = \frac{D_{a1} + D_{a2}}{2 \cdot \cos\varphi} \tag{9}$$

und eine Zylinder-Ersatzlänge von

$$l = \frac{D_{a1} - D_{a2}}{2\,|\sin\varphi|} \tag{10}$$

Abhängig von der jeweiligen Randbedingung muss die Ersatzlänge sicher zwischen zwei wirksamen Versteifungen im Sinne von AD 2000-Merkblatt B 6 abgeschätzt werden. Winkel zwischen zylindrischem Mantel und konvergierendem Kegel von $\varphi \geq 10°$ können als wirksame Versteifung betrachtet werden.

8.2.4 Eckringverstärkung für divergierenden Kegel

Ein Eckring im Übergang eines divergierenden Kegelmantels zum zylindrischen Mantel muss folgende Bedingungen erfüllen:

$$I \geq \frac{S_K \cdot p \cdot D_{a1}^4}{960 \cdot E} \cdot \tan|\varphi| \tag{11}$$

$$A \geq \frac{p \cdot D_{a1}^2}{80 \cdot \frac{K}{S}} \cdot \tan|\varphi| \tag{12}$$

Dabei ist I das Trägheitsmoment um die Achse parallel zur Symmetrielinie, A die Ringfläche, S_K der Sicherheitsbeiwert gegen elastisches Beulen nach AD 2000-Merkblatt B 6 und D_{a1} der Durchmesser nach Bild 1b. Trägheitsmoment und Fläche der Schale selbst können in einer Breite von $0{,}5\sqrt{D_{a1} \cdot s_l}$ als mittragend berücksichtigt werden.

Die Zylinderersatzlänge nach Formel (10) ist dabei als Summe der meridionalen Einzellänge von Kegel und Zylinder zu bilden.

9 Kleinste Wanddicke

9.1 Die kleinste Wanddicke kegelförmiger Mäntel wird mit 2 mm festgelegt.

9.2 Abweichend von Abschnitt 9.1 gilt für die kleinste Wanddicke bei kegelförmigen Mänteln aus Aluminium und dessen Legierungen 3 mm.

9.3 Ausnahmen von den Festlegungen nach den Abschnitten 9.1 und 9.2 sind im Rahmen des AD 2000-Merkblattes B 0 Abschnitt 10.2 möglich.

10 Schrifttum

[1] *Schwaigerer, S.:* Festigkeitsberechnung im Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau; 4. Auflage, Springer, 1983.

[2] *Ciprian, J.,* u. *H. Wolf:* Bemessungsvorschläge für kegelförmige Böden unter innerem Überdruck; Chem. Eng. Proc. **18** (1984), S. 5–13.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang zu AD 2000-Merkblatt B 2

11 Erläuterungen

Zu 8.1.1

Grundlage zur Erstellung der Bilder 3.1 bis 3.8 waren geometrisch und physikalisch lineare Spannungsberechnungen ausgewählter Kegel-Zylinder-Kombinationen homogener Wanddicke mit einem numerischen Programm auf der Grundlage des Übertragungs- oder Stufenkörperverfahrens [A1]. Das Bild 3.8 für den divergierenden Kegel gilt für den Eckstoß. Die Verwendung dieses Bildes für krempenförmige Übergänge ist konservativ, weshalb auf die Untersuchung verschiedener r/D_{a1}-Verhältnisse verzichtet wurde. Aus Bild A1, in dem eine typische Spannungsverteilung dargestellt ist, wird deutlich, dass die Beanspruchung im Krempen- (bzw. Eckstoß-)bereich sehr inhomogen und die Höchstbeanspruchung auf einen sehr engen Bereich konzentriert ist. Diese Spannungsverteilung erlaubt bei ausreichend zähem Werkstoffverhalten die Bemessung nach einem elastoplastischen Bemessungskriterium. Gewählt wurde das sogenannte Einspielkriterium [A2], wonach die lokalen Membranvergleichsspannungen (Vergleichsspannungen auf Schalenmittellinie) die Bedingung

$$\sigma_{vm} \leq K$$

und die Gesamtvergleichsspannungen (Vergleichsspannungen auf der Innen- bzw. Außenfaser) die Restriktion

$$\sigma_{vg} \leq K \left[2 - \left(\frac{\sigma_{vm}}{K} \right)^2 \right]$$

erfüllen müssen. Die beiden Vergleichsspannungen wurden nach der Gestaltänderungsenergiehypothese am Ort höchster Beanspruchung im Sinne des Einspielkriteriums gebildet und sind in Abhängigkeit der Parameter s_l/D_{a1} und r/D_{a1} für den Winkelbereich $-70° \leq \varphi \leq 70°$ in der Tafel A1 zusammengefasst.

Die Information dieser Tafel erlaubt die Anwendung anderer Bemessungskriterien; die Bestimmung der Wanddicke muss dann aufgrund der Nichtlinearität $s_l = f\,(s_l/D_{a1})$ auf iterativem Weg erfolgen.

Zu 8.1.2

Wie Bild A1 zeigt, kehren beim konvergierenden Kegel die für den ungestörten Kegelbereich beanspruchungsbestimmenden Tangentialmembranspannungen im Bereich der Krempe das Vorzeichen um. Dies erlaubt, die global wirkende Tangentialmembranspannung mit dem reduzierten Durchmesser D_K nach Formel (7) zu berechnen. Beim divergierenden Kegel hingegen treten gegenüber dem Zylinder erhöhte Tangentialspannungen auf. Daher muss in diesem Fall der maximale Durchmesser D_K in Formel (6) eingesetzt werden.

Zu 8.2.3

Zur Untersuchung der versteifenden Wirkung von Zylinder-Kegel-Verbindungen wurde eine Reihe von numerischen Stabilitätsberechnungen [A1] mit verschiedenen φ- und r/D-Werten durchgeführt. Das Werkstoffverhalten wurde dabei linear elastisch, die Geometrie imperfektionslos angenommen.

Selbst bei sehr kleinen Kegelöffnungswinkeln war die versteifende Wirkung der Eckverbindung beim konvergierenden Kegel so groß, dass eine Auslegung nach Abschnitt 8.2 zu sicheren Ergebnissen führt. Der Bereich des Öffnungswinkels, bei dem die unversteifte Eckverbindung als wirksame Versteifung im Sinne von AD 2000-Merkblatt B 6 angesehen werden kann, wurde daher in sicherer Abschätzung auf 10° beschränkt.

Ganz anders stellt sich das Stabilitätsverhalten bei divergierenden Kegelschalen dar [A6], wo die beulbestimmenden Membranumfangsspannungen im Abklingbereich erhöht auftreten, was zu drastisch erniedrigten Stabilitätsdrücken führen kann. Dieses Phänomen ist nicht zu befürchten, wenn eine der folgenden Voraussetzungen erfüllt ist:

- Überdimensionierung (d. h. Wanddicke beträgt mehr als das Zweieinhalbfache der Wanddicke, die für den konvergierenden Kegel gleichen Öffnungswinkels notwendig ist).
- Einbau eines Eckringes.

Schrifttum des Anhanges

[A1] *Esslinger, M., Geier, B.,* und *U. Wendt:* Berechnung der Traglast von Rotationsschalen im elastoplastischen Bereich; Stahlbau **3** (1985), S. 76–80.

[A2] *Ciprian, J.:* Ausgewählte Kapitel aus nationalen und internationalen Regelwerken zur Frage der Auslegung von Druckbehältern; VT-Verfahrenstechnik **14** (1980).

[A3] *Findlay, G. E.,* und *W. Timmins:* Toriconical Heads: A Parametric Study of Elastic Stresses and Implications on Design. The International Journal of Pressure Vessels and Piping **15** (1984), S. 213–217.

[A4] *Myler, P.,* and *M. Robinson:* Limit Analysis of Intersecting Conical Pressure Vessels. The International Journal of Pressure Vessels and Piping **18** (1985), S. 209–240.

[A5] Richtlinienkatalog Festigkeitsberechnungen. Behälter und Apparate, Teil 1, 1979. VEB Komplette Chemieanlagen, Dresden.

[A6] *Hey, H.:* Stabilitätsfragen bei Krempen; TÜ **29** (1988) H 12, S. 408–413.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

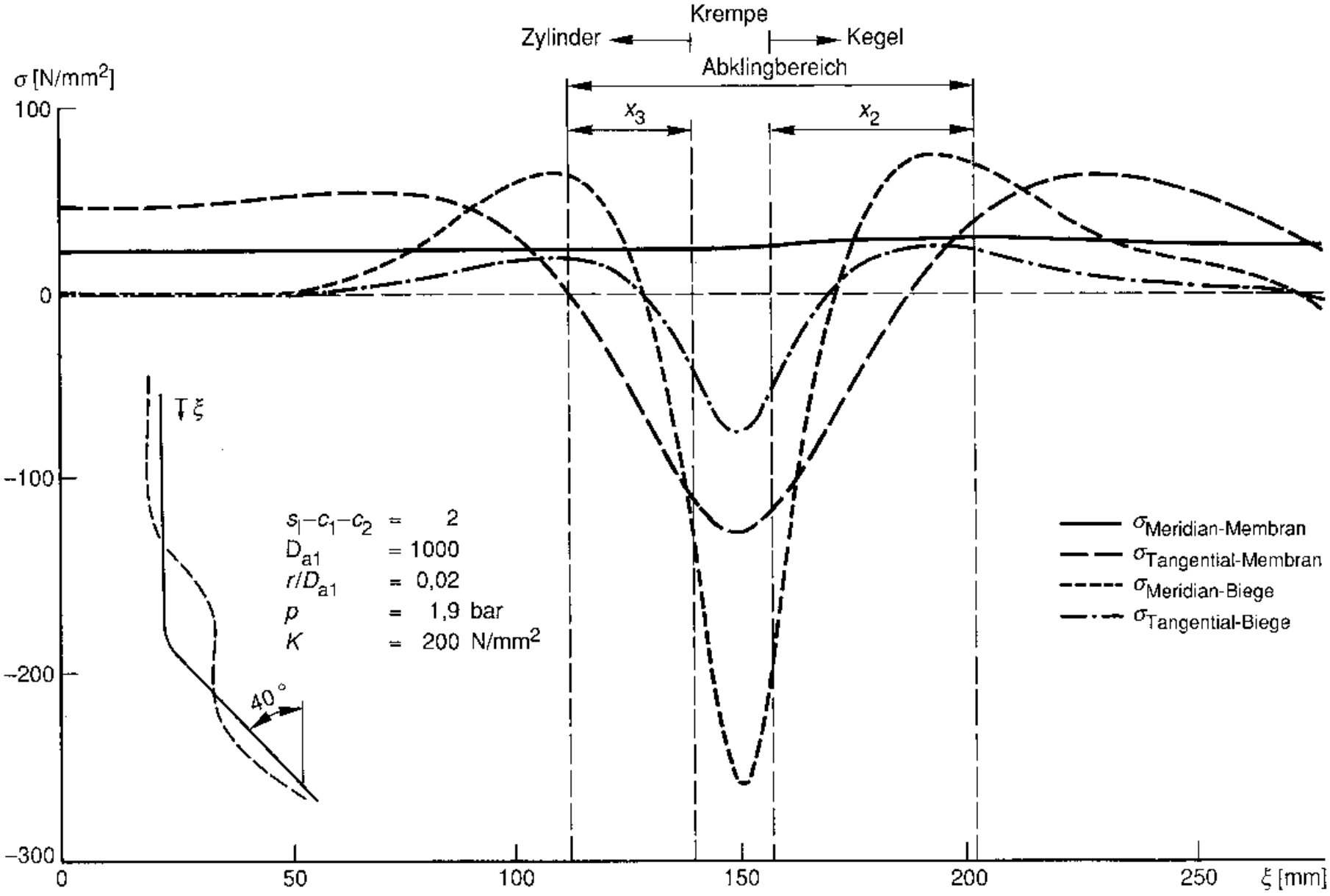


Bild A1. Beispielhafter Spannungsverlauf in einem konvergierenden Kegelboden

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel A 1. Interpolationskoeffizienten A_{ij} für die bezogene Membranvergleichsspannung σ_{vm}/p und die Gesamtvergleichsspannung σ_{vg}/p an der höchstbeanspruchten Stelle konvergierender Kegel bzw. divergierender Kegel (Eckstoß)

Konvergierender Kegel ($0° \leq \varphi \leq 70°$)

$$Z = \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} A_{ij} \left(\ln \frac{s_l - c_1 - c_2}{D_{a1}} \right)^{i-1} \cdot \left(\frac{r}{D_{a1}} \right)^{j-1}$$

		$\sigma_{vm}/p = e^Z/10$		$\sigma_{vg}/p = e^Z/10$	
	i	A_{i1}	A_{i2}	A_{i1}	A_{i2}
10°	1	– 2,5237969597	+ 1,1718103575	+ 0,1496835203	+ 0,3255543662
	2	– 2,4153539023	+ 1,1474454704	– 0,1879063400	+ 0,4167173076
	3	– 0,4038842551	+ 0,3839948118	+ 0,1757519735	+ 0,1836143406
	4	– 0,0330836416	+ 0,0389466712	+ 0,0081195373	+ 0,0313833090
20°	1	– 0,1109670044	+ 0,4722244664	– 0,6668478808	+ 7,3276929901
	2	– 0,6872551935	+ 1,2380603309	– 0,6682163561	+ 5,2817367631
	3	– 0,0812069729	+ 0,5747024263	+ 0,1257423724	+ 1,1471788733
	4	– 0,0186653523	+ 0,0712478607	+ 0,0062924567	+ 0,1029314310
30°	1	+ 3,2299184495	– 2,1818217232	– 0,7114356273	+ 2,9838980255
	2	+ 2,3094075681	– 0,9248619254	– 0,6883641503	+ 2,4407071076
	3	+ 0,6933321727	+ 0,0619133670	+ 0,1576241651	+ 0,5202050650
	4	+ 0,0390535194	+ 0,0428255806	+ 0,0098584261	+ 0,0688575135
40°	1	+ 2,5212270988	+ 4,8684293849	– 1,5948245200	+ 3,5376927693
	2	+ 2,2581979332	+ 3,4690991549	– 1,3902532006	+ 2,6716211775
	3	+ 0,7867433541	+ 0,9137634718	+ 0,0271632095	+ 0,4076937782
	4	+ 0,0503939512	+ 0,1018112152	+ 0,0020815324	+ 0,0542686188
50°	1	+ 0,5185276150	+ 5,2975587044	– 1,3734853008	– 1,9552210270
	2	+ 1,0535897122	+ 3,1202522978	– 1,3146451741	– 1,6454698620
	3	+ 0,5934015673	+ 0,6808922159	+ 0,0637164751	– 0,7399992942
	4	+ 0,0405323870	+ 0,0805186977	+ 0,0057154347	– 0,0361418824
60°	1	– 1,6579394037	+ 2,1641361616	– 1,6749121764	– 3,9034124693
	2	– 0,4569117690	+ 0,1821431876	– 1,6979268164	– 2,6358971212
	3	+ 0,3016339649	– 0,2028321051	– 0,0168563536	– 1,0050513413
	4	+ 0,0225425561	+ 0,0042067218	+ 0,0002791709	– 0,0606765266
70°	1	– 0,4925617936	– 17,557012809	+ 0,5702782982	– 17,976856691
	2	+ 0,2774395555	– 13,735107260	– 0,3317074974	– 11,747523095
	3	+ 0,4841566815	– 3,3337669298	+ 0,2825904061	– 2,9506836442
	4	+ 0,0360758749	– 0,2184950285	+ 0,0209348933	– 0,1984557457

Divergierender Kegel (Eckstoß) ($-70° \leq \varphi \leq 0°$)

$$Z = \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} A_{ij} \left(\ln \frac{s_l - c_1 - c_2}{D_{a1}} \right)^{i-1} \cdot |\varphi|^{j-1}$$

	$\sigma_{vm}/p = e^Z/10$		$\sigma_{vg}/p = e^Z/10$	
i	A_{i1}	A_{i2}	A_{i1}	A_{i2}
1	– 1,3900928316	+ 0,0214659968	– 1,0710374065	+ 0,0135399856
2	– 1,0854083891	– 0,0014225617	– 0,8739710331	– 0,0060753953
3	+ 0,0059213539	– 0,0000916712	+ 0,0551000435	– 0,0004709124
4	– 0,0009900764	– 0,0000194763	+ 0,0014706982	– 0,0000133725

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2011**

Berechnung von Druckbehältern	**Gewölbte Böden unter innerem und äußerem Überdruck**	**AD 2000-Merkblatt B 3**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e. V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Allgemeines ... 2
3 Formelzeichen und Einheiten ... 3
4 Sicherheitsbeiwert ... 3
5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen ... 3
6 Verschwächungen durch Ausschnitte ... 3
7 Zuschläge ... 4
8 Berechnung ... 4
9 Kleinste Wanddicke ... 5
Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt B 3 ... 8
Schrifttum ... 9

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die Berechnungsregeln gelten für gewölbte Druckbehälterböden, Bild 1, in Klöpper-, Korbbogen- und Halbkugelform unter innerem und äußerem Überdruck mit folgenden Beziehungen[1)] und Grenzen:

a) Klöpperböden

$$R = D_a \tag{1}$$

$$r = 0{,}1\ D_a \tag{2}$$

$$h_2 = 0{,}193\ 5\ D_a - 0{,}455\ s_e \tag{3}$$

$$0{,}001 \le \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} \le 0{,}1 \tag{4}$$

b) Korbbogenböden

$$R = 0{,}8\ D_a \tag{5}$$

$$r = 0{,}154\ D_a \tag{6}$$

$$h_2 = 0{,}255\ D_a - 0{,}635\ s_e \tag{7}$$

$$0{,}001 \le \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} \le 0{,}1 \tag{4}$$

c) Halbkugelböden

$$\frac{D_a}{D_i} \le 1{,}2 \tag{8}$$

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Die Höhe des zylindrischen Bords ist

a) bei Klöpperböden $h_1 \ge 3{,}5\ s$ (9)

b) bei Korbbogenböden $h_1 \ge 3{,}0\ s$ (10)

Sie braucht jedoch folgende Maße nicht zu überschreiten:

Wanddicke		Bordhöhe
	bis 50 mm	150 mm
über 50 mm	bis 80 mm	120 mm
über 80 mm	bis 100 mm	100 mm
über 100 mm	bis 120 mm	75 mm
über 120 mm		50 mm

Bei Halbkugelböden ist kein zylindrischer Bord erforderlich.

2.3 Abweichend von Abschnitt 2.2 können geringere Bordhöhen ausgeführt werden, wenn die Anschlussnaht an den Zylinder entsprechend einer Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung zu 100 % nach AD 2000-Merkblatt HP 0 wie eine vollbeanspruchte Stumpfnaht zerstörungsfrei geprüft wird.

1) Zurzeit sind nur Berechnungsbeiwerte β für die in DIN 28011 und DIN 28013 beschriebenen Bodenformen sowie für den Halbkugelboden in diesem AD 2000-Merkblatt enthalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.4 Wird ein gewölbter Boden aus einem Krempen- und einem Kalottenteil zusammengeschweißt, so muss die Verbindungsnaht einen ausreichenden Abstand von der Krempe haben. Als ausreichender Abstand gilt

a) bei unterschiedlichen Wanddicken des Krempen- und Kalottenteils

$$x = 0{,}5\sqrt{R \cdot (s - c_1 - c_2)} \quad (11)$$

wobei s die erforderliche Wanddicke des Krempenteils darstellt,

b) bei gleicher Wanddicke des Krempen- und Kalottenteils

bei Klöpperböden $x = 3{,}5$ s (12)

bei Korbbogenböden $x = 3{,}0$ s (13)

mindestens jedoch 100 mm (siehe Bild 3).

2.5 Ist bei einem Halbkugelboden die ausgeführte Wanddicke abzüglich der Zuschläge kleiner als die Wanddicke des Zylinders ohne Verschwächung und ohne Zuschläge, sind für den Anschluss die Bedingungen von Bild 7 einzuhalten. Im Regelfall ist die Anschlussnaht beidseitig auszuführen.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

r innerer Krempenradius in mm

4 Sicherheitsbeiwert

4.1 Der Sicherheitsbeiwert ist den Tafeln 2 und 3 des AD 2000-Merkblattes B 0 Abschnitt 7 zu entnehmen. Abweichend hiervon betragen die Werte für Grauguss

a) ungeglüht 7,0,

b) geglüht oder emailliert 6,0.

4.2 Der Sicherheitsbeiwert S_K gegen elastisches Einbeulen des Bodens bei äußerem Überdruck ist mit Formel (14) zu berechnen.

$$S_K = 3 + \frac{0{,}002}{\left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{R}\right)} \quad (14)$$

Wird ein höherer Prüfdruck als 1,3 p gefordert, so darf der Sicherheitsbeiwert S'_K beim Prüfdruck den Wert

$$S'_K = S_K \cdot \frac{2{,}2}{3}$$

nicht unterschreiten.

4.3 Der Sicherheitsbeiwert S ist bei allen Nachweisen für äußeren Überdruck gegenüber den Tafeln 2 und 3 des AD 2000-Merkblattes B 0 um 20 % zu erhöhen; ausgenommen davon sind die Werte für Grauguss und Gussbronze.

4.4 Der Nachweis des Kalottenteils gegen plastische Instabilität wird mit dem Sicherheitsbeiwert S nach Abschnitt 4.3 geführt; jedoch ist ein Mindestwert von 2,4 einzusetzen.

5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen

Zusätzlich zu den Regelungen des AD 2000-Merkblattes B 0 gilt Folgendes:

Bei Prüfung entsprechend 100 %iger Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung sowie bei einteiligen Böden ist $v = 1{,}0$ zu setzen. Darüber hinaus kann bei geschweißten, gewölbten Böden — außer bei Halbkugelböden — unabhängig vom Prüfumfang mit $v = 1{,}0$ gerechnet werden, sofern die Schweißnaht den Scheitelbereich von 0,6 D_a schneidet, siehe Bilder 5 und 6 (linke Hälfte).

Die Anschlussnaht zwischen Halbkugelboden und Zylinder ist wie eine Längsnaht zu bewerten. Bei Prüfung entsprechend 100 %iger Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung kann $v = 1{,}0$ gesetzt werden.

6 Verschwächungen durch Ausschnitte

Ausschnitte werden, abhängig von ihrer Lage in Krempe oder Kalotte, nach Abschnitt 8 differenziert berücksichtigt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7 Zuschläge

Zuschläge siehe AD 2000-Merkblatt B 0. Wanddickenunterschreitung siehe über die in AD 2000-Merkblatt B 0 genannten Regelungen hinaus auch DIN 28011 und DIN 28013.

8 Berechnung

8.1 Innerer Überdruck

8.1.1 Kalotte und Halbkugel

Die Wanddicke des Kalottenteils gewölbter Böden sowie von Halbkugelböden ist nach Formel (3) des AD 2000-Merkblattes B 1 mit $D_a = 2\ (R + s_e)$ zu bestimmen.

8.1.2 Ausschnitte in Kalotte oder Halbkugel

Sind Ausschnitte im Scheitelbereich 0,6 D_a von Klöpper- oder Korbbogenböden, Bild 2, und im gesamten Bereich von Halbkugelböden vorhanden, muss deren Verstärkung AD 2000-Merkblatt B 9 genügen.

Bei Verwendung scheibenförmiger Verstärkungen darf der Scheibenrand den Bereich von 0,8 D_a bei Klöpperböden und 0,7 D_a bei Korbbogenböden nicht überschreiten.

8.1.3 Krempe und Halbkugelanschluss

Die erforderliche Wanddicke von Krempen und Halbkugelanschlüssen ist nach Formel (15) zu berechnen.

$$s = \frac{D_a \cdot p \cdot \beta}{40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + c_1 + c_2 \qquad (15)$$

Die Berechnungsbeiwerte β sind für Krempen von Klöpperböden Bild 8, von Korbbogenböden Bild 9 in Abhängigkeit von $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a}$ zu entnehmen (iteratives Vorgehen notwendig!). Sowohl in Formel (15) als auch in den Bildern 8 und 9 ist D_a der Durchmesser der zylindrischen Zarge, wie in den Bildern 1 und 2 dargestellt. Die untere Kurve $d_i/D_a = 0$ gilt, wenn der Bereich außerhalb von 0,6 D_a nicht durch Ausschnitte verschwächt ist. Für Vollböden in Halbkugelform gilt im Bereich $x = 0{,}5\sqrt{R \cdot (s - c_1 - c_2)}$ neben der Anschlussnaht der Berechnungsbeiwert $\beta = 1{,}1$; dieser Wert gilt unabhängig vom Verhältnis $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a}$.

8.1.4 Ausschnitte im Krempenbereich

Sind Ausschnitte im Bereich außerhalb 0,6 D_a vorhanden, werden diese durch Erhöhung des Berechnungsbeiwertes entsprechend dem Verhältnis $d_i/D_a > 0$ nach den Bildern 8 und 9 berücksichtigt. Liegt der Steg auf der Verbindungslinie der Mittelpunkte von benachbarten Ausschnitten nicht vollständig innerhalb 0,6 D_a, muss die Mindeststegbreite gleich der Summe der halben Ausschnittdurchmesser sein.

8.2 Äußerer Überdruck

8.2.1 Begrenzung bleibender Dehnungen

Mit den nach Abschnitt 4.3 erhöhten Sicherheitsbeiwerten sind die Nachweise nach den Abschnitten 8.1.2 bis 8.1.4 zu führen.

8.2.2 Elastisches Beulen

Mit dem Sicherheitsbeiwert S_K nach Abschnitt 4.2 muss untersucht werden, ob ausreichende Sicherheit gegen elastisches Einbeulen gegeben ist. Dies ist der Fall, wenn

$$p \le 3{,}66 \frac{E}{S_K} \cdot \left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \right)^2 \qquad (16)$$

gilt.

8.2.3 Plastisches Beulen

Kugelsegmentschalen müssen außerdem gegen plastische Instabilität ausgelegt werden. Dies geschieht durch einen Nachweis nach Abschnitt 8.1.1 mit dem in Abschnitt 4.4 festgelegten Sicherheitsbeiwert und unabhängig von der Wertigkeit der Fügeverbindung mit $v = 1{,}0$.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

9 Kleinste Wanddicke

9.1 Die kleinste Wanddicke gewölbter Böden wird mit 2 mm festgelegt.

9.2 Abweichend von Abschnitt 9.1 gelten für die kleinste Wanddicke bei gewölbten Böden aus Aluminium und dessen Legierungen 3 mm.

9.3 Ausnahmen siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 10.

9.4 Die kleinste Wanddicke von Gussstücken ergibt sich unter anderem aus der Technik der Herstellung.

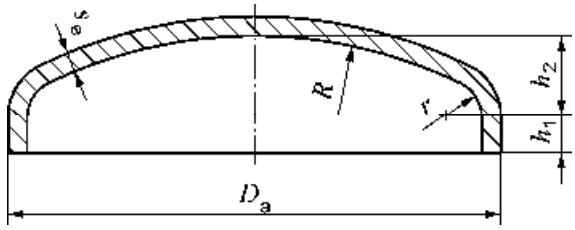


Bild 1 — Gewölbter Vollboden

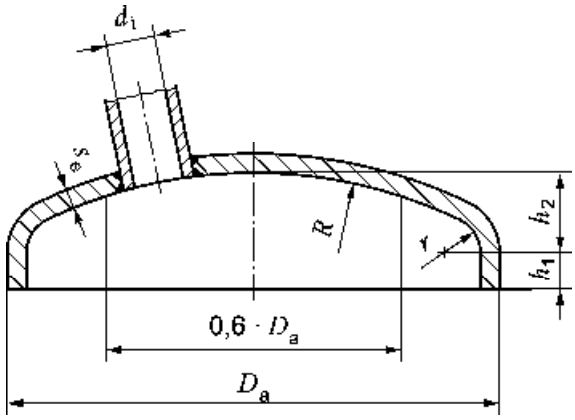


Bild 2 — Gewölbter Boden mit Stutzen

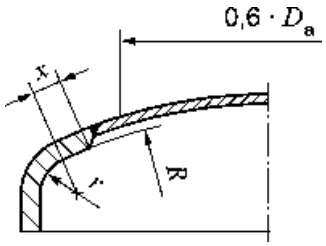
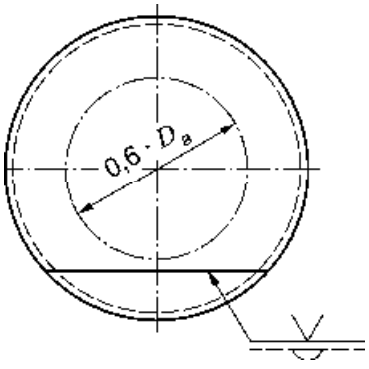
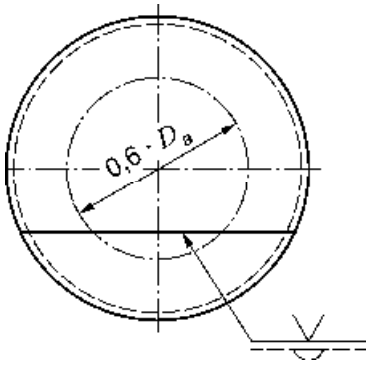


Bild 3 — Boden mit unterschiedlicher Wanddicke des Krempen- und Kalottenteils



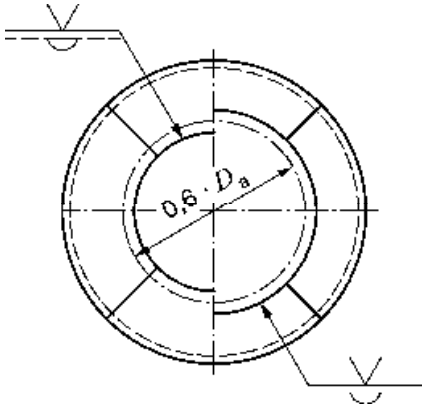
v = 0,85 bzw. 1,0

Bild 4 — Schweißnaht außerhalb 0,6 D_a



v = 1,0

Bild 5 — Schweißnaht innerhalb 0,6 D_a



v = 1,0 *v* = 0,85 bzw. 1,0

Bild 6 — Boden aus Ronde und Segmenten zusammengesetzt

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

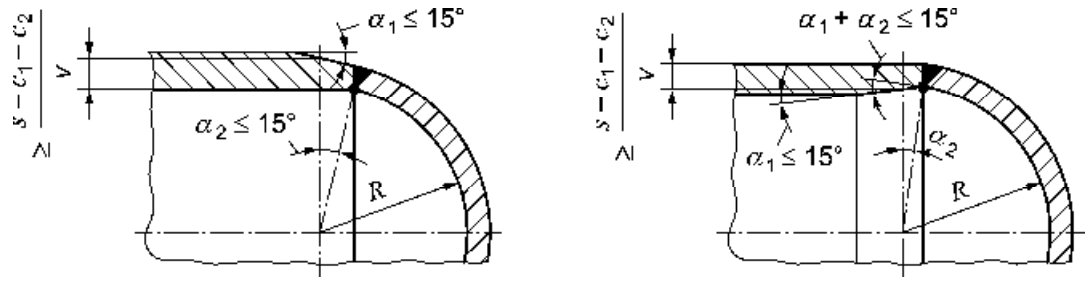


Bild 7 — Anschluss eines Halbkugelbodens an Zylinder mit größerer Wanddicke

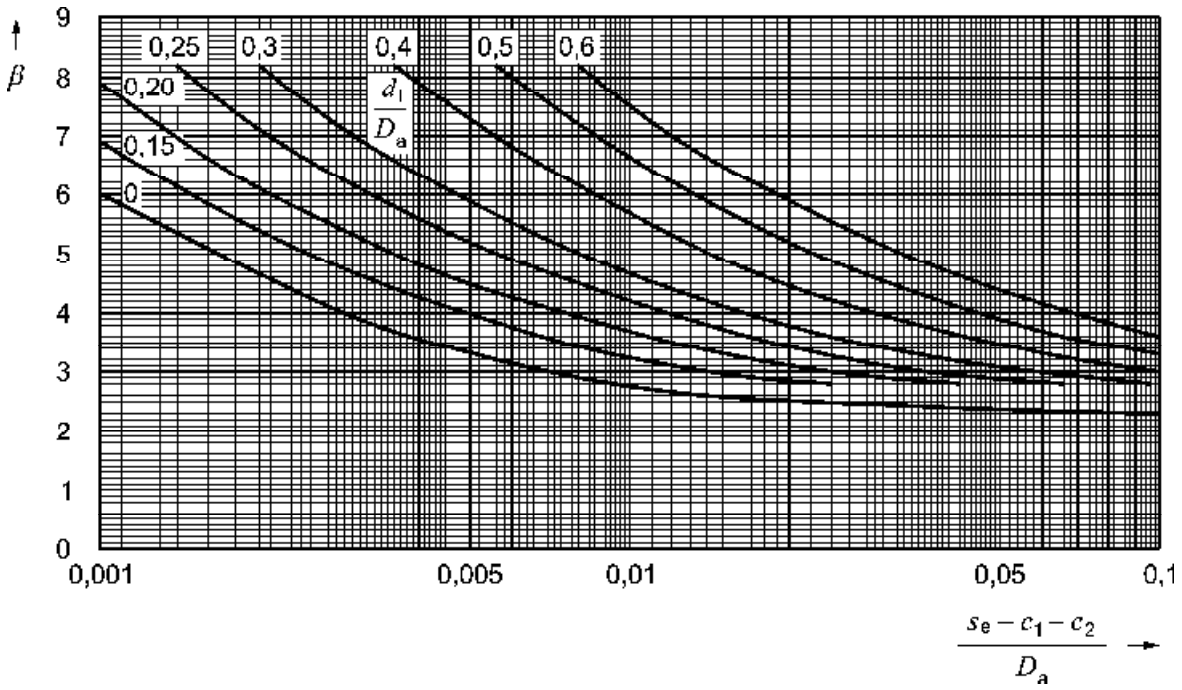


Bild 8 — Berechnungsbeiwerte β für gewölbte Böden in Klöpperform

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

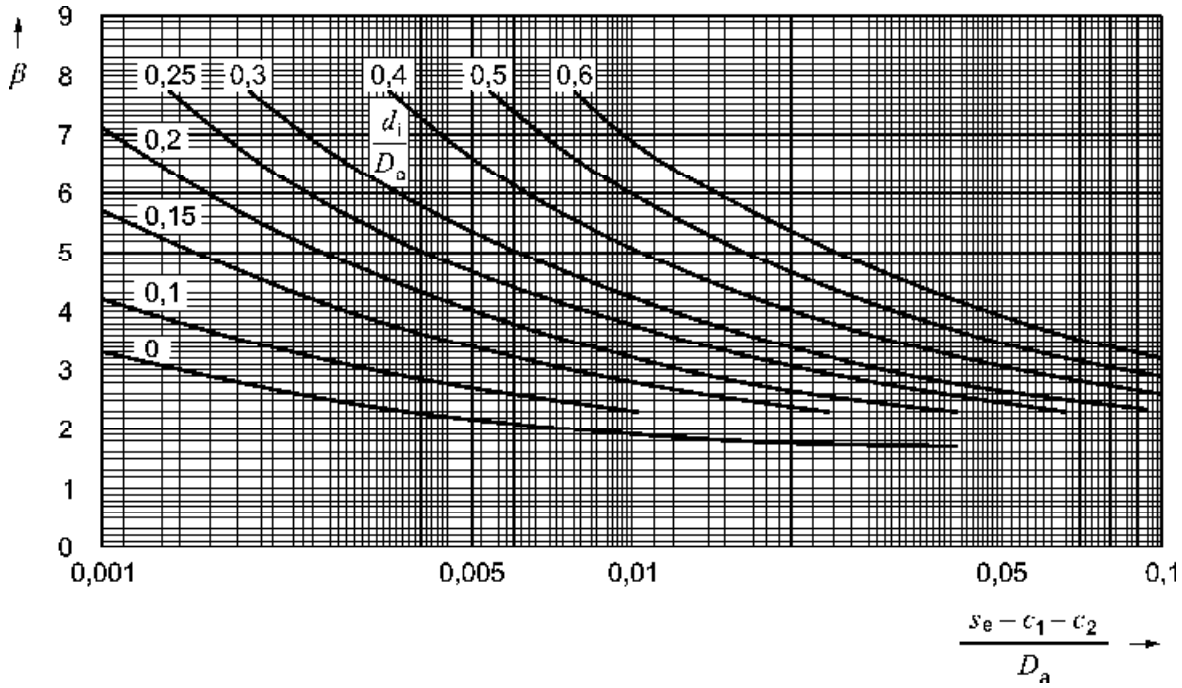


Bild 9 — Berechnungsbeiwerte β für gewölbte Böden in Korbbogenform

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt B 3

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt B 3

Zu 2.4

Bei der Bestimmung des Übergangs von der Krempe zur Kugelkalotte ist nach DIN 28011 und DIN 28013 vom Innendurchmesser auszugehen. Bei dünnwandigen Klöpperböden liegt der Übergang ungefähr bei 0,89 D_i und bei dünnwandigen Korbbogenböden ungefähr bei 0,86 D_i. Mit zunehmender Dickwandigkeit verringern sich die Faktoren.

Zu 8.1

Gegenüber früheren Ausgaben des AD 2000-Merkblattes B 3 fehlt ein Kriterium gegen Beulen im Krempenbereich unter Innendruckbelastung. [2] enthält die Begründung für den Verzicht auf ein explizites Stabilitätskriterium im Geltungsbereich $s \geq 0{,}001\ D_a$ dieses Merkblattes. Bemessungsgleichungen zur Stabilitätsauslegung von torisphärischen Böden unter Innendruckbelastung finden sich z. B. in [5] und [6].

Zu 8.1.3

Die elastizitätstheoretische Berechnung des Spannungsverlaufes bei Vollböden in Klöpper- und Korbbogenform unter Innendruck erfolgte nach der Stufenkörpermethode [1]. Wie aus Bild A.1 zu ersehen ist, befindet sich die höchstbeanspruchte Stelle eines Klöpperbodens an der Innenfaser der Krempe. Unter Zugrundelegung der Ergebnisse dieser Berechnung wurden die Formzahlen α als Berechnungsbeiwerte im elastischen Verformungsbereich ermittelt, Bilder A.2 und A.3. Hierbei wird α als Quotient der nach der Gestaltänderungsenergie-Hypothese ermittelten Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle des Bodens und der Membranspannung einer Kugelschale gleichen Durchmessers sowie gleicher Wanddicke definiert.

Der Spannungszustand in gewölbten Böden (im Krempenbereich Biegung in meridionaler Richtung) lässt überelastische Beanspruchungen an der höchstbeanspruchten Stelle zu. Der Berechnungsbeiwert β für den elasto-plastischen Verformungsbereich ist als Quotient der Formzahl α und eines Faktors δ, der das elasto-plastische Verhalten des Werkstoffes berücksichtigt, definiert ($\beta = \alpha/\delta$). Dieser Faktor ist in Abhängigkeit von $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a}$ in den Bildern A.2 und A.3 dargestellt. Die Höchstwerte wurden, ausgehend von den bewährten β-Werten 2,9 für Klöpperböden sowie 2,0 für Korbbogenböden, im Bereich $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a}$ von 0,007 bzw. 0,008, unter Zugrundelegung des elastizitätstheoretisch errechneten α-Wertes ermittelt. Als Minimalwert ergibt sich bei beiden Bodenformen für den Grenzfall $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} = 0$ der Faktor 1. Der Anteil der Biegespannung nimmt gegenüber der Normalspannung in diesem Bereich mit fallendem $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a}$ ab und erreicht im Grenzfall den Wert 0. Für die Kurven des Faktors δ als Funktion von $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a}$ wurde, ausgehend von $\delta = 1$, ein Ellipsenteil, an den sich ein linearer Ast anschließt, gewählt. Dieser Verlauf ist stetig und trägt den Spannungsanteilen sowie der entsprechenden Stützwirkung Rechnung.

Die diesen Werten zugeordnete bleibende Dehnung an der höchstbeanspruchten Stelle des Bodens kann etwa 1 % erreichen. In Verbindung mit den Sicherheitsbeiwerten nach AD 2000-Merkblatt B 0 gewährleistet der Faktor δ, dass eine plastische Rückverformung vermieden bzw. das in der angelsächsischen Literatur als Shakedown bekannte Kriterium eingehalten wird.

Die Bilder A.2 und A.3 veranschaulichen die Abhängigkeit der α-, β- und δ-Werte für Vollböden in Klöpper- und Korbbogenform vom Verhältnis $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a}$.

Die Berechnungsbeiwerte β für Klöpper- und Korbbogenböden mit Ausschnitten sind bis zu einem bezogenen Durchmesser von $d_i/D_a = 0{,}6$ der Tafel 1 des früheren AD-Merkblattes B 3, Ausgabe Januar 1969, entnommen. Diese Werte gelten jedoch nicht für Tangentialstutzen (Stutzen senkrecht zur Behälterachse). Eine Regelung muss dann in jedem Einzelfall von der zuständigen unabhängigen Stelle beurteilt werden. In diesem Fall ist es empfehlenswert, anstelle von Klöpper- oder Korbbogenböden Halbkugelböden vorzusehen.

Bei Ausschnitten mit Durchmessern $d_i > 0{,}6\ D_a$ empfiehlt es sich, den gewölbten Boden durch ein kegelförmiges Übergangsstück zu ersetzen.

Zu 8.2

Formel (16) entspricht dem kritischen Beuldruck der Kugelschale nach von Kármán und Tsien [3]. Der in dieser Formel enthaltene Sicherheitsbeiwert S_K ist wie der Sicherheitsbeiwert S nach Abschnitt 4.4 nicht als Sicherheit dieser Größenordnung verfügbar, sondern enthält einen schlankheitsabhängigen Abminderungsfaktor, der dem Unterschied zwischen dem theoretischen Ergebnis und den Versuchsdaten Rechnung tragen soll [4].

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Schrifttum

[1] *Eßlinger, M.*: Statische Berechnung von Kesselböden. Springer-Verlag, Berlin 1952.

[2] *Hey, H.*: Stabilitätsfragen bei Krempen; TÜ **29** (1988) H. 12, S. 408–413.

[3] *von Kármán, Th.*, u. *H. S. Tsien*: J. Aeron. Sci **7**, Nr. 2, S. 43/50.

[4] *Ciprian, J.*: Probleme der Stabilitätsberechnung von Doppelmantel- und Vakuumbehältern im chemischen Apparatebau; Chemie-Ingenieur-Technik **45** (1973) Nr. 11, S. 804–810.

[5] *Galletly, E. D.*: A Simple Design Equation for Preventing Buckling in Fabricated Torispherical Shells under Internal Pressure; J. of Pressure Vessel Technology; **108** (1986) S. 521–525.

[6] C.O.D.A.P. (Code Français de Construction des Appareils à Pression); S.N.C.T., 10 Avenue Hoche, 75382 Paris, Cedex 08.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

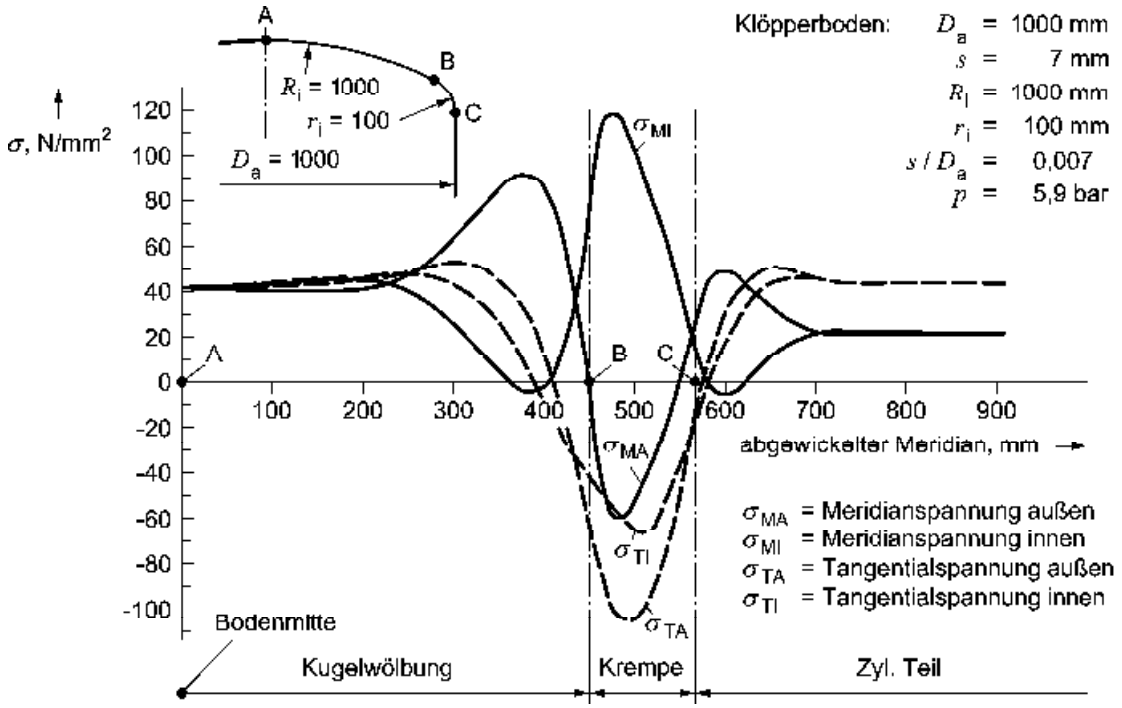


Bild A.1 — Spannungsverlauf im Klöpperboden

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

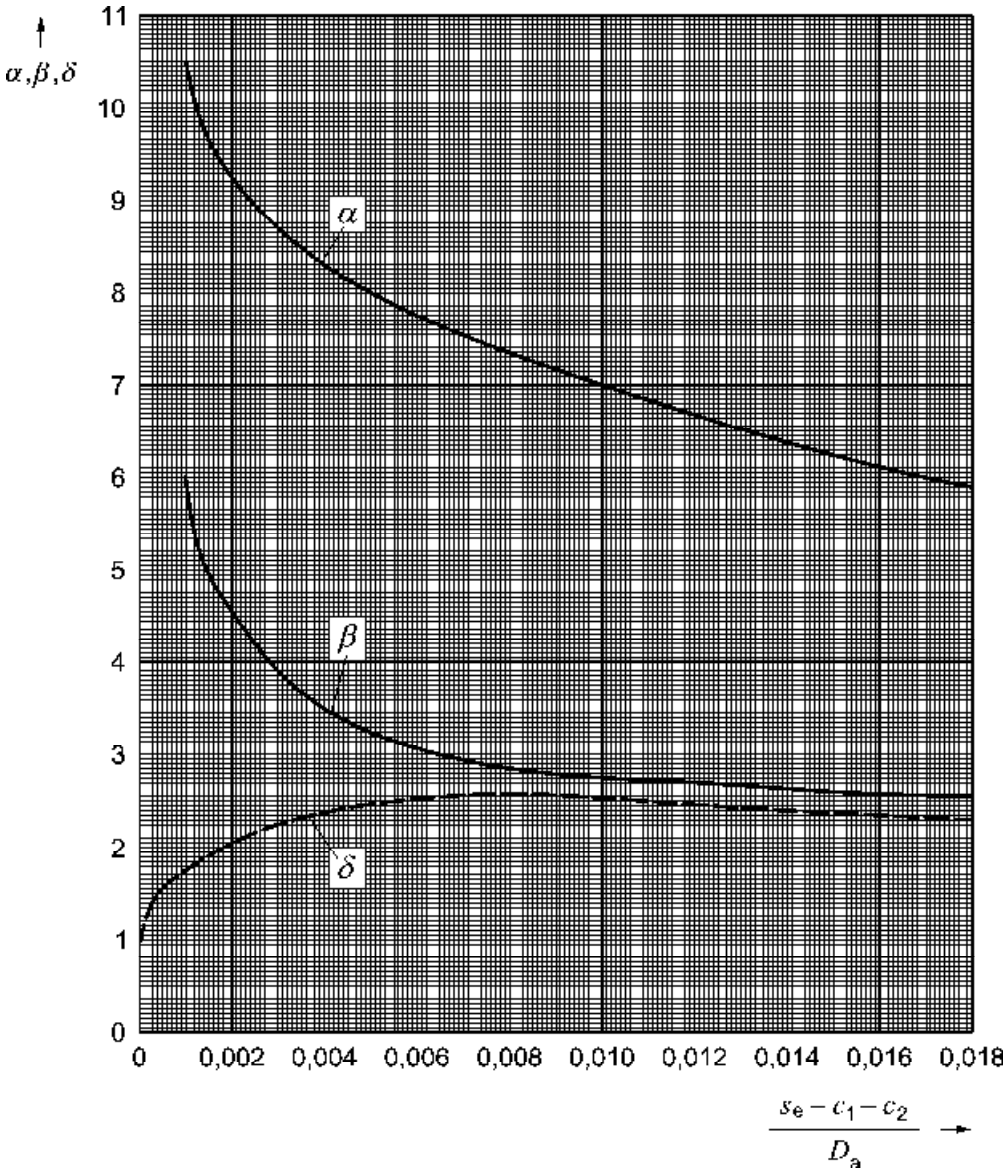


Bild A.2 — Berechnungsbeiwerte für Klöpperböden

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

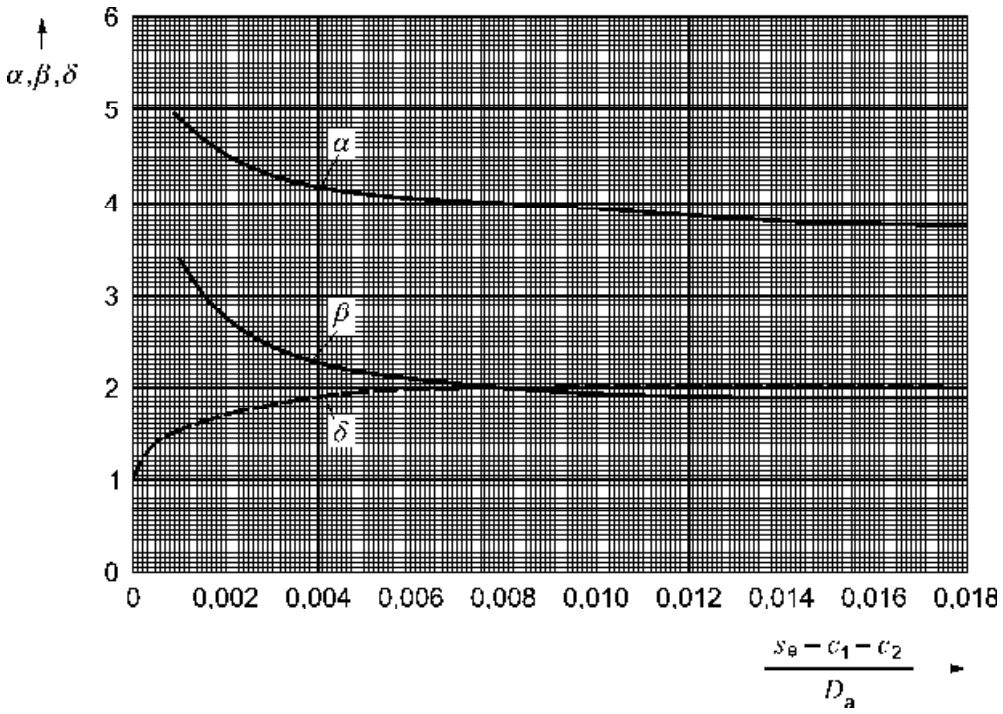


Bild A.3 — Berechnungsbeiwerte für Korbbogenböden

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Berechnung von Druckbehältern	**Tellerböden**	**AD 2000-Merkblatt B 4**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Sicherheitsbeiwert
5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen
6 Verschwächung durch Ausschnitte
7 Zuschläge
8 Berechnung auf inneren Überdruck
9 Berechnung auf äußeren Überdruck
10 Kleinste Wanddicke
11 Schrifttum

Anhang 1: Erläuterungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für Tellerböden von Druckbehältern unter innerem und äußerem Überdruck, bei denen das Verhältnis der Wanddicke der Kugelschale zum Wölbungshalbmesser

$$0{,}005 \le \frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \le 0{,}1 \qquad (1)$$

ist.

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Die Wanddicke ebener Böden bildet den Grenzfall für die Wanddicke von Tellerböden.

2.3 Der Übergangsradius r vom Flanschblatt zur Kugelschale muss mindestens 6 mm betragen. Bei wenig verformungsfähigen Werkstoffen, deren Bruchdehnung A_5 unter 10 % liegt, ist der Übergangsradius r mindestens gleich der Wanddicke der Kugelschale auszuführen; er braucht jedoch 30 mm nicht zu übersteigen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

b	Breite des Flanschblattes	in mm
h_F	Höhe des Flanschblattes	in mm
r	Übergangsradius vom Flanschblatt zur Kugelschale	in mm
s_0	erforderliche Wanddicke der ungestörten Kugelkalotte	in mm
F	Kräfte am Flanschblatt	in N
M	Moment am Flanschblatt	in N mm
ϕ	hier: Flanschblattneigung	in °
$\overline{x}$	Hilfswert	in mm

4 Sicherheitsbeiwert

4.1 Der Sicherheitsbeiwert ist den Tafeln 2 und 3 des AD 2000-Merkblattes B 0 Abschnitt 7 zu entnehmen.

Abweichend hiervon betragen die Werte für Grauguss

a) ungeglüht 7,0

b) geglüht oder emailliert 6,0.

4.2 Der Sicherheitsbeiwert S_K gegen elastisches Einbeulen des Bodens bei äußerem Überdruck ist mit Formel (2) zu berechnen.

$$S_K = 3 + \frac{0,002}{\left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{R}\right)} \tag{2}$$

Wird ein höherer Prüfdruck als 1,3 p gefordert, so darf der Sicherheitsbeiwert S'_K beim Prüfdruck den Wert

$$S'_K = S_K \cdot \frac{2,2}{3} \tag{3}$$

nicht unterschreiten.

4.3 Der Sicherheitsbeiwert S ist bei allen Nachweisen für äußeren Überdruck gegenüber den Tafeln 2 und 3 des AD 2000-Merkblattes B 0 um 20 % zu erhöhen, ausgenommen davon sind die Werte für Grauguss und Gussbronze.

4.4 Der Nachweis des Kalottenteils gegen plastische Instabilität wird mit dem Sicherheitsbeiwert S nach Abschnitt 4.3 geführt, jedoch ist ein Mindestwert von 2,4 einzusetzen.

5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen

Die Berechnung gilt auch für Tellerböden, die aus mehreren Teilen zusammengeschweißt sind. Die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht einer zusammengesetzten Kugelkalotte ist entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 0 zu berücksichtigen.

6 Verschwächung durch Ausschnitte

Ausschnitte in Tellerböden können nach AD 2000-Merkblatt B 9 berechnet werden, wobei als Innendurchmesser der Kugel der doppelte Wölbungsradius einzusetzen ist. Der Abstand des Ausschnittes vom Innenrand des Flansches muß hierbei mindestens der Abklinglänge

$$x = 2\sqrt{(2R + s_e - c_1 - c_2) \cdot (s_e - c_1 - c_2)} \tag{4}$$

entsprechen.

Bei Verwendung scheibenförmiger Verstärkungen darf der Abstand zwischen Innenrand des Flansches und Scheibenrand

$$\sqrt{(2R + s_e - c_1 - c_2) \cdot (s_e - c_1 - c_2)}$$

nicht unterschreiten.

Ausschnitte im Randbereich sind möglich, wenn auf andere Weise nachgewiesen wird, dass die zulässigen Beanspruchungen nicht überschritten werden.

7 Zuschläge

Zuschläge siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 9.

8 Berechnung auf inneren Überdruck

8.1 Tellerböden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch (Bilder 1 und 2)

Die erforderliche Wanddicke s der Kugelschale ist nach Formel (5) zu berechnen:

$$s = \frac{p \cdot R \cdot \beta}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + c_1 + c_2 \leq s_e \tag{5}$$

mit $\beta = \beta_1 + C_A$ (5a)

Der Berechnungsbeiwert β_1 ist Bild 3 in Abhängigkeit von $\frac{d_i}{R}$ und $\frac{R}{s - c_1 - c_2}$ zu entnehmen oder mit Formel (6) zu berechnen.

$$\beta_1 = 1 + 0,833 \cdot \sqrt{\frac{R}{(s - c_1 - c_2)}} \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha \tag{6}$$

$$\text{mit } \sin\alpha = \frac{d_i}{2R} \tag{7}$$

$$\text{und } \cos\alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{d_i}{2R}\right)^2} \tag{8}$$

Der Ausdruck β darf den Wert 1,85 nicht unterschreiten.

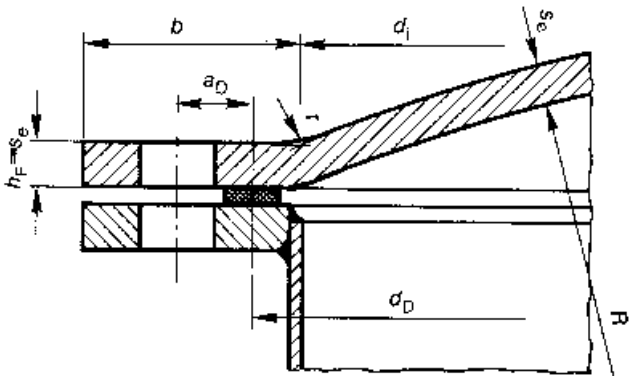


Bild 1. Tellerboden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch bei innenliegender Dichtung

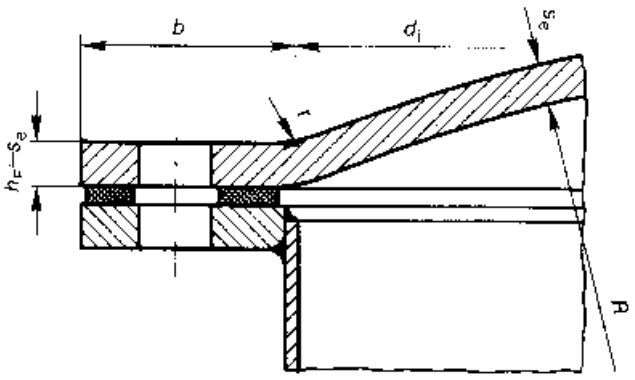


Bild 2. Tellerboden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch bei durchgehender Dichtung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

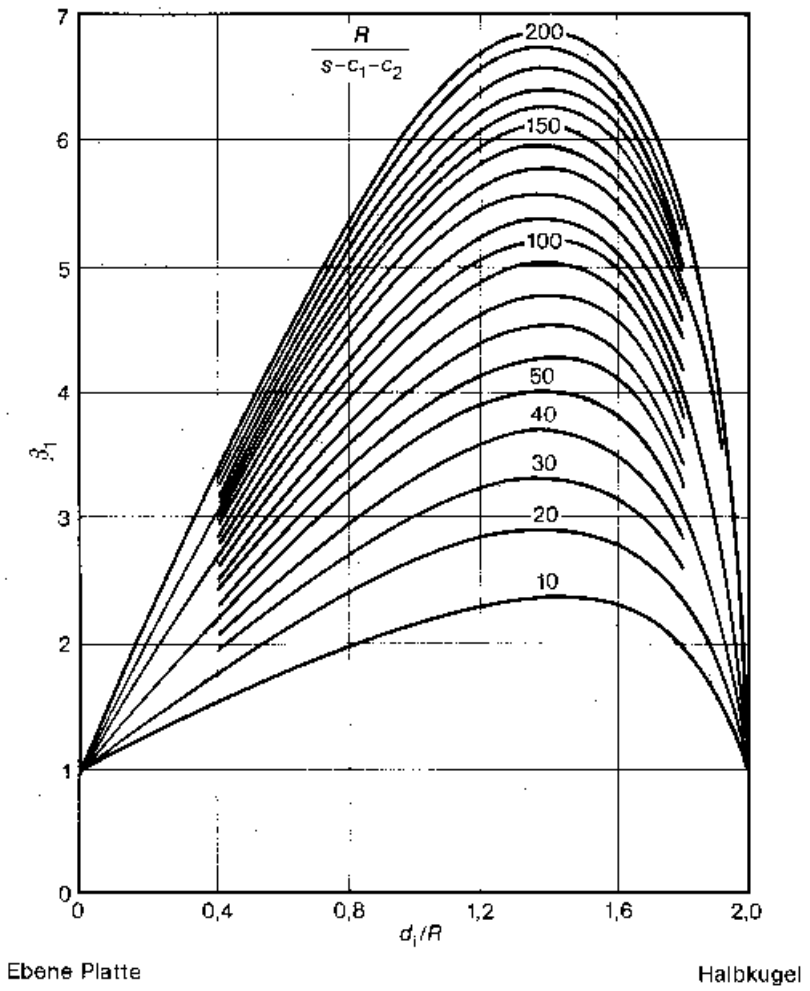


Bild 3. Berechnungsbeiwert β_1 für Tellerböden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch

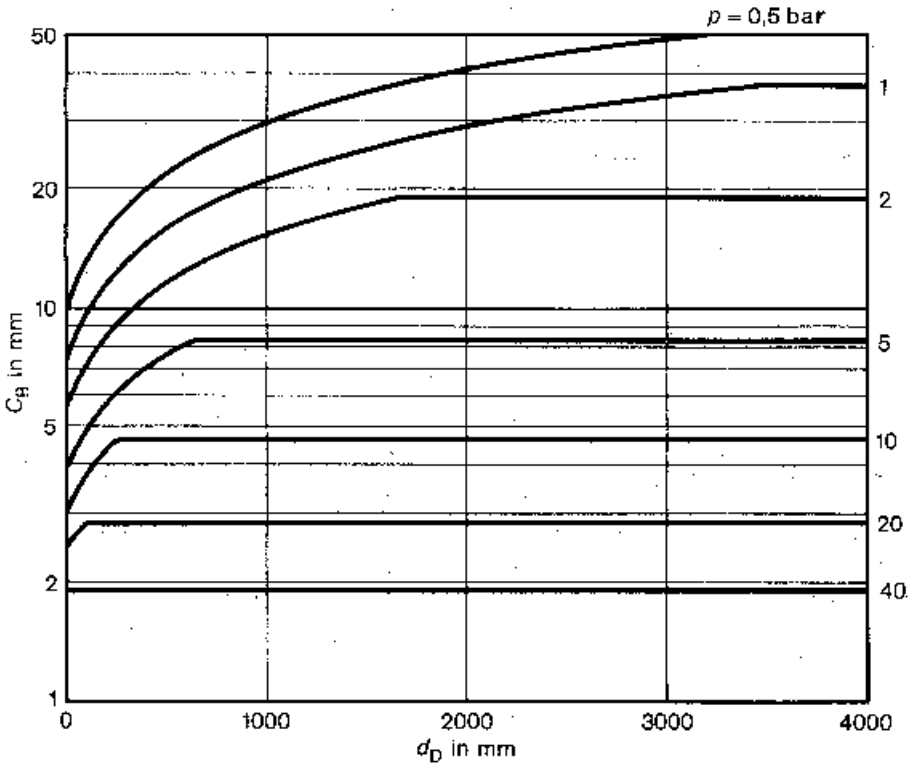


Bild 4. Berechnungsbeiwert C_B zur Ermittlung des C_A-Wertes

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Der Berechnungsbeiwert beträgt $C_{A=}0$ bei durchgehender Dichtung. Bei innenliegender Dichtung ist er mit Formel (9) zu berechnen.

$$C_A = \frac{130 \cdot d_D \cdot a_D \cdot C_B}{R \cdot (d_i + 2\,b) \cdot (s - c_1 - c_2)} \quad (9)$$

Für Weichstoff-Dichtungen ist der Berechnungsbeiwert C_B in mm Bild 4 in Abhängigkeit von d_D und p zu entnehmen oder mit Formel (10) und (11) zu berechnen, wobei der kleinere der beiden Werte zu verwenden ist.

$$C_B = 1 + \frac{36}{p} \quad (10)$$

$$C_B = 1 + 6 \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{d_D}{100}}{p}} \quad (11)$$

mit d_D in mm und p in bar

Die Berechnungsbeiwerte C_B gelten für $p \leq 40$ bar und $d_D \leq 4000$ mm.

8.2 Tellerböden mit losem Flansch (Bilder 5 und 6)

8.2.1 Berechnung der Kugelkalotte

Die erforderliche Wanddicke der Kugelkalotte im mittleren ungestörten Bereich (außerhalb des Bereiches der Abklinglänge) ist mit Formel (15) zu berechnen. Die Wanddicke der Kugelkalotte im Bereich der Abklinglänge x nach Formel (4) und im Einspannbereich ist mit Formel (12) zu berechnen.

$$s = \frac{p \cdot R \cdot \beta}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + c_1 + c_2 \leq s_e \quad (12)$$

mit $\beta = \beta_2 \cdot C_C$ (12a)

Der Ausdruck β darf den Wert 1,85 nicht unterschreiten. Der Berechnungsbeiwert C_C ist Bild 7 zu entnehmen oder mit Formel (13) zu berechnen.

$$C_C = \frac{4,32 \cdot 10^{-6} \cdot d_i^2 + 0,388\,d_i + 745}{d_i + 742} \quad (13)$$

Der Berechnungsbeiwert β_2 ist Bild 8 in Abhängigkeit von $\frac{d_i}{R}$ und $\frac{R}{s - c_1 - c_2}$ zu entnehmen oder im Bereich $0,6 \leq \frac{d_i}{R} \leq 1,5$ mit Formel (14) zu berechnen.

$$\beta_2 = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{R}{s - c_1 - c_2}} \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha - \sin^2\alpha \quad (14)$$

sin α und cos α siehe Formeln (7) und (8)

8.2.2 Berechnung der Losflansche

Die Berechnung der Losflansche erfolgt nach AD 2000-Merkblatt B 8.

8.3 Tellerböden mit verstärktem Flansch (Bilder 9 und 10)

8.3.1 Berechnung der Kugelkalotte

Die erforderliche Wanddicke s_0 der Kugelkalotte im mittleren ungestörten Bereich (außerhalb des Bereiches der Abklinglänge) ist mit Formel (15) zu berechnen.

$$s_0 = \frac{p \cdot R}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + c_1 + c_2 \quad (15)$$

Im Bereich der Abklinglänge x (Randbereich nach Formel (4)) von Kugelkalotten ist die Wanddicke iterativ mit Formel (16) zu berechnen.

$$s = \frac{p \cdot R \cdot C_N \cdot \beta}{20 \cdot \frac{K}{S}} + c_1 + c_2 \leq s_e \quad (16)$$

mit β nach Formel (17a) bzw. (17b) oder Bild 12.

$$\beta = 2,18 - 0,593 \lg \bar{x} + 0,381 (\lg \bar{x})^2 - 0,12 (\lg \bar{x})^3 + 0,4 (\lg \bar{x})^4 \quad (17a)$$

für $\bar{x} = \frac{s - c_1 - c_2}{R} \cdot \sqrt{d_i \cdot (s - c_1 - c_2)} \leq 3$

bzw.

$$\beta = 2 \quad (17b)$$

für $\bar{x} = \frac{s - c_1 - c_2}{R} \cdot \sqrt{d_i \cdot (s - c_1 - c_2)} > 3$

Bei Konstruktionen mit einer Schweißnaht im Übergang vom Flanschblatt zur Kugelschale beträgt $C_N = 1,2$. Wenn der Übergang mit inneren und äußeren Radien ausgeführt wird, die den im Abschnitt 2.3 genannten Bedingungen entsprechen, beträgt $C_N = 1$.

8.3.2 Berechnung des Flansches

Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt B 7 und B 8 bzw. DIN 2505, wobei die Dichtungskennwerte dort entnommen werden können.

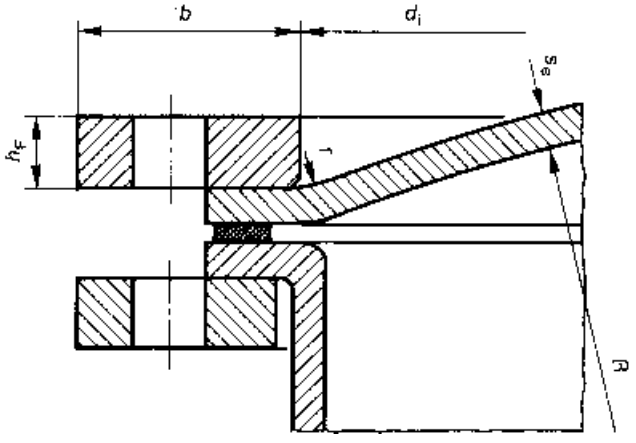


Bild 5. Tellerboden mit losen Flanschen und innenliegender Dichtung

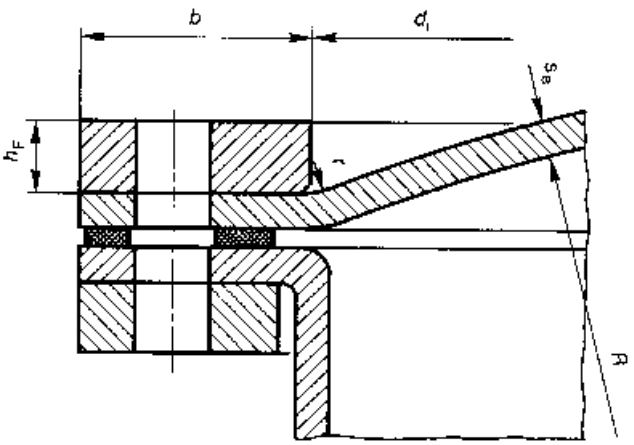


Bild 6. Tellerboden mit losen Flanschen und durchgehender Dichtung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

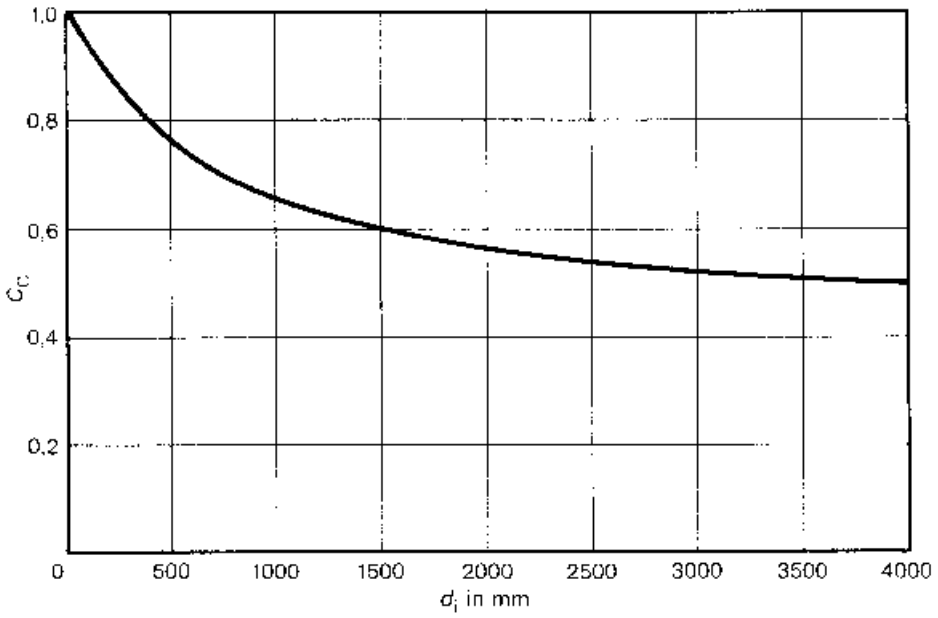


Bild 7. Berechnungsbeiwert C_C für Tellerböden mit losem Flansch

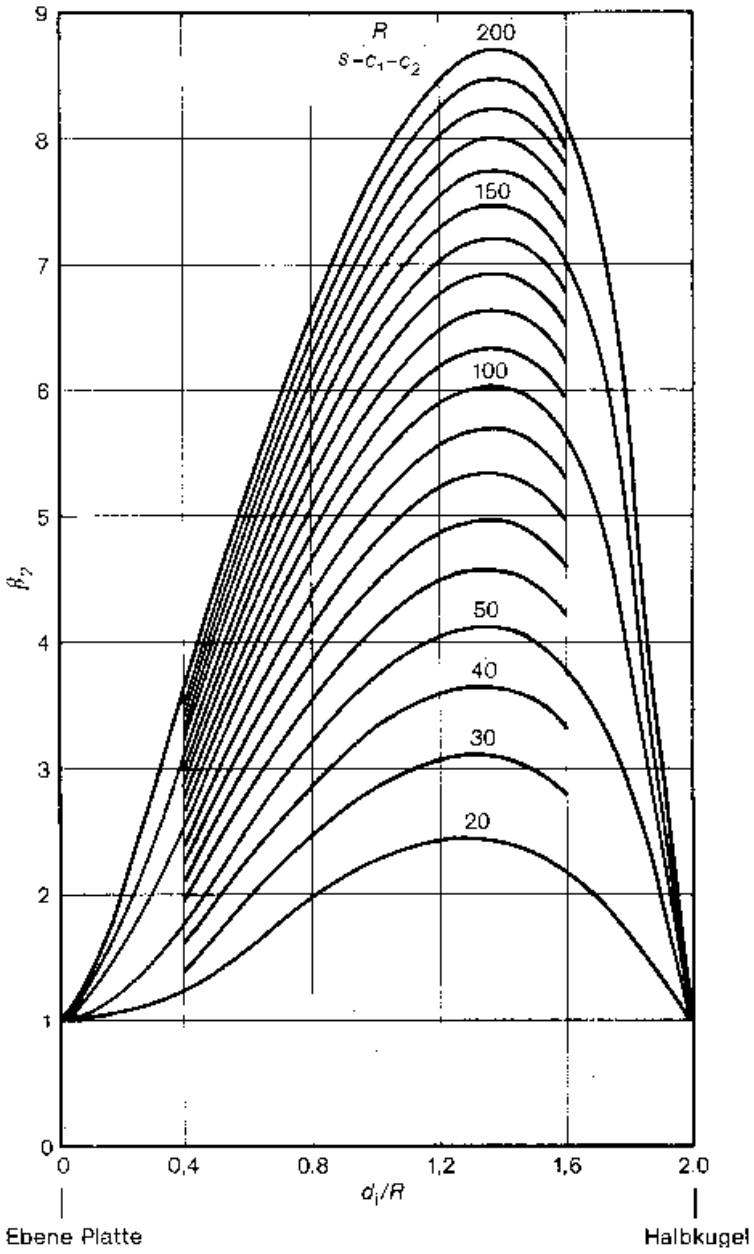


Bild 8. Berechnungsbeiwert β_2 für Tellerböden mit losen Flanschen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

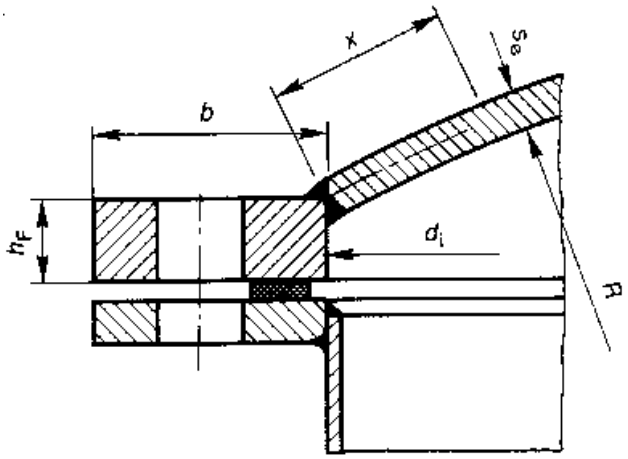


Bild 9. Tellerboden mit verstärktem Flansch; Übergang unbearbeitet

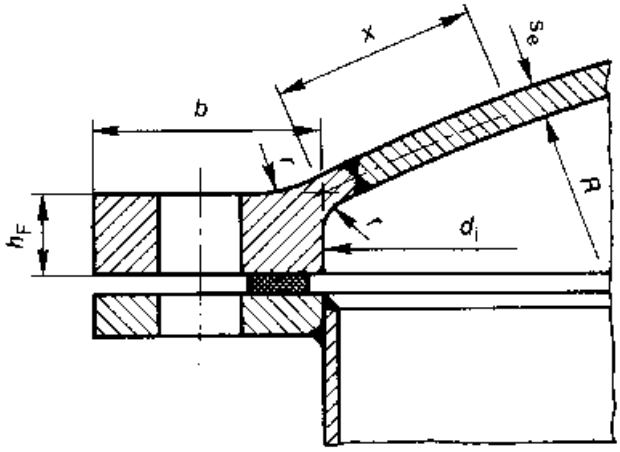


Bild 10. Tellerboden mit verstärktem Flansch; Übergang bearbeitet

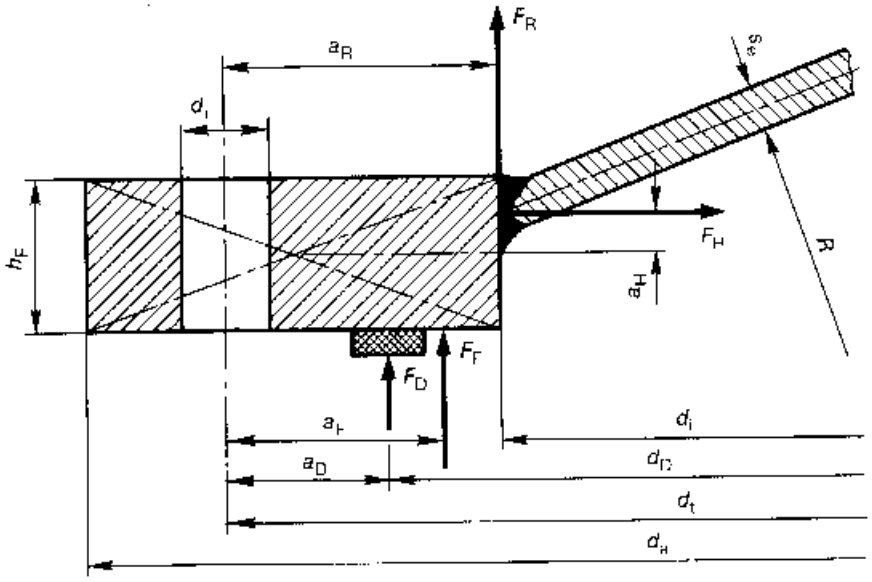


Bild 11. Kräfte am Tellerboden mit verstärktem Flansch

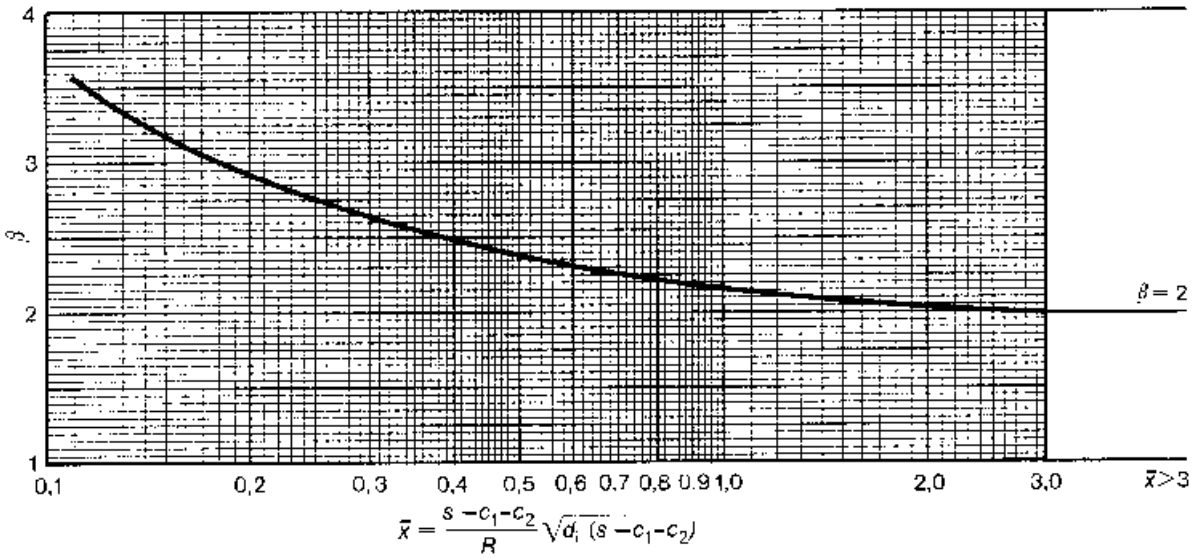


Bild 12. Berechnungsbeiwert β für den Randbereich der Kugelkalotte bei Tellerböden mit verstärktem Flansch

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Kräfte und Momente betragen im

(1) Betriebszustand:

$$F_{RB} = \frac{p \cdot d_i^2 \cdot \pi}{40} \quad (18)$$

$$F_{FB} = \frac{p \cdot \left(d_D^2 - d_i^2\right) \cdot \pi}{40} \quad (19)$$

$$F_{DB} = \frac{p}{10} \cdot \pi \cdot d_D \cdot S_D \cdot k_1 \quad (20)$$

mit $S_D = 1{,}2$

$$F_{HB} = \frac{p}{20} \cdot \pi \cdot d_i \cdot \sqrt{R^2 - \frac{d_i^2}{4}} \quad (21)$$

$$M_B = F_{RB} \cdot a_R + F_{FB} \cdot a_F + F_{DB} \cdot a_D \mp F_{HB} \cdot a_H \quad (22)$$

Additionszeichen für $F_{HB} \cdot a_H$, wenn F_{HB} unterhalb, Substraktionszeichen für $F_{HB} \cdot a_H$, wenn F_{HB} oberhalb des Flanschblattschwerpunktes angreift (siehe Bild 11).

(2) Einbauzustand:

$$F_{DV} = \pi \cdot d_D \cdot k_0 \cdot K_D \text{ bzw. } F_{DV}^{+} \quad (23)$$

mit F_{DV}^{+} nach AD 2000-Merkblatt B 7, Abschnitt 6.1.2.2

$$M_0 = F_{DV} \cdot a_D \text{ bzw. } M_0 = F_{DV}^{+} \cdot a_D \quad (24)$$

(3) Prüfzustand:

Ist der Prüfdruck $p' > 1{,}3 \cdot p$, sind die Kraftkomponenten und Flanschmomente auch für diesen Lastfall zu ermitteln.

Zur Verfolgung des Einflusses der Horizontalkraft F_{HB} ist der wirksame Randquerschnitt zu ermitteln:

$$A = A_F + A_K \quad (25)$$

mit A_F = Flanschquerschnitt und A_K = anteiliger Kalottenquerschnitt

$$A_F = 0{,}5\ (d_a - d_i - 2 \cdot d_L) \cdot h_F \quad (26)$$

$$A_K = \left(s_e - c_1 - c_2\right) \cdot \sqrt{\left(R - \frac{d_i^2}{4R}\right) \cdot \left(s_e - c_1 - c_2\right)} \cdot \frac{K_K}{K_F} \quad (27)$$

Dabei ist K_K der Festigkeitskennwert für die Kalotte und K_F der Festigkeitskennwert für den Flansch. K_K/K_F darf nicht größer als 1 eingesetzt werden.

Folgende Festigkeitsbedingung ist zu erfüllen:

$$\frac{F_{HB}}{2 \cdot \pi \cdot A} \le \frac{K_F}{S} \quad (28)$$

Zur Verfolgung des Einflusses des Biegemomentes M_B ist der wirksame Flanschwiderstand zu ermitteln

$$W = 2 \cdot 0{,}9\,\pi \cdot \left[b' \cdot \frac{h_F^2}{4} + \frac{1}{8}\, d_i \left(\left(s_e - c_1 - c_2\right)^2 - \left(s_0 - c_1 - c_2\right)^2\right)\right] \quad (29)$$

mit s_0 aus Formel (15) und

$$b' = b - d'_L \text{ (mit } d'_L \text{ nach AD 2000-Merkblatt B 8, Bild 3)} \quad (30)$$

wobei zur Begrenzung der Flanschblattneigung $h_{Fmin} \ge 2{,}5\, s_e$ sein soll.

Bei $\bar{x} > 3$ (siehe Formel (17) und Bild 12) ist die Flanschblattneigung

$$\varphi = \frac{0{,}75 \cdot M_B \cdot \left(d_a + d_i\right) \cdot 57{,}3}{E_\vartheta \cdot W \cdot \left(h_F + 0{,}9 \cdot \sqrt{\left(d_i + s_e\right) \cdot s_e}\right)} \quad (31)$$

auf 0,5 ° zu begrenzen (siehe auch AD 2000-Merkblatt B 8, Abschnitt 6.14).

Folgende Festigkeitsbedingungen sind zu erfüllen:

(1) für den Betriebszustand:

$$\frac{|M_B|}{W} + \frac{1}{S} \cdot \frac{|F_{HB}|}{2\,\pi \cdot A} \le \frac{K_F}{S} \quad (32)$$

(2) für den Einbauzustand:

$$\frac{|M_0|}{W} \le \frac{K_F}{S'} \quad (33)$$

(3) für den Prüfzustand:

$$\frac{|M_p|}{W} + \frac{1}{S'} \cdot \frac{|F_{HP}|}{2 \cdot \pi \cdot A} \le \frac{K_F}{S'} \quad (34)$$

9 Berechnung auf äußeren Überdruck

9.1 Begrenzung bleibender Dehnungen

Mit den gemäß Abschnitt 4.3 erhöhten Sicherheitsbeiwerten sind die Nachweise für die Schale im Bereich der Abklinglänge nach den Formeln (5), (12) und (16) sowie im Bereich von Ausschnitten nach AD 2000-Merkblatt B 9 zu führen.

Der Flansch ist sinngemäß nach Abschnitt 8 mit dem Sicherheitsbeiwert nach Abschnitt 4.1 zu berechnen. Dabei gilt jedoch Formel (35) statt Formel (22).

$$M_B = -F_{RB}\,(a_R - a_D) - F_{FB}\,(a_F - a_D) \pm F_{HB} \cdot a_H \quad (35)$$

Das positive Vorzeichen gilt, wenn F_{HB} oberhalb, das negative Vorzeichen, wenn F_{HB} unterhalb des Flanschblattschwerpunktes angreift. Auf die Erhöhung der Flächenpressung der Dichtung durch Außendruck ist zu achten.

9.2 Elastisches Beulen

Mit dem Sicherheitsbeiwert S_K nach Abschnitt 4.2 muss untersucht werden, ob ausreichende Sicherheit gegen elastisches Einbeulen gegeben ist; dies ist der Fall, wenn

$$p \le 3{,}66 \cdot \frac{E}{S_K} \cdot \left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{R}\right)^2 \quad (36)$$

erfüllt ist.

9.3 Plastisches Beulen

Kugelsegmentschalen müssen außerdem gegen plastische Instabilität ausgelegt werden. Dies geschieht durch einen Nachweis nach Formel (15) mit dem in Abschnitt 4.4 festgelegten Sicherheitsbeiwert und unabhängig von der Wertigkeit der Fügeverbindung mit $v = 1{,}0$.

10 Kleinste Wanddicke

10.1 Die kleinste Wanddicke der Kugelschale von Tellerböden wird mit 2 mm festgelegt.

10.2 Abweichend von Abschnitt 10.1 gilt für die kleinste Wanddicke bei Tellerböden aus Aluminium und dessen Legierungen 3 mm.

10.3 Ausnahmen siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 10.

10.4 Die kleinste Wanddicke von Gußstücken ergibt sich unter anderem aus der Technik der Herstellung.

11 Schrifttum

[1] *Hein, G.:* Die Berechnung von Tellerböden. Zeitschrift des TÜV München, Nr. 7 und 8 (1955).

[2] Hütte Maschinenbau Teil B; 28. Auflage. Wilhelm Ernst & Sohn (1960).

[3] *Schwaigerer, S.:* Die Festigkeit flachgewölbter Behälterdeckel. BWK **3** (1951), S. 411 ff.

[4] *Schwaigerer, S.:* Festigkeitsberechnung im Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau; 4. Auflage. Springer (1983).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt B 4

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt B 4

Die Abmessungen der Kugelkalotte können theoretisch zwischen den Grenzen $R = 0{,}5 \cdot d_i$ (Halbkugel) und $R = \infty$ (ebene Kreisplatte) liegen. Die üblichen Abmessungen von Tellerböden liegen bei etwa $d_i/R = 0{,}5$ bis 1,5.

Die zu den Bildern angegebenen Formeln gelten nur in den Grenzen des jeweiligen Bildes.

Zu 8.1 und 8.2

Für Tellerböden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch wurde auf das von *G. Hein* [2] unter Berücksichtigung von Versuchsergebnissen aufgestellte Berechnungsverfahren zurückgegriffen. Für dieses Berechnungsverfahren liegen ausreichende Erfahrungen vor.

Zu 8.3

Berechnung des Randquerschnittes der Kugelkalotte:

Der Berechnungsbeiwert β wurde als Ergebnis von Parameteruntersuchungen mit numerischen Verfahren (Übertragungsmatrizen) ermittelt.

Berechnung des Flansches:

Das Bemessungsverfahren entspricht einem vereinfachten Traglastverfahren (Fließgelenkkonzept) in Analogie zum Verfahren für Flanschverbindungen, die mit zylindrischen Körpern verbunden sind, nach DIN 2505 bzw. AD 2000-Merkblatt B 8. Die Lage des Fließgelenks wird am Übergang vom Flansch zur Kugelkalotte angenommen.

Für eine erste grobe Abschätzung kann die Flanschhöhe nach Formel (1) gewählt werden

$$h_F = s_e \cdot \beta_F \qquad (1)$$

mit β_F nach Bild A 1.

Die Anwendung dieses Berechnungsverfahrens setzt eine Flanschhöhe von $h_F \geq 2{,}5\, s_e$ zur Begrenzung der Flanschblattneigung voraus. Eine Begrenzung der Flanschhöhe nach oben kann aus schweißtechnischen Gründen angebracht sein. Außerdem ist bei Flanschwerkstoffen mit einer Streckgrenze bei Raumtemperatur von mehr als etwa 300 N/mm² die Flanschblattneigung im Hinblick auf die Dichtheit der Flanschverbindung zu beachten.

Formel (32) gibt die Überlagerung und Bewertung der im Flanschring in Umfangsrichtung wirkenden Spannungen aus Normalkraft und Biegemoment wieder. Im Flanschring und dem anteiligen Kalottenquerschnitt entsteht durch die Horizontalkraft F_{HB} eine Umfangsspannung der Größe $\sigma_N = F_{HB}/2\,\pi \cdot A$. Außerdem tritt infolge des äußeren Biegemomentes M_B im Flanschring ein inneres Moment mit radialem Vektor auf, das entsprechend der Flanschberechnung nach dem Fließgelenkkonzept zu einer maximalen Umfangsspannung von $\sigma_B = M_B/W_{pl}$ führt. Unter Anwendung der Traglasttheorie für die Biegeanteile und Formel (28) für die Normalspannungsanteile ergibt sich für die Überlagerung der Spannungen die Festigkeitsbedingung

$$\frac{|M_B|}{W_{pl}} + \frac{1}{S} \cdot \frac{|F_{HB}|}{2\,\pi \cdot A} \leq \frac{K_F}{S}$$

wobei W_{pl} mit W bezeichnet wird.

Durch die Einführung der Betragszeichen in Formel (32), (33) und (34) wird die ungünstigste Spannungskombination erfasst.

Schrifttum

[1] *Schwaigerer, S.:* Festigkeitsberechnung im Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau; 4. Auflage, Springer (1983).

[2] *Hein, G.:* Die Berechnung von Tellerböden; Zeitschrift des TÜV München, Nr. 7 und 8 (1955).

[3] Hütte Maschinenbau Teil B; 28. Auflage. Wilhelm Ernst und Sohn (1960).

[4] *Schwaigerer, S.:* Die Festigkeit flachgewölbter Behälterdeckel. BWK **3** (1951), S. 411 ff.

[5] *Wellinger, K., Krägeloh, E.,* u. *W. Braig:* Untersuchung von Tellerböden. Technische Mitteilung GWK-Verband (1965).

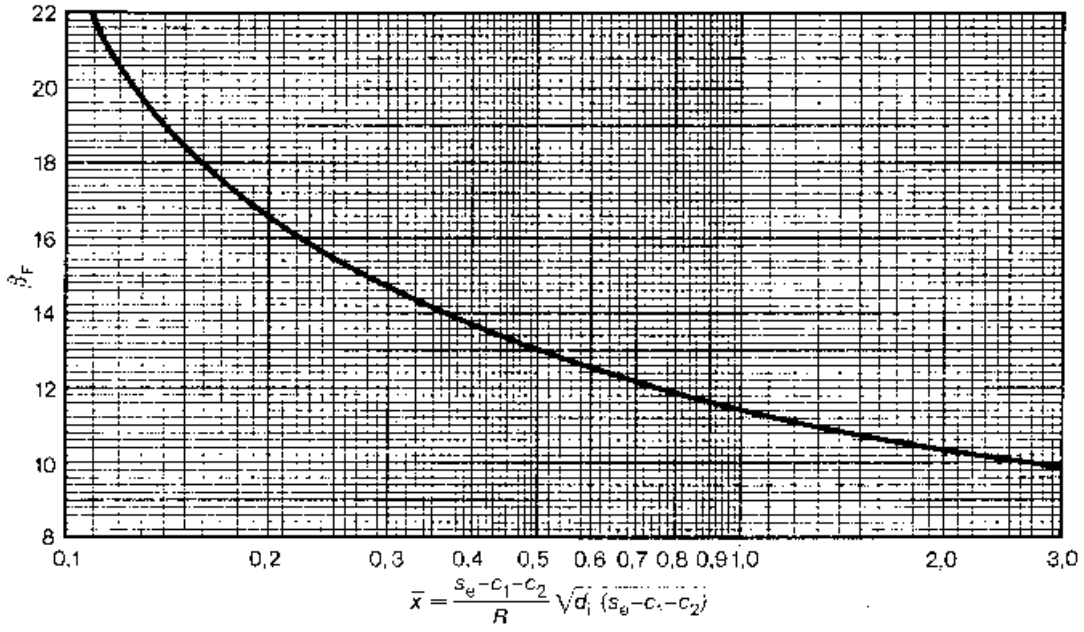


Bild A 1. Berechnungsbeiwerte β_F für die Flanschhöhe

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2016**

Berechnung von Druckbehältern	**Ebene Böden und Platten nebst Verankerungen**	**AD 2000-Merkblatt B 5**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Allgemeines ... 2
3 Formelzeichen und Einheiten ... 2
4 Verschwächungen ... 3
5 Zuschläge ... 3
6 Berechnung ... 3
7 Schrifttum ... 14
Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt B 5 ... 29

Ersatz für Ausgabe November 2014; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für die Bemessung von ebenen Böden und Platten sowie für Rohrbündel an Wärmeaustauschern im Hinblick auf ihre Verankerungswirkung. Sie beruhen auf den Kirchhoff'schen Gleichungen für die Platte unter näherungsweiser Berücksichtigung der Einspannbedingungen und der Lochfelder. Außerdem enthalten die C-Werte auch den Einfluss einer Querkontraktionszahl von 0,3.

Bei Werkstoffen mit wesentlich anderen Querkontraktionszahlen sowie dort, wo die Abmessungen die Grenzen

$$\frac{s_e - c_1 - c_2}{D} \geq \sqrt[4]{0{,}0087 \frac{p}{E}};\ \frac{s}{D} \leq \frac{1}{3}$$

überschreiten, ist eine gesonderte Spannungs- und Verformungsanalyse erforderlich.

Für D ist der jeweilige Berechnungsdurchmesser einzusetzen. Diese Abgrenzung gilt nicht für Rohrplatten, bei denen eine gegenseitige Abstützung durch die Rohre vorliegt.

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Bei Verwendung von Blindflanschen nach DIN 2527 und Blinddeckeln (ebene Deckel aus Stahl) nach DIN 28122 gelten die Anforderungen nach diesem AD 2000-Merkblatt als erfüllt, sofern Weichstoffdichtungen (z. B. Flachdichtungen für Flansche mit ebener Dichtfläche nach DIN EN 1514-1) verwendet werden.

Blindflansche nach DIN EN 1092-1 können ohne weitere Berechnung für Druckbehälter und Rohrleitungen verwendet werden, wenn sie sämtliche nachstehenden Bedingungen nach EN 13445-3, Abschnitt 11.4.2 erfüllen:

a) Unter normalen Betriebsbedingungen liegt der Berechnungsdruck unter dem in den Tabellen der DIN EN 1092-1 angegebenen Nenndruck für Flansch und Werkstoff bei Berechnungstemperatur.

b) Unter Prüfbedingungen oder außergewöhnlichen Bedingungen überschreitet der Berechnungsdruck nicht das 1,5-Fache des in den genannten Tabellen angegebenen Nenndrucks bei der entsprechenden Temperatur.

c) Die Dichtung ist nach Tafel 1 aus AD 2000-Merkblatt B 8 für den Flansch der betreffenden PN-Reihe oder Class zugelassen.

d) Die Schrauben gehören mindestens zu der Festigkeitskategorie (siehe Tafel 2 aus AD 2000-Merkblatt B 8), die als Mindestanforderung nach Tafel 1 aus AD 2000-Merkblatt B 8 für den in der Flanschverbindung verwendeten Dichtungstyp festgelegt ist.

e) Der Behälter ist überwiegend nichtzyklischen Belastungen ausgesetzt.

f) Die Differenz zwischen mittlerer Temperatur von Schrauben und Flansch überschreitet unter keinen Bedingungen 50 °C.

g) Bei unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Schrauben- und Flanschwerkstoff (z. B. Flansche aus austenitischem und Schrauben aus ferritischem Stahl) beträgt die maximale Betriebstemperatur 120 °C. Bei Betriebstemperaturen > 120 °C darf die Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten von Schrauben- und Flanschwerkstoff 10 % nicht überschreiten.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

d_1, d_2	Berechnungsdurchmesser	mm
h	Bordhöhe	mm
l_K	Knicklänge	mm
l_W	Walzlänge	mm
l^*_W	Länge der Verbindung zwischen Rohr und Rohrboden	mm
p_i, p_u	Berechnungsdruck in den Rohren bzw. um die Rohre	bar
D_1, D_2, D_3, D_4	Berechnungsdurchmesser	mm

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

F_A	Axialkraft	N
F_K	Knickkraft	N
F_R	Rohrkraft	N
s_1	Anschlusswanddicke	mm
t	hier: Teilung	mm
λ	Schlankheitsgrad	–
l	Berechnungshilfsgröße	mm
f	zulässige Bemessungsspannung	N/mm²
δ	Verhältnis erforderliche Schraubenkraft zu Innendruckkraft	–

4 Verschwächungen

4.1 Ausschnitte in unverankerten, ebenen Böden und Platten

4.1.1 Zentrale Ausschnitte mit dem Durchmesser d_i können für Ausführungen nach den Abschnitten 6.1 und 6.2 über Bild 21 und für Ausführungen nach den Abschnitten 6.3 und 6.4 über Bild 22 berücksichtigt werden.

4.1.2 Die erforderliche Wanddicke der Platte mit Ausschnitt ergibt sich aus den Formeln (2) bis (4), in denen der C- bzw. C_1-Wert nach Tafel 1 bzw. Bild 5 mit dem Ausschnittsbeiwert C_A bzw. C_{A1} multipliziert wird.

4.1.3 Je nachdem, ob ein Ausschnitt ohne anschließenden Stutzen (Ausführung A der Bilder 21 und 22) oder mit Stutzen (Ausführung B der Bilder 21 und 22) vorliegt, sind die Werte C_A bzw. C_{A1} der Kurve A oder B zu entnehmen. Bei Durchmesserverhältnissen $d_i/d_D \geq 0{,}8$ ist die Flanschberechnung nach AD 2000-Merkblatt B 8 anzuwenden.

4.1.4 Nichtmittige Ausschnitte können wie mittige Ausschnitte behandelt werden.

4.1.5 Für runde, unverankerte Platten mit gleichsinnigem zusätzlichem Randmoment, bei denen das Verhältnis $(s_e - c_1 - c_2)/d_t \geq 0{,}1$ ist, kann bei mehreren Ausschnitten der Ausschnittsbeiwert C_{A1} wie folgt bestimmt werden:

$$C_{A1} = \sqrt{\frac{A}{A - A_A}} \tag{1}$$

Als A ist der unverschwächte Plattenquerschnitt und als A_A die Summe der Querschnitte der in der am stärksten geschwächten Schnittebene liegenden Ausschnitte einzusetzen.

4.1.6 Für Rohrplatten sind die Verschwächungsbeiwerte nach den Formeln (17) bzw. (18) zu bestimmen.

5 Zuschläge

Siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 9. Abweichend davon entfällt jedoch der Zuschlag c_1 bei Wanddicken über 25 mm.

6 Berechnung

6.1 Unverankerte, runde, ebene Böden und Platten ohne zusätzliches Randmoment

6.1.1 Die erforderliche Wanddicke s unverankerter, runder, ebener Böden und Platten ohne zusätzliches Randmoment beträgt

$$s = C \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10\,K}} + c_1 + c_2 \tag{2}$$

Die Berechnungsbeiwerte C und die Berechnungsdurchmesser D_1 sind entsprechend Tafel 1 einzusetzen.

Bei den Ausführungsformen a) und b) nach Tafel 1 sind folgende Bedingungen zu beachten:

1) Das Verhältnis der Bemessungsspannungen f_{Bord}/f_{Mantel} soll mindestens 0,75 sein

   $$\Rightarrow \frac{K_{Bord}}{S_{Bord}} \geq 0{,}75 \cdot \frac{K_{Mantel}}{S_{Mantel}}$$

   Wird dieses Verhältnis unterschritten, ist die ausreichende Wanddicke des zylindrischen Bords unabhängig von seiner Höhe h nach AD 2000-Merkblatt B 1 nachzuweisen.

2) Bei einem Verhältnis $1 > f_{Bord}/f_{Mantel} \geq 0{,}75$ ist die ausreichende Wanddicke des zylindrischen Bords nach AD 2000-Merkblatt B 1 nachzuweisen, wenn die Höhe h des zylindrischen Bords den Wert

   $\frac{f_{Bord}}{f_{Mantel}} \sqrt{D_1 \cdot s_1}$ überschreitet.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Wanddicke der Krempe darf die rechnerische Wanddicke des zylindrischen Bords nicht unterschreiten.

Ist bei der Ausführungsform e) abweichend von der Darstellung in Tafel 1 ein zylindrischer Bord vorhanden, gelten die genannten Bedingungen ebenfalls.

6.2 Unverankerte, rechteckige oder elliptische Platten ohne zusätzliches Randmoment

6.2.1 Die erforderliche Wanddicke s unverankerter, rechteckiger oder elliptischer Platten ohne zusätzliches Randmoment nach Bild 1 beträgt

$$s = C \cdot C_E \cdot f \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10\,K}} + c_1 + c_2 \qquad (3)$$

Der aus Bild 2 zu entnehmende Beiwert C_E berücksichtigt die besonderen Verhältnisse rechteckiger oder elliptischer Platten. Der C-Wert ist entsprechend den vorliegenden Randbedingungen, bezogen auf die Schmalseite, Tafel 1 zu entnehmen.

6.2.2 Bei Deckeln nach Bild 1 mit einer zusätzlichen Belastung durch Bügelschrauben muss die der Innendruckbeanspruchung gleichgerichtete zulässige Schraubenbelastung berücksichtigt werden. In der Regel genügt es, in Formel (3) anstelle von p den Wert 1,5 p einzusetzen.

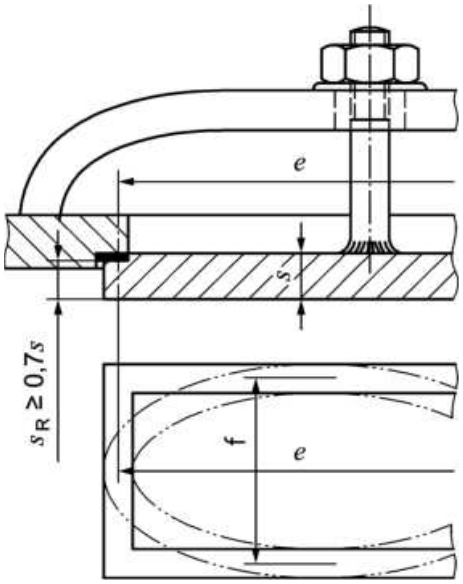


Bild 1 — Von innen vorgelegte, unverankerte, rechteckige oder elliptische Platte ohne zusätzliches Randmoment

6.3 Unverankerte, runde Platten mit zusätzlichem Randmoment

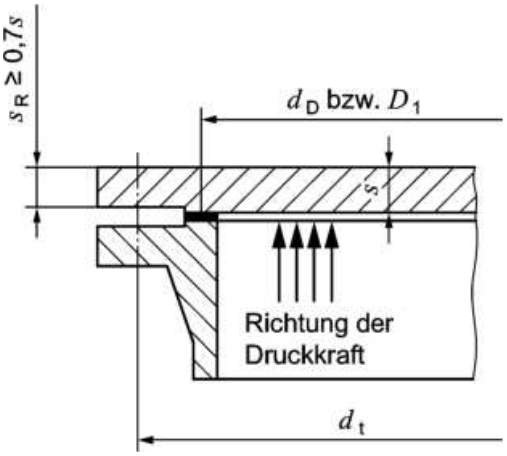


Bild 3 — Unverankerte, runde Platte mit zusätzlichem gleichsinnigem Randmoment

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

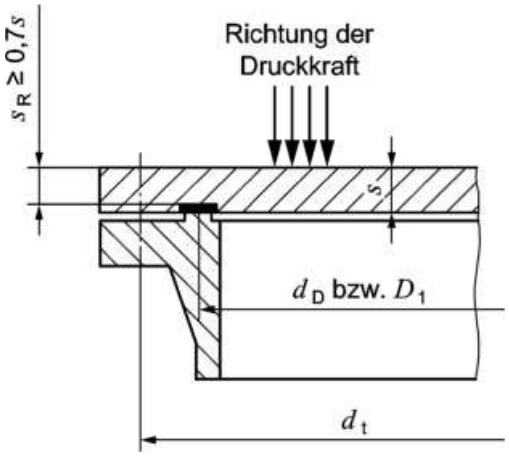


Bild 4 — Unverankerte, runde Platte mit zusätzlichem gegensinnigem Randmoment

6.3.1 Die erforderliche Wanddicke s unverankerter, runder Platten mit zusätzlichem gleichsinnigem Randmoment beträgt

$$s = C_1 \cdot d_D \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10\,K}} + c_1 + c_2 \tag{4}$$

Der C_1-Wert kann in Abhängigkeit vom Verhältnis d_t/d_D und dem Wert δ aus Bild 5 entnommen werden. Hierbei beträgt das Verhältnis der erforderlichen Schraubenkraft zur Innendruckkraft

$$\delta = 1 + 4\frac{k_1 \cdot S_D}{d_D} \tag{5}$$

wobei in der Regel $S_D = 1{,}2$ eingesetzt und der Dichtungskennwert k_1 dem AD 2000-Merkblatt B 7 entnommen werden kann. Bei gegensinnigem Randmoment kann $C_1 = 0{,}35$ gesetzt werden.

6.3.2 Platten, die entsprechend den vorstehenden Formeln ausgelegt sind, genügen den Festigkeitsanforderungen. Es können jedoch z. B. bei Platten aus hochfesten Stählen sowie bei Platten aus Nichteisenmetallen oder bei Platten größeren Durchmessers Schwierigkeiten bezüglich Abdichtung und zulässiger Schraubenbiegung wegen zu großer Schrägstellung der Platten auftreten. Es wird deshalb empfohlen, bei Weichstoffdichtungen und Metallweichstoffdichtungen die Plattenneigung φ in der Größenordnung von etwa 0,5° bis 1° zu begrenzen [17]. Die Platte muss dann unter Umständen dicker ausgeführt sein, als es aufgrund der Festigkeitsanforderung notwendig wäre.

6.4 Unverankerte, rechteckige oder elliptische Platten mit zusätzlichem gleichsinnigem Randmoment

Die erforderliche Wanddicke s unverankerter, rechteckiger oder elliptischer Platten mit zusätzlichem gleichsinnigem Randmoment wird sinngemäß nach Formel (3) aus Abschnitt 6.2.1 berechnet, wobei statt C der auf die Schmalseite der Platte bezogene C_1-Wert nach Abschnitt 6.3.1 aus Bild 5 eingesetzt wird.

6.5 Runde, ebene Böden und Platten mit einer zentralen Verankerung durch ein Rohr oder einen Vollanker

6.5.1 Die erforderliche Wanddicke s runder, ebener Böden und Platten mit einer zentralen Verankerung durch ein Rohr oder einen Vollanker beträgt

$$s = C_2 \cdot (D_1 - d_1) \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10\,K}} + c_1 + c_2 \tag{6}$$

wobei der Berechnungsbeiwert C_2 und die Berechnungsdurchmesser D_1 und d_1 entsprechend Tafel 2 einzusetzen sind.

Bei den Ausführungsformen a) und b) nach Tafel 2 sind folgende Bedingungen zu beachten:

1) Das Verhältnis der Bemessungsspannungen f_{Bord}/f_{Mantel} soll mindestens 0,75 sein

$$\Rightarrow \frac{K_{Bord}}{S_{Bord}} \geq 0{,}75 \cdot \frac{K_{Mantel}}{S_{Mantel}}$$

Wird dieses Verhältnis unterschritten, ist die ausreichende Wanddicke des zylindrischen Bords unabhängig von seiner Höhe h nach AD 2000-Merkblatt B 1 nachzuweisen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2) Bei einem Verhältnis $1 > f_{Bord}/f_{Mantel} \geq 0{,}75$ ist die ausreichende Wanddicke des zylindrischen Bords nach AD 2000-Merkblatt B 1 nachzuweisen, wenn die Höhe h des zylindrischen Bords den Wert $\frac{f_{Bord}}{f_{Mantel}}\sqrt{D_1 \cdot s_1}$ überschreitet.

Die Wanddicke der Krempe darf die rechnerische Wanddicke des zylindrischen Bords nicht unterschreiten.

6.5.2 Die zentralen Anker oder Ankerrohre müssen die auf sie entfallende Axialkraft (Zug- oder Druckkraft) mit einer Sicherheit $S = 1{,}5$ aufnehmen können. Die Axialkraft beträgt

$$F_A = C_Z \cdot \frac{\pi \cdot D_1^2 \cdot p}{40} \tag{7}$$

wobei C_Z in Abhängigkeit von D_1/d_1 Bild 6 entnommen werden kann. Die Formel (6) berücksichtigt nicht die Wirkung unterschiedlicher Wärmedehnung von Mantel und Rohren sowie in den Platten selbst. Wenn die Wirkung unterschiedlicher Wärmedehnung berücksichtigt werden muss, sind entsprechende Vereinbarungen zwischen Hersteller und Besteller/Betreiber zu treffen.

6.5.3 Wird der Anker durch axialen Druck beansprucht, so ist zusätzlich die Knicksteifigkeit nach Euler nachzuweisen. Die zulässige Knickkraft beträgt

$$F_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_K^2 \cdot S_K} \tag{8a}$$

wobei $S_K = 3{,}0$ für den Betriebszustand gilt. Anstelle von S_K ist im Prüfzustand $S'_K = 2{,}2$ einzusetzen. Die Länge l_K ist je nach Belastungsfall aus Tafel 3 in Abhängigkeit von l_0 zu bestimmen. Dabei ist l_0 die Länge zwischen den Punkten, in denen der Anker in seiner ursprünglichen Richtung geführt wird.

Schlankheitsgrade

$$\lambda = \frac{4 \cdot l_K}{\sqrt{d_a^2 + d_i^2}} \tag{9a}$$

über 200 sollen vermieden werden. In Formel (9a) bedeuten d_a Außendurchmesser und d_i Innendurchmesser der Ankerrohre.

Formel (8a) gilt nur im Schlankheitsbereich

$$\lambda > \lambda_0 \approx \pi\sqrt{\frac{E}{K}} \tag{9b}$$

Bei kleineren Schlankheitsgraden beträgt die zulässige Knickkraft von Rohrankern

$$F_K = \frac{K}{S}\pi \cdot \frac{d_a^2 - d_i^2}{4}\left[1 - \frac{\lambda}{\lambda_0}\left(1 - \frac{S}{S_K}\right)\right] \tag{8b}$$

wobei $S_K = 3{,}0$ für den Betriebszustand gilt. Anstelle von S_K ist im Prüfzustand $S'_K = 2{,}2$ einzusetzen.

6.6 Ebene, durch Stehbolzen versteifte Platten

6.6.1 Die erforderliche Wanddicke s ebener, durch Stehbolzen versteifter Platten beträgt bei gleichmäßig über die druckbelastete Fläche verteilter Verankerung nach Bild 7

$$s = C_3 \cdot \sqrt{\left(t_1^2 + t_2^2\right) \cdot \frac{p \cdot S}{10\,K}} + c_1 + c_2 \tag{10}$$

Der Berechnungsbeiwert C_3 ist der Tafel 4 zu entnehmen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

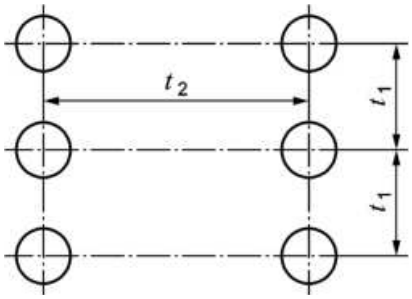
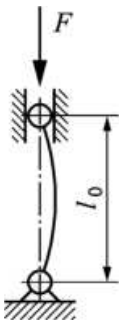
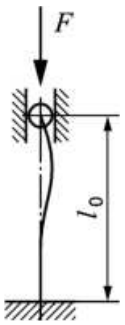
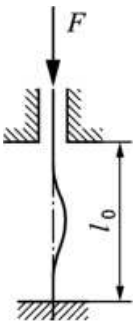


Bild 7 — Gleichmäßig verteilte Verankerung

Tafel 3 — l_K für verschiedene Belastungsfälle

	Freie, in der Achse geführte Stabenden (Rohr oder Anker zwischen 2 Stützblechen)	**Ein Stabende eingespannt, das andere frei in der Achse geführt (Rohr oder Anker zwischen Rohrboden oder Stützblech)**	**Eingespannte, in der Achse geführte Stabenden (Rohr oder Anker zwischen 2 Rohrböden)**
Darstellung des Belastungsfalles			
Freie Knicklänge l_K =	l_0	0,7 l_0	0,5 l_0

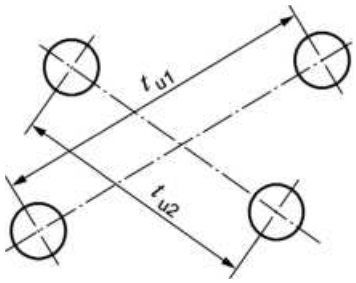


Bild 8 — Ungleichmäßig verteilte Verankerung

6.6.2 Die erforderliche Wanddicke s ebener, durch Stehbolzen versteifter Platten beträgt bei ungleichmäßig verteilter Verankerung nach Bild 8

$$s = C_3 \cdot \frac{t_{u1} + t_{u2}}{2} \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10\,K}} + c_1 + c_2 \qquad (11)$$

Der Berechnungsbeiwert C_3 ist der Tafel 4 zu entnehmen.

Tafel 4 — Berechnungsbeiwert ebener, durch Stehbolzen versteifter Platten

Ausführungsform der Stehbolzen	**Berechnungsbeiwert C_3**
eingeschraubt und vernietet oder eingeschraubt und aufgedornt	0,47
eingeschraubt und beidseits mit Muttern versehen	0,44
eingeschweißt	0,40

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.7 Runde, ebene Platten an Wärmeaustauschern

Die Berechnung erfolgt nach den Abschnitten 6.7.1 bis 6.7.6; in jedem Fall ist Abschnitt 6.7.7 zu beachten.

6.7.1 Runde, ebene Platten, die durch die Rohre und den Mantel gegenseitig verankert sind

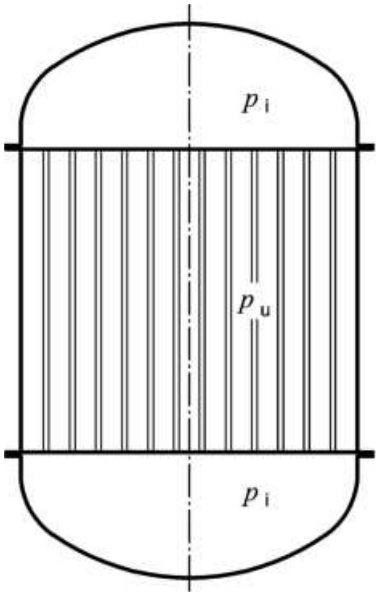


Bild 9 — Runde, ebene Platten, die durch Rohre und Mantel gegenseitig verankert sind

6.7.1.1 Die erforderliche Wanddicke s runder, ebener Platten nach Bild 9, die durch die Rohre und den Mantel gegenseitig verankert sind, beträgt

$$s = 0{,}40\, d_2 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10\, K}} + c_1 + c_2 \tag{12}$$

wobei als p der größere der beiden Drücke in den Rohren oder um die Rohre einzusetzen ist. Der Berechnungsdurchmesser d_2 ist der Durchmesser des größten im unberohrten Teil einbeschriebenen Kreises (siehe Bild 10).

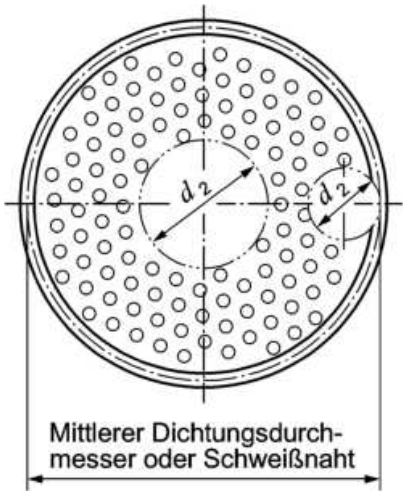


Bild 10 — Bestimmung des Berechnungsdurchmessers d_2

6.7.1.2 Bei eingewalzten Rohren muss ausreichende Sicherheit gegen Herausziehen der Rohre vorhanden sein. Diese ist anzunehmen, wenn die Beanspruchung der Walzverbindung, die sich aus der Rohrkraft F_R (siehe Abschnitt 6.7.1.4) und der wirksamen Stützfläche A_W ergibt, die nachstehenden Werte der Tafel 5 nicht überschreitet.

Als wirksame Stützfläche ist anzusehen

$$A_W = \left(d_a - d_i\right) \cdot l_W \tag{13}$$

jedoch höchstens

$$A_W = 0{,}1 \cdot d_a \cdot l_W \tag{14}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 5 — Zulässige Beanspruchung der Walzverbindung

Art der Walzverbindung	Zulässige Beanspruchung der Walzverbindung F_R/A_W in N/mm²
glatt	150
mit Rille	300
mit Bördel	400

Die Walzlänge l_W muss mindestens 12 mm betragen und darf höchstens mit 40 mm in die Berechnung der Stützfläche eingeführt werden.

6.7.1.3 Bei eingeschweißten Rohren nach Bild 11 müssen die Schweißnähte in der Lage sein, die gesamte ins Rohr zu übertragende Kraft aufzunehmen. Die Nahtdicke im Abscherquerschnitt muss mindestens betragen

$$g = 0{,}4\,\frac{F_R \cdot S}{d_a \cdot K} \tag{15}$$

6.7.1.4 Der Berechnung der Rohrkraft F_R ist die auf ein Rohr entfallende Belastungsfläche A_R zugrunde zu legen. Sie ist für ein vollberohrtes Feld durch die schraffierte Fläche in Bild 12 dargestellt. Bei teilweise berohrten Feldern muss der Anteil des Randfeldes berücksichtigt werden. Bei Randfeldern in ebenen Böden ist die Bodenfläche bis zum Ansatz der Bodenkrempe in Betracht zu ziehen. Bei Randfeldern in ebenen Platten kann die Belastung des Randfeldes bis zur Hälfte durch die unmittelbar angrenzende Behälterwand als aufgenommen angesehen werden.

6.7.1.5 Werden die Rohre auf Knicken beansprucht, so ist Abschnitt 6.5.3 zusätzlich zu beachten. Liegt die Knickkraft über der nach Formel (8a) zulässigen Knickkraft, so beträgt die erforderliche Wanddicke s der Platten

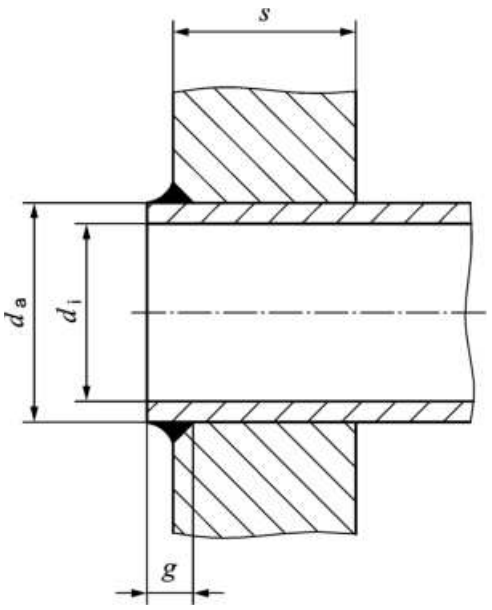


Bild 11 — Schweißnahtdicke eingeschweißter Rohre

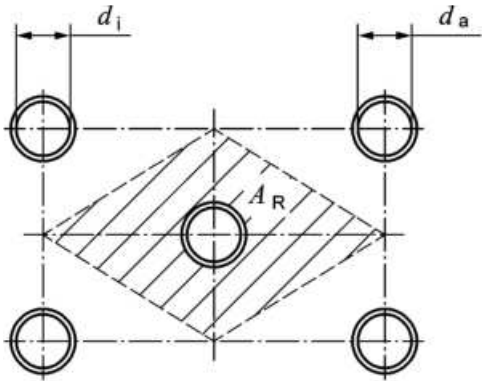


Bild 12 — Belastungsfläche A_R

$$s = C \cdot \sqrt{\frac{D_1^2 - n \cdot d_i^2}{v} \cdot \frac{p_i \cdot S}{10\,K}} + c_1 + c_2 \tag{16}$$

Die Berechnungsbeiwerte C sind Tafel 1 bzw. Bild 5 zu entnehmen. Der Verschwächungsbeiwert wird wie folgt bestimmt

$$v = \frac{t - d_a^*}{t} \tag{17}$$

mit

$$d_a^* = \max\left\{d_a - 2 \cdot s_t \cdot \left(\frac{E_t}{E}\right) \cdot \left(\frac{K_t}{K}\right) \cdot \left(\frac{l_W^*}{s}\right); \frac{d_a}{1{,}2}\right\} \tag{18}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

In Formel (18) steht der Index „t“ für die Rohrparameter und l_W^* für die Länge der Verbindung zwischen Rohr und Rohrboden ($l_W^* = g + \sqrt{d_a \cdot s_t}$ bei eingeschweißten Rohren; $l_W^* = l_W$ bei eingewalzten Rohren; $l_W^* = g + l_W$ bei eingeschweißten und eingewalzten Rohren). E_t/E und K_t/K sowie l_W^*/s dürfen mit maximal 1 eingesetzt werden.

6.7.1.6 Formel (12) berücksichtigt nicht die Wirkung unterschiedlicher Wärmedehnung von Mantel und Rohren sowie in den Platten selbst. Wenn die Wirkung unterschiedlicher Wärmedehnung berücksichtigt werden muss, sind entsprechende Vereinbarungen zwischen Hersteller und Besteller/Betreiber zu treffen.

6.7.1.7 Sofern der Druck in den Rohren größer ist als der doppelte Wert des Druckes um die Rohre ($p_i > 2 \cdot p_u$), muss nachgewiesen werden, dass der Mantel die aus p resultierende Axialkraft zusätzlich aufnehmen kann.

6.7.2 Runde, ebene, vollberohrte Platten mit rückkehrenden Rohren

6.7.2.1 Die erforderliche Wanddicke s runder, ebener, vollberohrter Platten mit rückkehrenden Rohren nach Bild 13 beträgt

$$s = C \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p_i \cdot S}{10\,K \cdot v}} + c_1 + c_2 \tag{19}$$

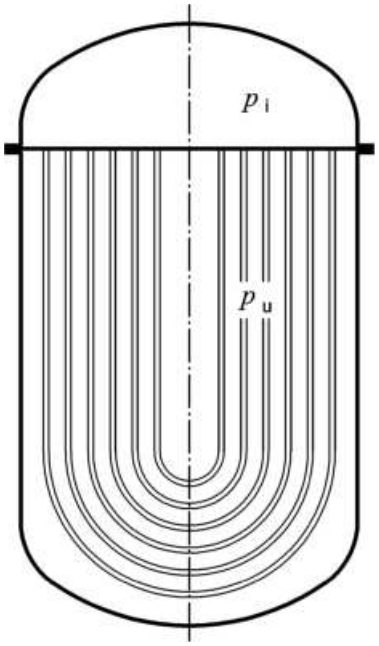


Bild 13 — Runde, ebene, vollberohrte Platten mit rückkehrenden Rohren

bzw.

$$s = C \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p_u \cdot S}{10\,K \cdot v}} + c_1 + c_2 \tag{20}$$

Der größere Wert aus den Formeln (19) und (20) ist für die Bemessung maßgebend. Die dem jeweiligen Druckraum zugeordneten Berechnungsdurchmesser und Berechnungsbeiwerte sind Tafel 1 bzw. Bild 5 zu entnehmen. Für den Verschwächungsbeiwert gelten die Formeln (17) und (18).

6.7.2.2 Bei eingewalzten Rohren ist außerdem Abschnitt 6.7.1.2 sinngemäß zu beachten. Dabei ist

$$F_R = \frac{d_i^2 \cdot \pi \cdot p_i}{40} \tag{21}$$

6.7.3 Ebene, teilweise oder ungleichmäßig berohrte Platten mit rückkehrenden Rohren

6.7.3.1 Die erforderliche Wanddicke s runder, ebener, teilweise oder ungleichmäßig berohrter Platten mit rückkehrenden Rohren beträgt

$$s = C_4 \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p_i \cdot S}{10\,K \cdot v}} + c_1 + c_2 \tag{22}$$

bzw.

$$s = C_4 \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p_u \cdot S}{10\,K \cdot v}} + c_1 + c_2 \tag{23}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Entsprechend Abschnitt 6.7.2.1 ist die Wanddicke nach den Formeln (22) und (23) mit den zugehörigen C_4-Werten zu bestimmen, wobei die größere Wanddicke für die Bemessung maßgebend ist. Die erforderliche Wanddicke der unberohrten Platte darf jedoch nicht unterschritten werden.

Die Berechnungsbeiwerte C_4 sind dem Bild 14 zu entnehmen. Für den Verschwächungsbeiwert gelten die Formeln (17) und (18).

6.7.3.2 Bei Platten mit Rohrgassen (z. B. mehrflutige Wärmeaustauscher), bei Platten, deren Rohrfeld sich nicht bis zum Plattenrand erstreckt (z. B. rechteckiges Rohrfeld) oder bei ungleichen Teilungen in den einzelnen Durchmessern konzentrischer Rohrreihen ist die Berechnung für jeden Abstand l (mittlerer Abstand der Mitten der Rohre der betrachteten Rohrreihe vom Plattenmittelpunkt) gesondert durchzuführen, wobei der größte Wert $C_4/\sqrt{v}$ für die Bemessung maßgebend ist. Außerhalb des Rohrfeldes liegende Einzelrohre dürfen hierbei nicht berücksichtigt werden.

6.7.3.3 Bei eingewalzten Rohren ist außerdem Abschnitt 6.7.1.2 sinngemäß zu beachten. Dabei ist F_R nach Formel (21) zu bestimmen.

6.7.4 Runde, ebene Rohrplatten mit einer frei beweglichen Gegenplatte eines Schwimmkopfes

6.7.4.1 Die erforderliche Wanddicke s runder, ebener Rohrplatten mit einer frei beweglichen Gegenplatte nach Bild 15 beträgt

$$s = C_5 \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p_i \cdot S}{10\,K \cdot v}} + c_1 + c_2 \qquad (24)$$

bzw.

$$s = C_5 \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p_u \cdot S}{10\,K \cdot v}} + c_1 + c_2 \qquad (25)$$

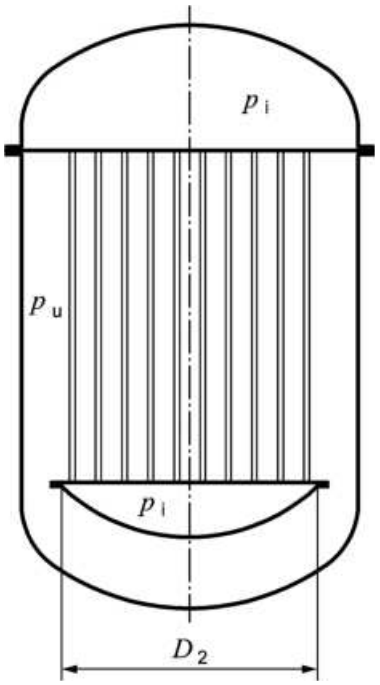


Bild 15 — Runde, ebene Platten an Wärmeaustauschern, deren Rohrbündel mit einem Schwimmkopf versehen ist

Die dem jeweiligen Druckraum zugeordneten Berechnungsdurchmesser sind Tafel 1 bzw. Bild 3 oder Bild 4 zu entnehmen. Der größte Wert s nach den Formeln (24) und (25) ist für die Bemessung maßgebend. Für den Verschwächungsbeiwert v gelten die Formeln (17) und (18). Für die Berechnung der erforderlichen Wanddicke s für die frei bewegliche Rohrplatte ist statt D_1 nach Bild 15 D_2 in die Formeln (24) und (25) einzusetzen.

6.7.4.2 Die dem jeweiligen Druckraum zugeordneten Berechnungsbeiwerte C_5 sind Bild 16 zu entnehmen. Die für die Ausführungsform maßgebende Kurve ergibt sich aus den Randbedingungen. Die für zusätzliche Randmomente maßgebenden Kurven gelten für $\delta = 1{,}5$ (siehe Formel (5)). Bei Dichtungen mit anderen δ-Werten muss C_5 mit dem Faktor $\sqrt{\frac{\delta}{1{,}5}}$ multipliziert werden. Der Wert C_5 muss mindestens mit 0,15 in die Rechnung eingesetzt werden.

6.7.4.3 Der Rohrfeldhalbmesser l ist der mittlere Abstand der Mitten der außen liegenden Rohre vom Plattenmittelpunkt zuzüglich eines halben Rohrdurchmessers. Erläuterungen zur Bestimmung von l finden sich im Anhang 1.

Außerhalb des Rohrfeldes liegende Einzelrohre dürfen nicht berücksichtigt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.7.4.4 Es ist außerdem zu prüfen, ob die Randrohre (ungefähr die beiden äußeren Rohrreihen) mit ihren Verbindungen zum Rohrboden die Belastung $p_u \cdot D_2^2 \cdot \frac{\pi}{40}$ als Knick- und Druckbelastung und $p_i \cdot D_2^2 \cdot \frac{\pi}{40}$ als Zugbelastung ertragen.

Hierbei bezieht sich D_2 auf die bewegliche Rohrplatte. Ist die Beanspruchung der Randrohre zu groß, so ist die erforderliche Anzahl der tragenden Rohre zu bestimmen. Nach Abzug dieser tragenden Rohre vom vorhandenen Rohrfeld ergibt sich ein kleinerer Rohrfeldhalbmesser l' und aus Bild 16 ein größerer Wert für C_5, mit dem die Plattendicke zu dimensionieren ist. Für die Belastung der Randrohre gilt dann als Drucklast

$p_u / 40 \cdot (4 \cdot l'^2 + n \cdot d_a^2) \cdot \pi$ und als Zuglast

$p_i / 40 \cdot (4 \cdot l'^2 + n \cdot d_i^2) \cdot \pi$. Dabei ist n die Anzahl der tragenden Randrohre. Wenn $\frac{l'}{D_1} < 0{,}1$ ist, gilt für C_5 der jeweilige Maximalwert.

6.7.4.5 Für die Knickbelastung der Rohre des inneren Rohrfeldes ist der Druck p_i maßgebend. Als Belastungsfläche eines Rohres ist die in Abschnitt 6.7.1.4 angegebene und um den Rohrquerschnitt erweiterte Belastungsfläche anzunehmen.

6.7.4.6 Durch Wegdrehen der Leitbleche und der beweglichen Rohrböden in Umfangsrichtung des Wärmetauschers können sich wesentlich größere Knicklängen für die druckbeanspruchten Rohre ergeben. Dies ist bei der Auslegung der Rohre auf axialen Druck nach Abschnitt 6.5.3 zu berücksichtigen, es sei denn, durch geeignete Maßnahmen wird eine Umfangsverdrehung der Umlenkbleche und der beweglichen Rohrplatten verhindert.

6.7.5 Runde, ebene Rohrplatten an Wärmeaustauschern mit einem Ausgleichselement im Mantel

6.7.5.1 Die erforderliche Wanddicke s runder, ebener Rohrplatten an Wärmeaustauschern mit einem Ausgleichselement im Mantel nach den Bildern 17 und 18 beträgt mit

$$p = p_i + p_u \cdot \frac{D_3^2 - 4\,l^2}{D_1^2} \tag{26}$$

$$s = C_5 \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10\,K \cdot v}} + c_1 + c_2 \tag{27}$$

Der Durchmesser D_1 ist Tafel 1 bzw. Bild 3 oder Bild 4 entsprechend den Randbedingungen im Rohrraum zu entnehmen.

Für die Bestimmung von l in Formel (26) ist Abschnitt 6.7.4.3 sinngemäß anzuwenden. Der C_5-Wert muss aus Bild 16 entsprechend den Randbedingungen im Rohrraum entnommen werden. Abschnitt 6.7.4.2 ist zu beachten. Für den Verschwächungsbeiwert gelten die Formeln (17) und (18).

6.7.5.2 Es ist außerdem zu prüfen, ob die Randrohre (ungefähr die beiden äußeren Rohrreihen) mit ihren Verbindungen zum Rohrboden die Belastung $p \cdot D_1^2 \cdot \frac{\pi}{40}$ als Zugbelastung ertragen. Hierbei ist p nach Formel (26) einzusetzen. Sind p_i oder p_u Unterdrücke, so müssen die Randrohre außerdem die Knick- und Druckbelastung $p_i \cdot D_1^2 \cdot \frac{\pi}{40}$ bzw. $p_u \cdot \left(D_3^2 - 4\,l^2\right) \cdot \frac{\pi}{40}$ ertragen können.

Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so ist die Anzahl der tragenden Randrohre zu erhöhen. Nach Abzug dieser tragenden Rohre vom Rohrfeld ergibt sich ein kleinerer Rohrfeldhalbmesser l' und aus Bild 16 ein größerer Wert für C_5 zur Plattendimensionierung. Die Zugbelastung der Randrohre ist dann

$$\left[p_i \cdot \left(4 \cdot l'^2 + n \cdot d_i^2\right) + p_u \cdot \left(D_3^2 - 4 \cdot l'^2 - n \cdot d_a^2\right)\right] \cdot \pi / 40.$$

Sind p_i oder p_u Unterdrücke, so beträgt die Drucklast

$$p_u \cdot \left(D_3^2 - 4 \cdot l'^2 - n \cdot d_a^2\right) \cdot \pi / 40 \text{ bzw.}$$

$$p_i \cdot \left(4 \cdot l'^2 - n \cdot d_i^2\right) \cdot \pi / 40.$$

Dabei ist n die Anzahl der tragenden Randrohre. Sofern der Mantelraumdruck größer ist als der Rohrraumdruck ($p_u > p_i$), ist über die Bildung einer Gesamtspannung $\sigma = |\sigma_a| + |\sigma_t|$ nachzuweisen, dass die Randrohre die Belastung ertragen. Zur Zugspannung σ_a der Randrohre ist folgende Tangentialspannung $\sigma_t = \left[p_i\left(d_a - 2\,s_R\right) - p_u d_a\right] / 20\,s_R$ zu addieren. Es gilt $\sigma \le K_R / S$.

6.7.5.3 Für die Knickbelastung der Rohre des inneren Rohrfeldes ist der Druck p_i maßgebend. Als Belastungsfläche eines Rohres ist die in Abschnitt 6.7.1.4 angegebene und um den Rohrquerschnitt erweiterte Belastungsfläche anzunehmen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

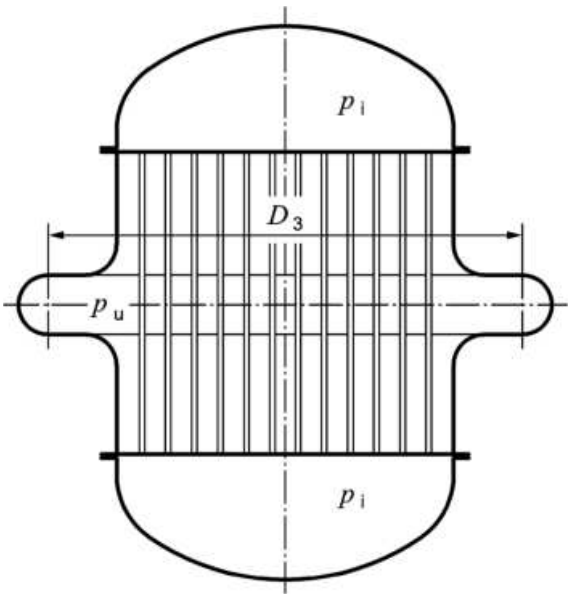


Bild 17 — Runde, ebene Platten an Wärmeaustauschern mit einem Kompensator im Mantel

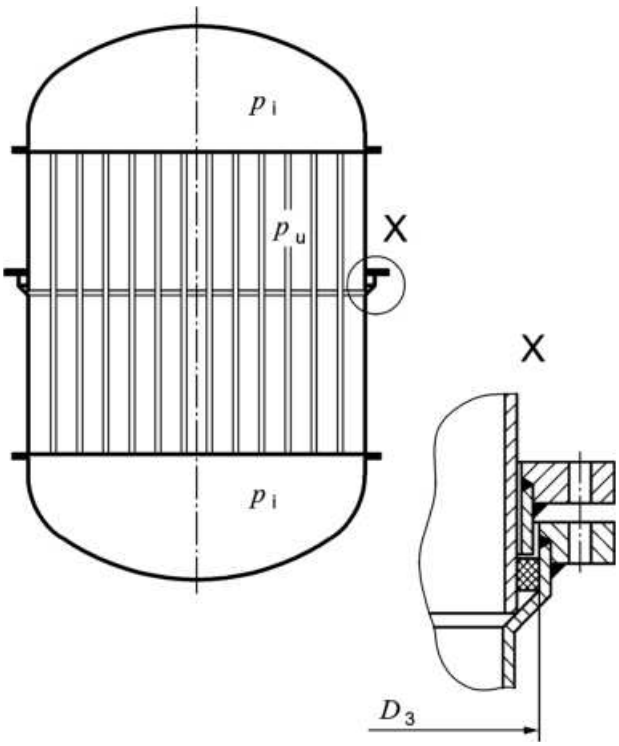


Bild 18 — Runde, ebene Platten an Wärmeaustauschern mit einer Stopfbüchse im Mantel

6.7.6 Runde, ebene Rohrplatten an Wärmeaustauschern mit einer die bewegliche Rohrplatte abdichtenden Stopfbüchse

6.7.6.1 Die erforderliche Wanddicke s runder, ebener Rohrplatten an Wärmeaustauschern mit einer die bewegliche Rohrplatte abdichtenden Stopfbüchse nach Bild 19 wird nach Formel (27) berechnet, wobei für die feststehende Rohrplatte

$$p = p_i \cdot \frac{D_1^2 - D_4^2}{D_1^2} \tag{28}$$

bzw.

$$p = p_u \cdot \frac{D_1^2 - D_4^2}{D_1^2} \tag{29}$$

und für die bewegliche Rohrplatte

$$p = p_i \cdot \frac{D_4^2 - 4\,l^2}{D_1^2} \tag{30}$$

bzw.

$$p = p_u \cdot \frac{D_4^2 - 4\,l^2}{D_1^2} \tag{31}$$

einzusetzen ist. Maßgebend für die Berechnung ist jeweils der größere Wert nach der Rechnung entsprechend den Formeln (28) und (29) bzw. (30) und (31). Für die Bestimmung von l in den Formeln (30) und (31) ist Abschnitt 6.7.4.3 bei der festen Platte sinngemäß anzuwenden.

Bei der beweglichen Rohrplatte ist im Fall gleichmäßiger, vollständiger Berohrung statt C_5 der Wert 0,45 einzusetzen. Im Fall von Teilberohrung sind gesonderte Nachweise erforderlich unter der Berücksichtigung, dass der Plattenrand nicht gehalten ist.

6.7.6.2 Die Beurteilung der Zug- und Druckbeanspruchung der Rohre sowie der Knicksteifigkeit ist sinngemäß nach Abschnitt 6.7.5 für die mittlere Belastung der Rohre durchzuführen.

6.7.6.3 Durch Wegdrehen der Leitbleche und der beweglichen Rohrböden in Umfangsrichtung des Wärmetauschers können sich wesentlich größere Knicklängen für die druckbeanspruchten Rohre ergeben. Dies ist bei der Auslegung der Rohre auf axialen Druck nach Abschnitt 6.5.3 zu berücksichtigen, es sei denn, durch geeignete Maßnahmen wird eine Umfangsverdrehung der Umlenkbleche und der beweglichen Rohrplatten verhindert.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.7.7 Runde, ebene Rohrplatten mit überstehenden Flanschrändern an Wärmeaustauschern

6.7.7.1 Die erforderliche Wanddicke s im Bereich des Berechnungsdurchmessers D_1 runder, ebener Rohrplatten mit überstehenden Flanschrändern nach Bild 20 wird nach den Abschnitten 6.7.1 bis 6.7.6 berechnet.

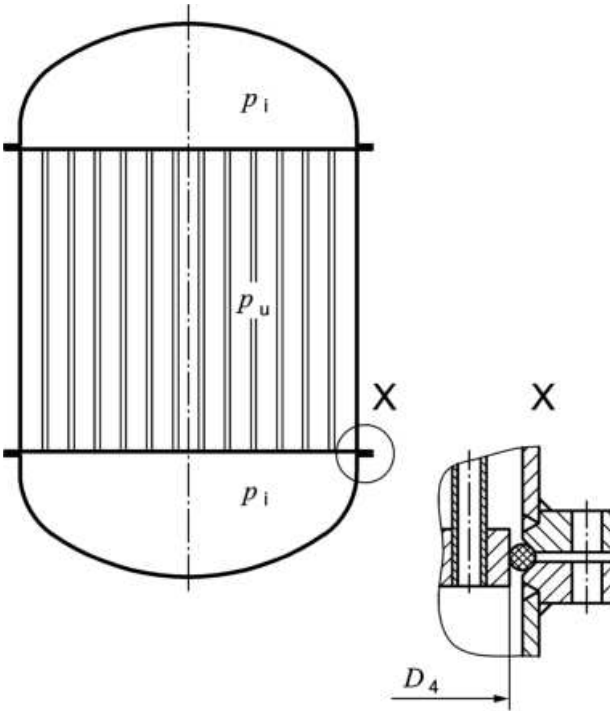


Bild 19 — Runde, ebene Platten an Wärmeaustauschern mit einer am beweglichen Boden abdichtenden Stopfbüchse

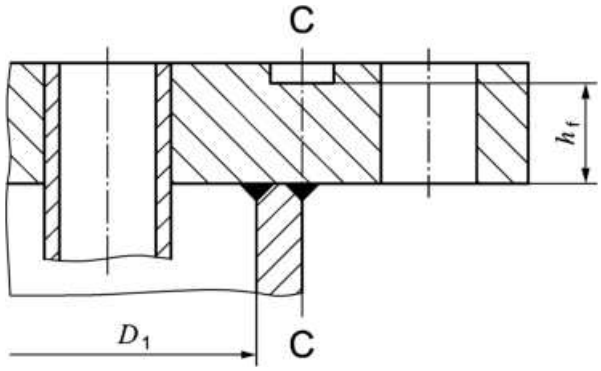


Bild 20 — Runde, ebene Rohrplatten mit überstehendem Flanschrand

6.7.7.2 Bei durchgehenden Rohrplatten nach Bild 20 ist der überstehende Rand zusätzlich nach der Vornorm DIN 2505:1964-10 im Querschnitt C-C nachzurechnen.

6.7.7.3 Die Beurteilung der Axialbeanspruchung im Mantel ist sinngemäß nach Abschnitt 6.7.1.7 vorzunehmen.

6.8 Rechteckige, ebene Platten an Wärmeaustauschern

Rechteckige, berohrte Platten werden in Abhängigkeit von ihrer konstruktiven Form sinngemäß nach den Abschnitten 6.7.1 bis 6.7.6 unter Einbeziehung des Berechnungsbeiwertes C_E nach Bild 2 behandelt; das heißt, in den jeweils anzuwendenden Formeln ist der C-Wert mit C_E zu multiplizieren. Die C-Werte werden nach Abschnitt 6.4 aus den auf die Schmalseite der Platte bezogenen geometrischen Verhältnissen bestimmt. In den maßgebenden Gleichungen wird der Berechnungsdurchmesser D_1 durch die Länge der schmalen Plattenseite f ersetzt.

7 Schrifttum

[1] *Föppl, A.:* Vorlesungen über Techn. Mechanik; Bd. III, Festigkeitslehre. Teubner Verlag, Berlin (1922).

[2] *Timoshenko, S.:* Theory of plates and shells. McGRAW Hill Book Company, Inc., New York/London (1940).

[3] *Filonenko-Boroditsch:* Festigkeitslehre. VEB Verlag Technik, Berlin (1954).

[4] *Hampe, E.:* Statik rotationssymmetrischer Flächentragwerke; Bd. 1. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin (1966).

[5] *Föppl, L.* u. *Sonntag, G.:* Tafeln und Tabellen zur Festigkeitslehre. Oldenbourg-Verlag, München (1951).

[6] *Miller, K. A. G.:* The Design of Tube Plates in Heat-Exchangers. Proc. Inst. Mech. Engineers Series B, Vol. 1 (1952), S. 215/31.

[7] *Sterr, G.:* Berechnungsfragen von Rohrböden im Druckbehälterbau. Verlag Ernst & Sohn, München (1967).

[8] *Sterr, G.:* Die genaue Ermittlung des C-Wertes für die am Rande mit einem Schuß verschweißte Kreisvollplatte unter Berücksichtigung der im Schuß auftretenden Spannungen. Techn. Überwach. **4** (1963) Nr. 4, S. 140/43.

[9] *Wellinger, K.* u. *Dietmann, H.:* Bestimmung von Formdehngrenzen. Materialprüfung **4** (1962) Nr. 2, S. 41/47.

[10] *Siebel, E.:* Festigkeitsrechnung bei ungleichförmiger Beanspruchung. Die Technik **1** (1946) Nr. 6, S. 265/69.

[11] *Hübner, F.-W.:* Berechnung der Axialkraft von Ankern und Ankerrohren zur zentralen Verankerung ebener Böden. Techn. Überwach. **9** (1968) Nr. 3, S. 95/97.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

[12] Physikhütte, 29. Auflage, S. 240 ff.

[13] *Dietmann, H.:* Spannungen in Lochfeldern. Konstruktion **18** (1966) H. 1, S. 12/23.

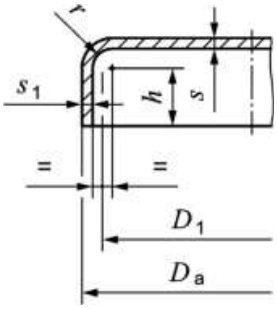
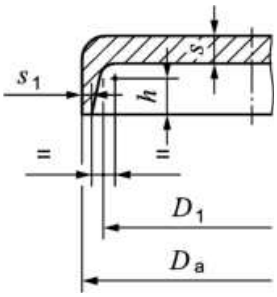
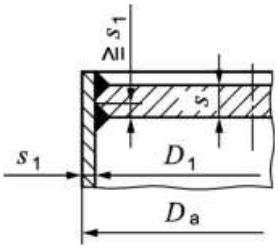
[14] *Nadai, A.:* Die elastischen Platten. Springer-Verlag Heidelberg, Berlin, New York (1968).

[15] *Sterr, G.:* Die festigkeitsmäßige Berechnung von Wärmetauschern mit geraden Rohren. Verlag TÜV Bayern, München (1975).

[16] Hütte I, 28. Auflage, S. 940 ff.

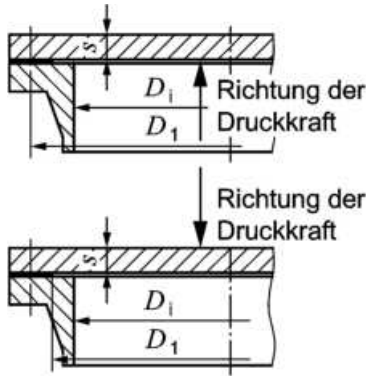
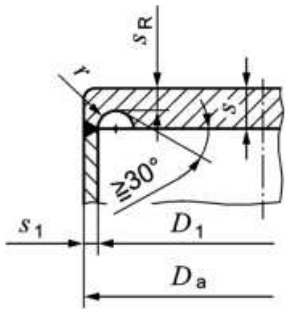
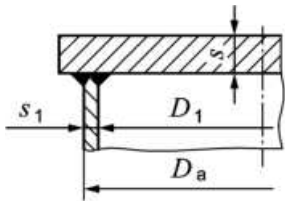
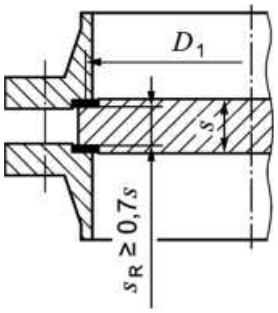
[17] *Schwaigerer, S.:* Festigkeitsberechnung im Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau; 4. Auflage (1983), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.

Tafel 1 — Berechnungsbeiwerte unverankerter, runder, ebener Böden und Platten ohne zusätzliches Randmoment

<table>
<tr><th>Ausführungsform
(nur schematische Darstellung)</th><th>Voraussetzungen</th><th>Berechnungs-
beiwert C</th></tr>
<tr><td>a) gekrempter ebener Boden
  </td><td>1. Krempenhalbmesser:
<table><tr><th>D_a</th><th>r
Mindestmaß</th></tr><tr><td>bis 500</td><td>30</td></tr><tr><td>über 500 bis 1400</td><td>35</td></tr><tr><td>über 1400 bis 1600</td><td>40</td></tr><tr><td>über 1600 bis 1900</td><td>45</td></tr><tr><td>über 1900</td><td>50</td></tr></table>und $r \geq 1{,}3\ s$
2. Bordhöhe: $h \geq 3{,}5\ s$ (Bedingungen aus Abschnitt 6.1.1 beachten!)</td><td>0,30</td></tr>
<tr><td>b) geschmiedeter oder gepresster ebener Boden
  </td><td>1. Krempenhalbmesser:
$r \geq \frac{s}{3}$, jedoch nicht weniger als 8 mm
2. Bordhöhe: $h \geq s$ (Bedingungen aus Abschnitt 6.1.1 beachten!)</td><td>0,35</td></tr>
<tr><td>c) beidseitig eingeschweißte Platte
  </td><td>Plattenwanddicke: $s \leq 3\ s_1$
$s > 3\ s_1$</td><td>0,35
0,40</td></tr>
</table>

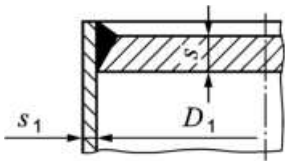
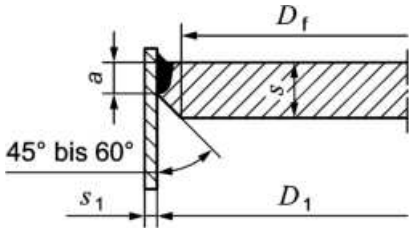
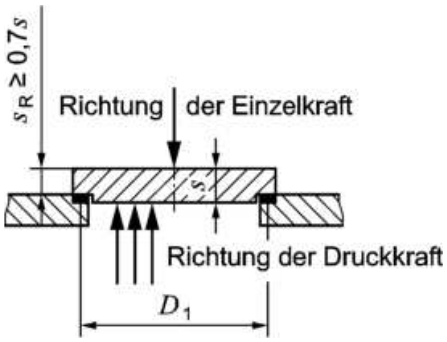
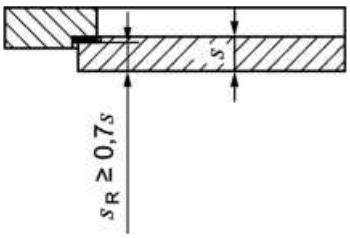
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

Ausführungsform (nur schematische Darstellung)	Voraussetzungen	Berechnungs-beiwert C
d) ebene Platte an einer Flanschverbindung mit durchgehender Dichtung 	$D_1 \geq D_i$	0,35
e) ebene Platte mit Entlastungsnut[1)]  s_1 = ausgeführte Wanddicke des zylindrischen Teils des Bodens im Anschluss an den zylindrischen Mantel	1. Restwanddicke in der Nut: $s_R \geq \frac{p}{10}\left(\frac{D_1}{2} - r\right)\frac{1{,}3\,S}{K}$, jedoch nicht weniger als 5 mm und bei $D_a > 1{,}2\,D_1$ $s_R \leq 0{,}77\,s_1$ 2. Nutenhalbmesser: $r \geq 0{,}2\,s$, jedoch nicht weniger als 5 mm 3. Es dürfen nur beruhigt vergossene Stähle verwendet werden. Bei der Verwendung von Blechen darf die Platte im Bereich der Schweißnaht in einer Breite von mindestens 3 s_1 keine Dopplungen aufweisen[2)]. 4. Bei besonderer Beanspruchung, z. B. im Zeitstandsbereich, ist diese Ausführungsform ohne besonderen Nachweis nicht geeignet. 5. Bedingungen aus Abschnitt 6.1.1 beachten!	0,40
f) beidseitig aufgeschweißte Platte 	Plattenwanddicke: $s \leq 3\,s_1$ $s > 3\,s_1$ Es dürfen nur beruhigt vergossene Stähle verwendet werden. Bei der Verwendung von Blechen darf die Platte im Bereich der Schweißnaht in einer Breite von mindestens 3 s_1 keine Dopplungen aufweisen[2)].	0,40 0,45
g) beidseitig frei aufliegende ebene Platte 	Restwanddicke am Dichtungskreis oder in Nuten $s_R \geq 0{,}7\,s$	0,40

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*abgeschlossen*)

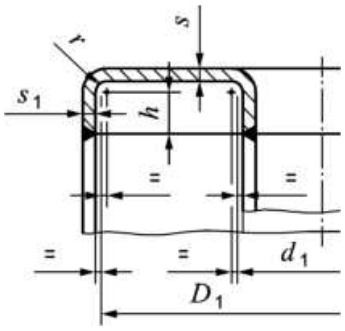
Ausführungsform (nur schematische Darstellung)	Voraussetzungen	Berechnungs-beiwert C
h) einseitig eingeschweißte Platte 	Plattenwanddicke: $s \le 3\ s_1$ $s > 3\ s_1$	0,45 0,50
i) partiell durchgeschweißte ebene Platte 	Plattenwanddicke: $s \le 3\ s_1$ $s > 3\ s_1$ Bedingungen für *a*: $a \ge 0{,}5\ s$ und $a \ge 1{,}4\ s_1$ $D_f/D_1 \ge 0{,}7$	0,45 0,50
k) von außen vorgelegte ebene Platte 	1. Restwanddicke am Dichtungskreis: $s_R \ge 0{,}7\ s$ 2. Weichstoffdichtung $D_1 \le 500$ mm	1,25
l) von innen vorgelegte ebene Platte 	Restwanddicke am Dichtungskreis: $s_R \ge 0{,}7\ s$	0,45

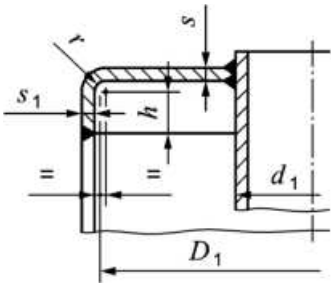
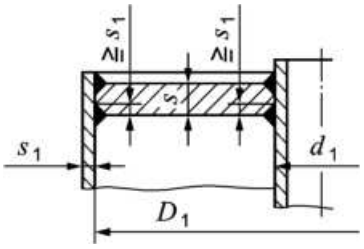
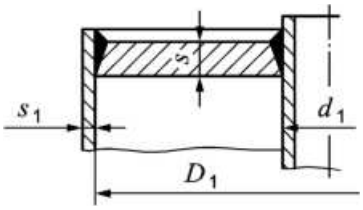
1) Andere Querschnittsformen der Entlastungsnut können spannungsgünstiger sein und sind bei dementsprechendem Nachweis zulässig.

2) Die Prüfung auf Dopplungsfreiheit im Bereich der Schweißnaht erfolgt für ferritische Werkstoffe nach DIN EN 10160, Qualitätsklasse E 3, und für austenitische Werkstoffe nach DIN EN 10307, Qualitätsklasse E 3.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Berechnungsbeiwerte runder, ebener Böden und Platten mit einer zentralen Verankerung

<table>
<tr><th>Ausführungsform
(nur schematische Darstellung)</th><th>Voraussetzungen</th><th>Berechnungs-
beiwert C_2</th></tr>
<tr><td>gekrempter ebener Boden
a) mit Einhalsung
 

oder
b) mit durchgestecktem Anker
 
</td><td>1. Krempenhalbmesser:
<table><tr><th>D_a</th><th>r
Mindestmaß</th></tr><tr><td>bis 500</td><td>30</td></tr><tr><td>über 500 bis 1400</td><td>35</td></tr><tr><td>über 1400 bis 1600</td><td>40</td></tr><tr><td>über 1600 bis 1900</td><td>45</td></tr><tr><td>über 1900</td><td>50</td></tr></table>und $r \geq 1{,}3\ s$
2. Bordhöhe: $h \geq 3{,}5\ s$ (Bedingungen aus Abschnitt 6.5.1 beachten!)</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>c) beidseitig eingeschweißte Platte mit durchgestecktem Anker
 
</td><td>Plattendicke: $s \leq 3\ s_1$
$s > 3\ s_1$</td><td>0,30
0,35</td></tr>
<tr><td>d) einseitig eingeschweißte Platte mit durchgestecktem Anker
 
</td><td>Plattendicke: $s \leq 3\ s_1$
$s > 3\ s_1$</td><td>0,40
0,45</td></tr>
</table>

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

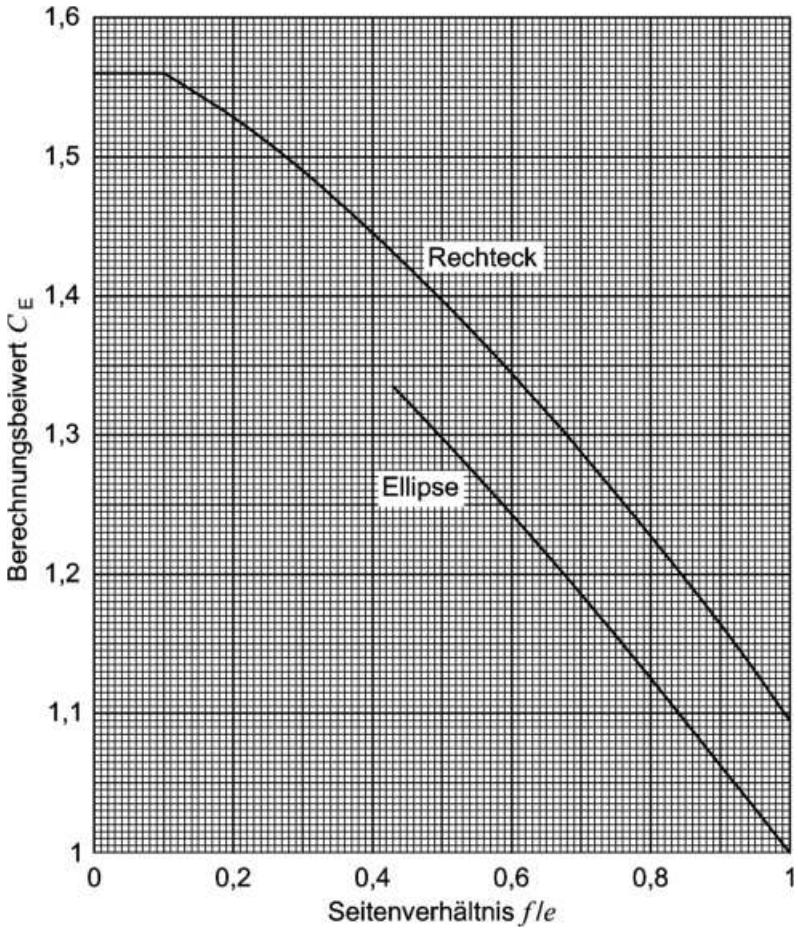


Bild 2 — Berechnungsbeiwert C_E rechteckiger oder elliptischer Platten

Rechteckige Platten

f = schmale Seite der rechteckigen Platte
e = breite Seite der rechteckigen Platte

$$C_E = \begin{cases} \sum_{i=1}^{4} A_i \cdot \left(\frac{f}{e}\right)^{i-1} & \left| \; 0{,}1 < \left(\frac{f}{e}\right) \le 1{,}0 \right. \\ 1{,}562 & \left| \; 0 < \left(\frac{f}{e}\right) \le 0{,}1 \right. \end{cases}$$

$A_1 =$ 1,58914600
$A_2 =$ –0,23934990
$A_3 =$ –0,33517980
$A_4 =$ 0,08521176

Elliptische Platten

f = schmale Seite der elliptischen Platte
e = breite Seite der elliptischen Platte

$$C_E = \sum_{i=1}^{4} A_i \cdot \left(\frac{f}{e}\right)^{i-1} \left| \; 0{,}43 \le \left(\frac{f}{e}\right) \le 1{,}0 \right.$$

$A_1 =$ 1,48914600
$A_2 =$ –0,23934990
$A_3 =$ –0,33517980
$A_4 =$ 0,08521176

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

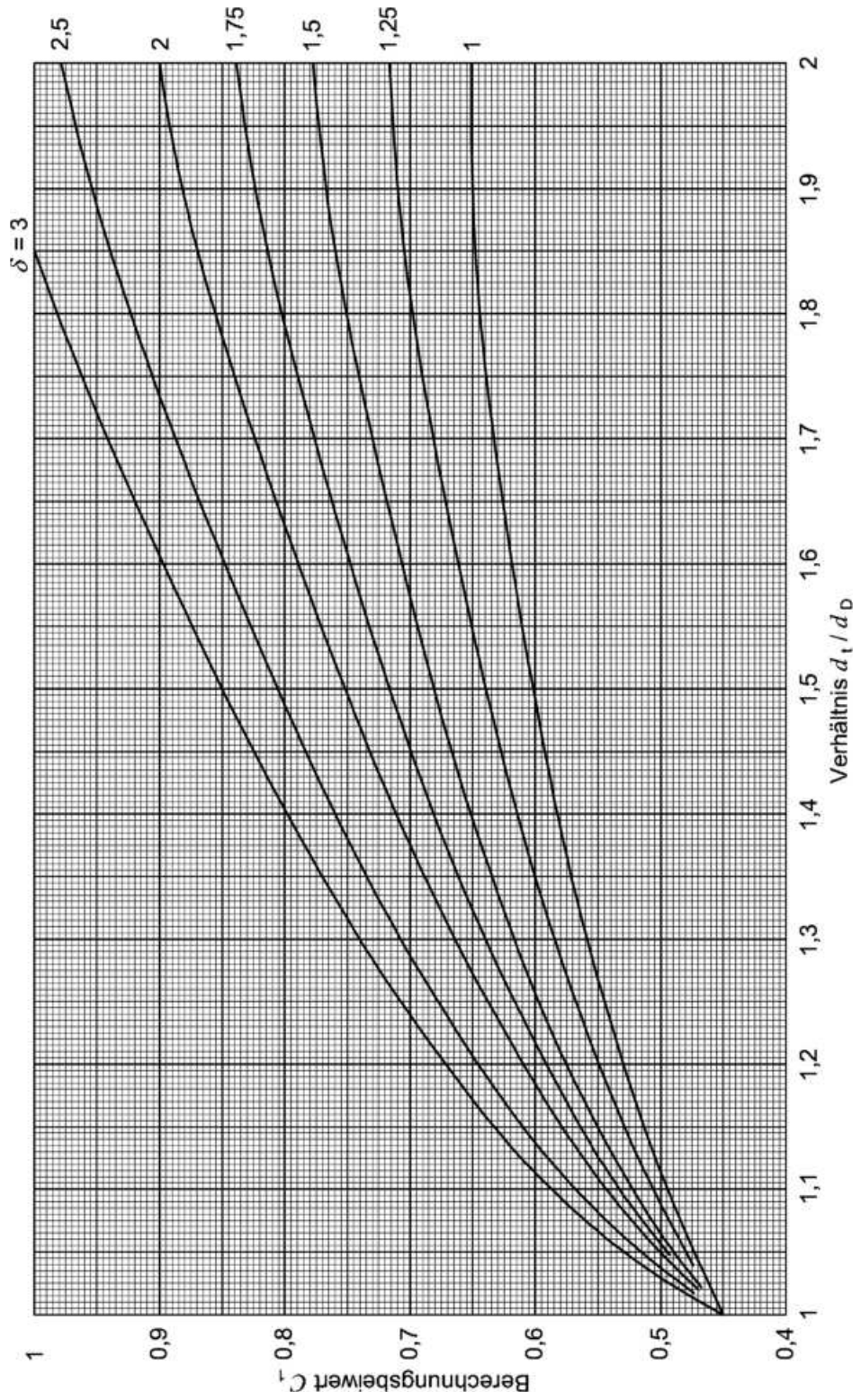


Bild 5 — Berechnungsbeiwert C_1 von Platten mit zusätzlichem gleichsinnigem Randmoment

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

$$C_1 = \sum_{i=1}^{5} A_i \cdot \left(\frac{d_t}{d_D}\right)^{i-1} \qquad 1{,}0 \le \left(\frac{d_t}{d_D}\right) \le 2{,}0$$ letzter zugelassener Wert für $\delta = 3{,}0$ ist $d_t/d_D = 1{,}86$

$\delta = 1{,}0$	$\delta = 1{,}25$	$\delta = 1{,}5$	$\delta = 1{,}75$
$A_1 = -1{,}58672610$	$A_1 = -2{,}02294600$	$A_1 = -3{,}02815290$	$A_1 = -3{,}37914530$
$A_2 = 4{,}71772580$	$A_2 = 5{,}69368880$	$A_2 = 8{,}10935240$	$A_2 = 8{,}94057470$
$A_3 = -4{,}10322400$	$A_3 = -4{,}90563260$	$A_3 = -7{,}02233770$	$A_3 = -7{,}77396520$
$A_4 = 1{,}69236130$	$A_4 = 1{,}99918810$	$A_4 = 2{,}82500890$	$A_4 = 3{,}15095600$
$A_5 = -0{,}27031351$	$A_5 = -0{,}31385282$	$A_5 = -0{,}43278834$	$A_5 = -0{,}48606792$
$\delta = 2{,}0$	$\delta = 2{,}5$	$\delta = 3{,}0$	
$A_1 = -3{,}97376010$	$A_1 = -5{,}71382690$	$A_1 = -8{,}3735899$	
$A_2 = 10{,}44150200$	$A_2 = 14{,}80705300$	$A_2 = 22{,}3468330$	
$A_3 = -9{,}20663250$	$A_3 = -13{,}22739400$	$A_3 = -21{,}1737290$	
$A_4 = 3{,}78098540$	$A_4 = 5{,}42952750$	$A_4 = 9{,}1438678$	
$A_5 = -0{,}58954503$	$A_5 = -0{,}84077281$	$A_5 = -1{,}4855474$	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

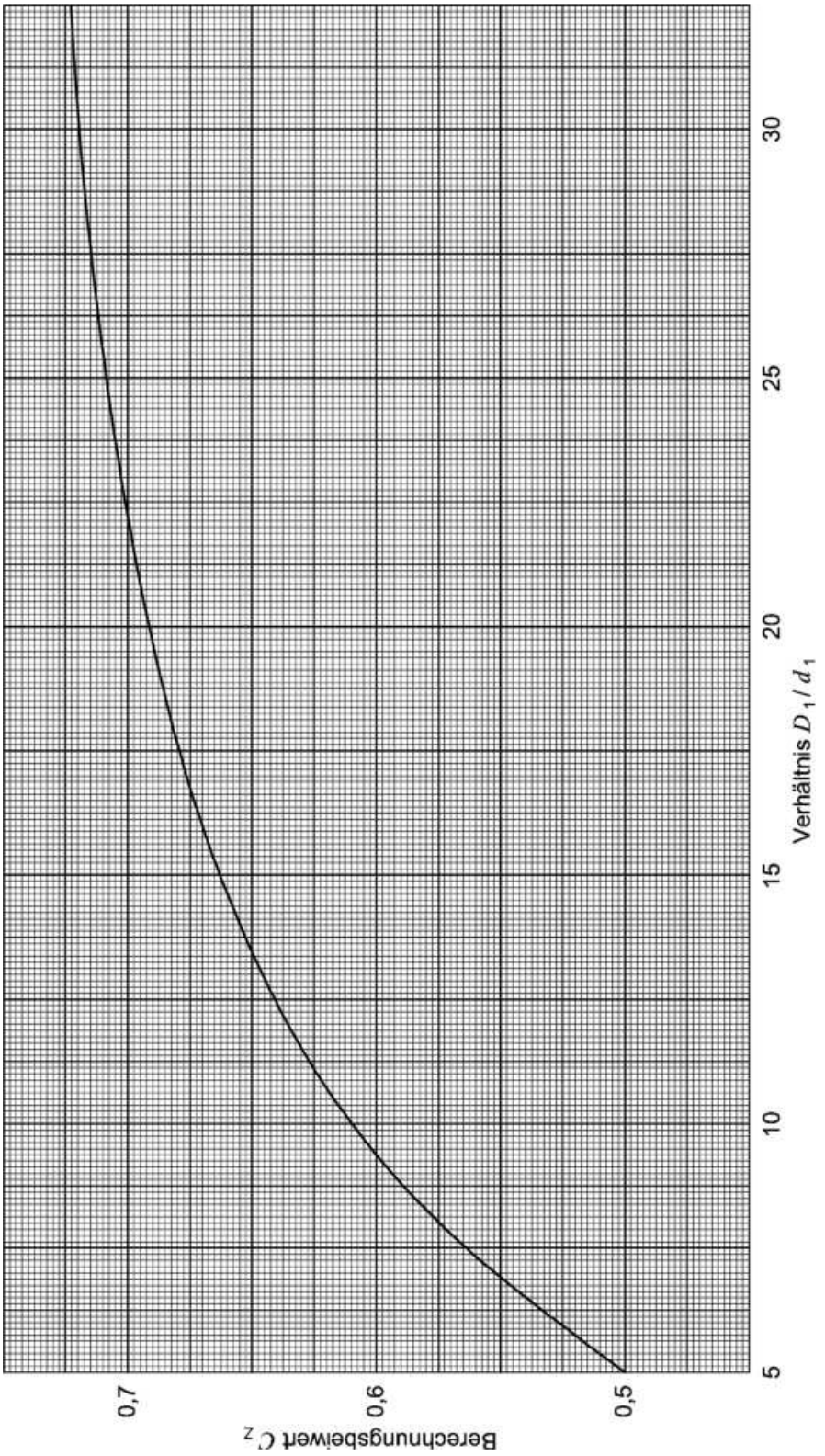


Bild 6 — Berechnungsbeiwert C_Z zentraler Anker

Zentrale Anker

D_1 und d_1 = Berechnungsdurchmesser nach Tafel 2 aus AD 2000-Merkblatt B 5

$$C_Z = \sum_{i=1}^{8} A_i \cdot \left(\frac{D_1}{d_1}\right)^{i-1} \Bigg| \; 5 \le \frac{D_1}{d_1} \le 32{,}5$$

$A_1 = \;\; 0{,}4092950$
$A_2 = -0{,}1073072 \cdot 10^{-1}$
$A_3 = \;\; 0{,}1128268 \cdot 10^{-1}$
$A_4 = -0{,}1518604 \cdot 10^{-2}$
$A_5 = \;\; 0{,}9880992 \cdot 10^{-4}$
$A_6 = -0{,}3485928 \cdot 10^{-5}$
$A_7 = \;\; 0{,}6391361 \cdot 10^{-7}$
$A_8 = -0{,}4773844 \cdot 10^{-9}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

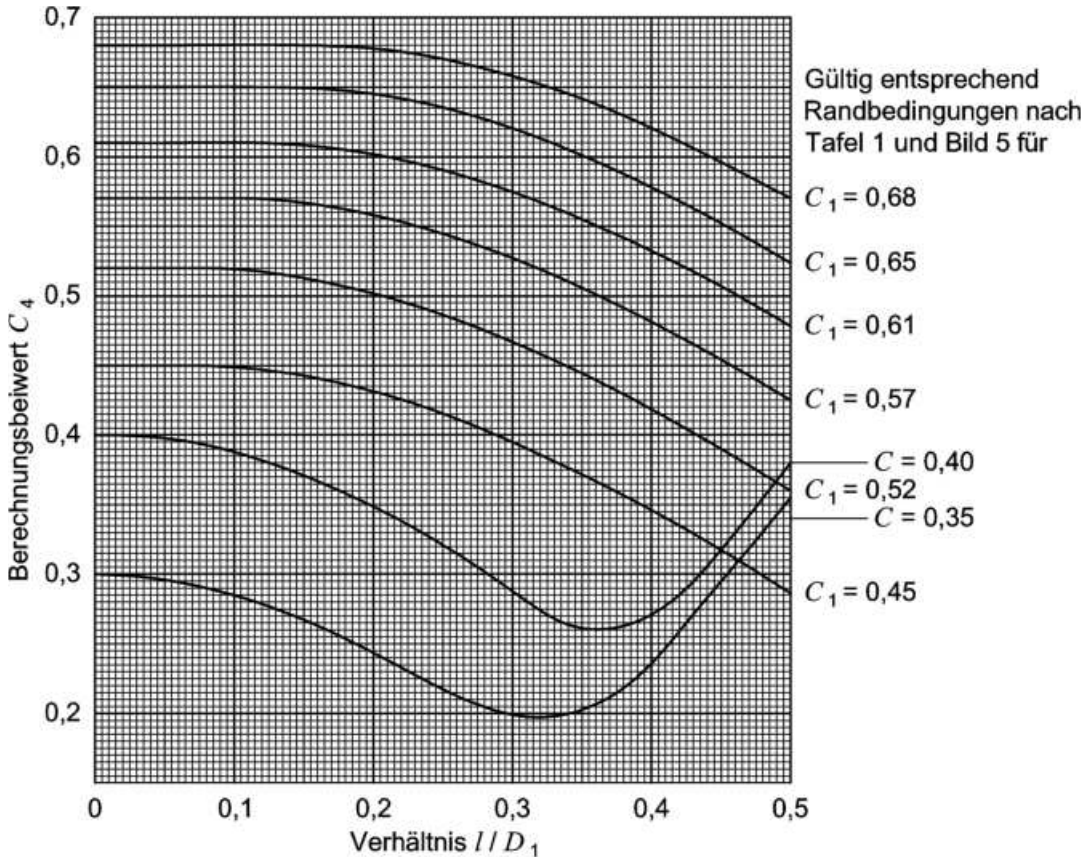


Bild 14 — Berechnungsbeiwert C_4 für Rohrplatten mit rückkehrenden Rohren

$$C_4 = \sum_{i=1}^{7} A_i \cdot \left(\frac{l}{D_1}\right)^{i-1} \qquad 0 \le \left(\frac{l}{D_1}\right) \le 0{,}5$$

C = 0,35	C = 0,40	C_1 = 0,45	C_1 = 0,52
A_1 = 0,2999703	A_1 = 0,40169349	A_1 = 0,45047280	A_1 = 0,51973133
A_2 = –0,048450038	A_2 = –0,12994130	A_2 = –0,013439514	A_2 = 0,033839726
A_3 = –0,85106961	A_3 = –1,6458433	A_3 = –0,36028298	A_3 = 0,17676396
A_4 = 0,0023138637	A_4 = 25,787313	A_4 = 1,7142294	A_4 = –9,9916872
A_5 = –39,309536	A_5 = –181,15887	A_5 = –17,006033	A_5 = 44,293615
A_6 = 184,81144	A_6 = 453,46908	A_6 = 34,766214	A_6 = –91,478130
A_7 = –193,89978	A_7 = –359,47712	A_7 = –19,607843	A_7 = 71,895425
C_1 = 0,57	C_1 = 0,61	C_1 = 0,65	C_1 = 0,68
A_1 = 0,56915561	A_1 = 0,60969937	A_1 = 0,65001243	A_1 = 0,67985097
A_2 = 0,039799722	A_2 = –0,026496298	A_2 = –0,0095402269	A_2 = –0,00094671260
A_3 = 0,47154682	A_3 = 0,24193595	A_3 = 0,05655061	A_3 = 0,10819174
A_4 = –12,010232	A_4 = 7,5930687	A_4 = 3,2403503	A_4 = 0,37613122
A_5 = 50,620077	A_5 = –76,215016	A_5 = –32,080610	A_5 = –11,153008
A_6 = –96,153846	A_6 = 196,83258	A_6 = 73,981900	A_6 = 24,057315
A_7 = 67,538126	A_7 = –161,22004	A_7 = –54,466231	A_7 = –15,250545

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

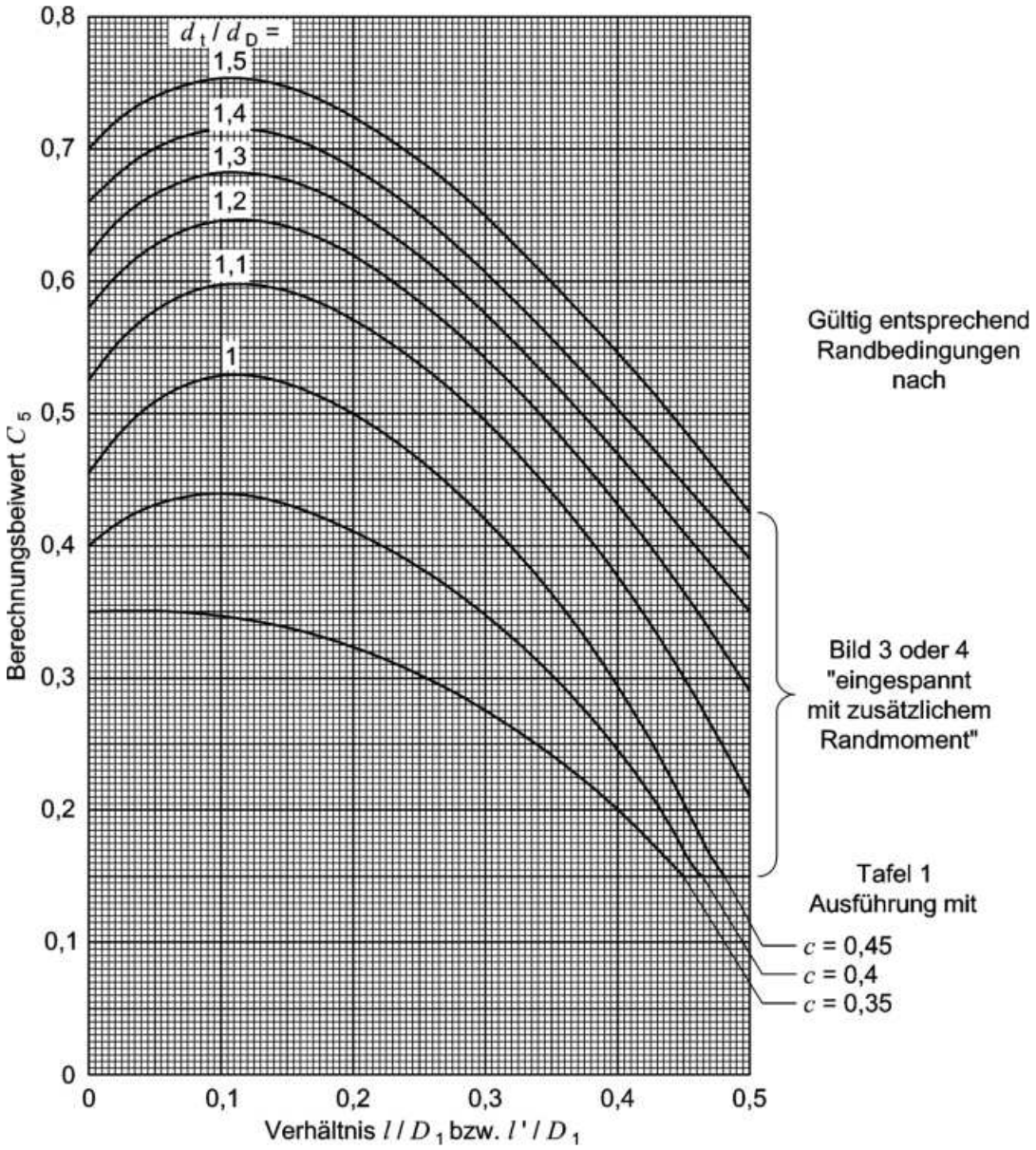


Bild 16 — Berechnungsbeiwert C_5 für Rohrplatten mit einer frei beweglichen Gegenplatte

Berechnungsbeiwert C_5 für Rohrplatten mit zusätzlichem Randmoment nach Bild 3 oder Bild 4

l und l' = Rohrfeldhalbmesser
D_1 = Berechnungsdurchmesser
d_t = Teilkreisdurchmesser
d_D = mittlerer Dichtungsdurchmesser

$$C_5 = \sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} A_{ij} \cdot \left(\frac{l}{D_1}\right)^{i-1} \cdot \left(\frac{d_t}{d_D}\right)^{j-1} \quad \left| \begin{array}{c} 0 < \left(\frac{l}{D_1}\right) \leq 0{,}5 \\ 1{,}0 \leq \left(\frac{d_t}{d_D}\right) \leq 1{,}5 \\ C_5 \geq 0{,}15 \end{array} \right.$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

$A_{11} = -0{,}236012836 \cdot 10^{+1}$; $A_{12} = 0{,}545217668 \cdot 10^{+1}$; $A_{13} = -0{,}311489659 \cdot 10^{+1}$; $A_{14} = 0{,}308300374$
$A_{15} = 0{,}168134309$
$A_{21} = 0{,}101396274 \cdot 10^{+1}$; $A_{22} = 0{,}109609483 \cdot 10^{+1}$; $A_{23} = 0{,}162822737 \cdot 10^{+1}$; $A_{24} = -0{,}345692712 \cdot 10^{+1}$
$A_{25} = 0{,}126083679 \cdot 10^{+1}$
$A_{31} = -0{,}316517682 \cdot 10^{+2}$; $A_{32} = 0{,}412763296 \cdot 10^{+2}$; $A_{33} = -0{,}369557657 \cdot 10^{+2}$; $A_{34} = 0{,}248045141 \cdot 10^{+2}$
$A_{35} = -0{,}727898100 \cdot 10^{+1}$
$A_{41} = 0{,}472852891 \cdot 10^{+2}$; $A_{42} = -0{,}522484275 \cdot 10^{+1}$; $A_{43} = -0{,}334202904 \cdot 10^{+1}$; $A_{44} = -0{,}426049735 \cdot 10^{+2}$
$A_{45} = 0{,}236709739 \cdot 10^{+2}$
$A_{51} = -0{,}821294529 \cdot 10^{+2}$; $A_{52} = 0{,}122221210 \cdot 10^{+3}$; $A_{53} = -0{,}167734885 \cdot 10^{+3}$; $A_{54} = 0{,}166614761 \cdot 10^{+3}$
$A_{55} = -0{,}574166821 \cdot 10^{+2}$

Berechnungsbeiwert C_5 für Rohrplatten ohne zusätzliches Randmoment mit $C = 0{,}45$ nach Tafel 1

l = mittlerer Abstand der Mitten der Rohre der betrachteten Rohrreihe vom Plattenmittelpunkt

D_1 = Berechnungsdurchmesser

$$C_5 = \sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5} A_{ij} \cdot \left(\frac{l}{D_1}\right)^{i-1} \left| \begin{array}{l} 0 < \left(\frac{l}{D_1}\right) \le 0{,}5 \\ C_5 \ge 0{,}15 \end{array} \right.$$

$A_{11} = -0{,}236012836 \cdot 10^{+1}$; $A_{12} = 0{,}545217668 \cdot 10^{+1}$; $A_{13} = -0{,}311489659 \cdot 10^{+1}$; $A_{14} = 0{,}308300374$
$A_{15} = 0{,}168134309$
$A_{21} = 0{,}101396274 \cdot 10^{+1}$; $A_{22} = 0{,}109609483 \cdot 10^{+1}$; $A_{23} = 0{,}162822737 \cdot 10^{+1}$; $A_{24} = -0{,}345692712 \cdot 10^{+1}$
$A_{25} = 0{,}126083679 \cdot 10^{+1}$
$A_{31} = -0{,}316517682 \cdot 10^{+2}$; $A_{32} = 0{,}412763296 \cdot 10^{+2}$; $A_{33} = -0{,}369557657 \cdot 10^{+2}$; $A_{34} = 0{,}248045141 \cdot 10^{+2}$
$A_{35} = -0{,}727898100 \cdot 10^{+1}$
$A_{41} = 0{,}472852891 \cdot 10^{+2}$; $A_{42} = -0{,}522484275 \cdot 10^{+1}$; $A_{43} = -0{,}334202904 \cdot 10^{+1}$; $A_{44} = -0{,}426049735 \cdot 10^{+2}$
$A_{45} = 0{,}236709739 \cdot 10^{+2}$
$A_{51} = -0{,}821294529 \cdot 10^{+2}$; $A_{52} = 0{,}122221210 \cdot 10^{+3}$; $A_{53} = -0{,}167734885 \cdot 10^{+3}$; $A_{54} = 0{,}166614761 \cdot 10^{+3}$
$A_{55} = -0{,}574166821 \cdot 10^{+2}$

Berechnungsbeiwert C_5 für Rohrplatten ohne zusätzliches Randmoment mit $C = 0{,}4$ nach Tafel 1

l = mittlerer Abstand der Mitten der Rohre der betrachteten Rohrreihe vom Plattenmittelpunkt

D_1 = Berechnungsdurchmesser

$$C_5 = \sum_{i=1}^{6} A_i \cdot \left(\frac{l}{D_1}\right)^{i-1} \left| \begin{array}{l} 0 < \left(\frac{l}{D_1}\right) \le 0{,}5 \\ C_5 \ge 0{,}15 \end{array} \right.$$

$A_1 = 0{,}399827021$
$A_2 = 0{,}870316825$
$A_3 = -0{,}547933931 \cdot 10^{+1}$
$A_4 = 0{,}622283882 \cdot 10^{+1}$
$A_5 = 0{,}747769988 \cdot 10^{+1}$
$A_6 = -0{,}208753919 \cdot 10^{+2}$

Berechnungsbeiwert C_5 für Rohrplatten ohne zusätzliches Randmoment mit $C = 0{,}35$ nach Tafel 1

l = mittlerer Abstand der Mitten der Rohre der betrachteten Rohrreihe vom Plattenmittelpunkt

D_1 = Berechnungsdurchmesser

$$C_5 = \sum_{i=1}^{6} A_i \cdot \left(\frac{l}{D_1}\right)^{i-1} \left| \begin{array}{l} 0 < \left(\frac{l}{D_1}\right) \le 0{,}5 \\ C_5 \ge 0{,}15 \end{array} \right.$$

$A_1 = 0{,}350103983$
$A_2 = 0{,}426355908 \cdot 10^{-2}$
$A_3 = -0{,}153280871$
$A_4 = -0{,}474043872 \cdot 10^{+1}$
$A_5 = 0{,}109862460 \cdot 10^{+2}$
$A_6 = -0{,}103370105 \cdot 10^{+2}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

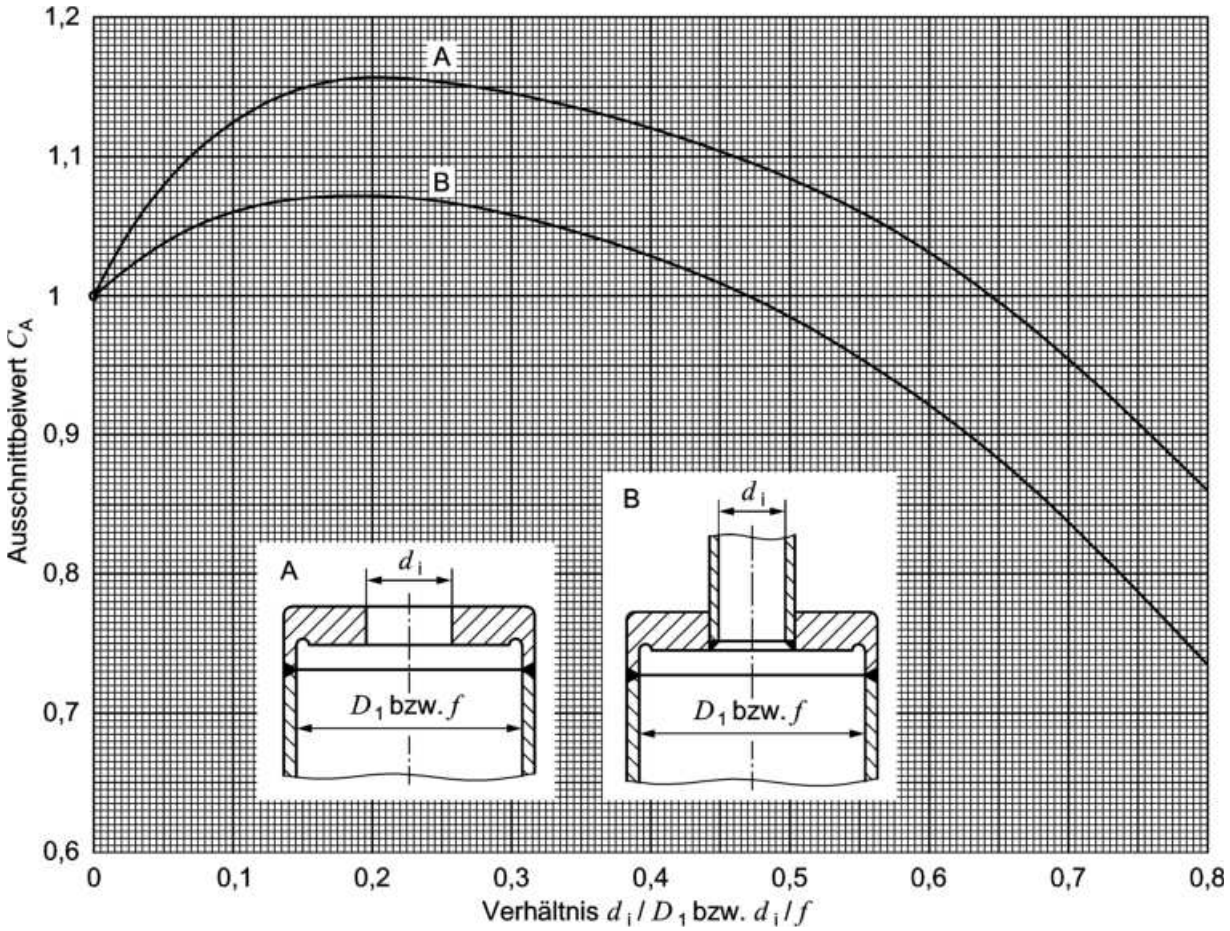


Bild 21 — Ausschnittbeiwert C_A für ebene Böden und Platten ohne zusätzliches Randmoment

Ausführungsform A

d = Innendurchmesser des Ausschnittes
D_1 = Berechnungsdurchmesser
f = schmale Seite eines elliptischen Bodens

$$C_A = \begin{cases} \sum_{i=1}^{6} A_i \cdot \left(\frac{d}{D_1}\right)^{i-1} & \left| 0 < \left(\frac{d}{D_1}\right) \le 0{,}8 \right. \\ \sum_{i=1}^{6} A_i \cdot \left(\frac{d}{f}\right)^{i-1} & \left| 0 < \left(\frac{d}{f}\right) \le 0{,}8 \right. \end{cases}$$

$A_1 =$ 0,99903420
$A_2 =$ 1,98062600
$A_3 =$ –9,01855400
$A_4 =$ 18,63283000
$A_5 =$ –19,49759000
$A_6 =$ 7,61256800

Ausführungsform B

d = Innendurchmesser des Ausschnittes
D_1 = Berechnungsdurchmesser
f = schmale Seite eines elliptischen Bodens

$$C_A = \begin{cases} \sum_{i=1}^{6} A_i \cdot \left(\frac{d}{D_1}\right)^{i-1} & \left| 0 < \left(\frac{d}{D_1}\right) \le 0{,}8 \right. \\ \sum_{i=1}^{6} A_i \cdot \left(\frac{d}{f}\right)^{i-1} & \left| 0 < \left(\frac{d}{f}\right) \le 0{,}8 \right. \end{cases}$$

$A_1 =$ 1,00100344
$A_2 =$ 0,94428468
$A_3 =$ –4,31210200
$A_4 =$ 8,38943500
$A_5 =$ –9,20628384
$A_6 =$ 3,69494196

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

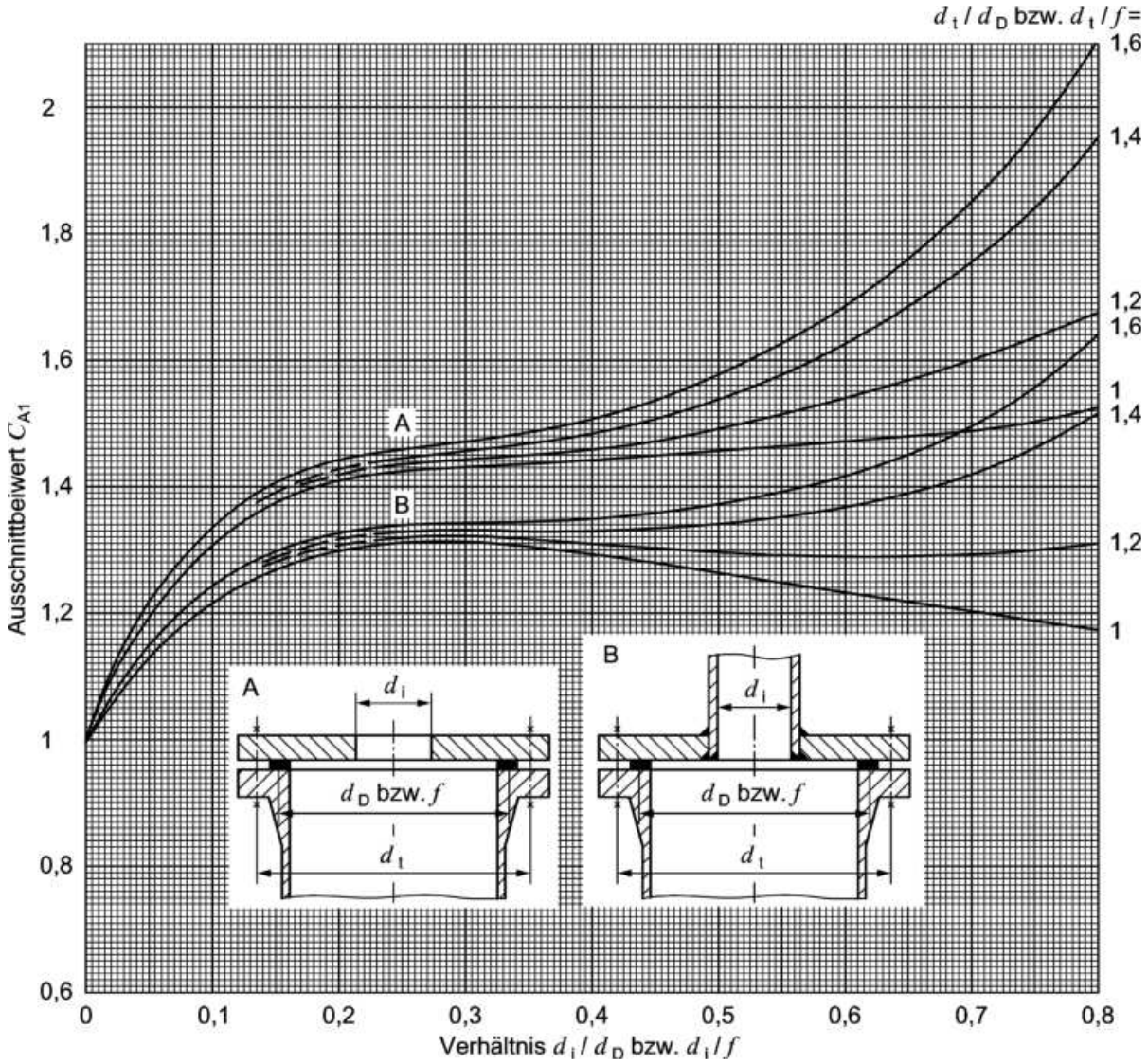


Bild 22 — Ausschnittbeiwert C_{A1} für Platten mit zusätzlichem Randmoment

Ausführungsform A

d = Innendurchmesser des Ausschnittes
d_t = Teilkreisdurchmesser
d_D = mittlerer Dichtungsdurchmesser
f = schmale Seite eines elliptischen Bodens

$$C_{A1} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{4} A_{ij} \cdot \left(\frac{d}{d_D}\right)^{i-1} \cdot \left(\frac{d_t}{d_D}\right)^{j-1} & 0 < \left(\frac{d}{d_D}\right) \le 0{,}8 \\ & 1{,}0 \le \left(\frac{d_t}{d_D}\right) \le 1{,}6 \\ & 0 < \left(\frac{d}{f}\right) \le 0{,}8 \\ \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{4} A_{ij} \cdot \left(\frac{d}{f}\right)^{i-1} \cdot \left(\frac{d_t}{f}\right)^{j-1} & 1{,}0 \le \left(\frac{d_t}{f}\right) \le 1{,}6 \end{cases}$$

A_{11} = 0,78361000;	A_{12} = 0,57648980;	A_{13} = –0,50133500;	A_{14} = 0,14374330
A_{21} = –6,17657500;	A_{22} = 25,97413000;	A_{23} = –20,20477000;	A_{24} = 5,25115300
A_{31} = 55,15520000;	A_{32} = –187,50120000;	A_{33} = 151,22980000;	A_{34} = –40,46585000
A_{41} = –102,76280000;	A_{42} = 385,65620000;	A_{43} = –328,17740000;	A_{44} = 92,13028000
A_{51} = 17,63476000;	A_{52} = –218,65220000;	A_{53} = 223,86580000;	A_{54} = –71,60025000
A_{61} = 76,13799000;	A_{62} = –99,25291000;	A_{63} = 46,20896000;	A_{64} = –3,45883000

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Ausführungsform B

d = Innendurchmesser des Ausschnittes
d_t = Teilkreisdurchmesser
d_D = mittlerer Dichtungsdurchmesser
f = schmale Seite eines elliptischen Bodens

$$C_{A1} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{4} A_{ij} \cdot \left(\frac{d}{d_D}\right)^{i-1} \cdot \left(\frac{d_t}{d_D}\right)^{j-1} & 0 < \left(\frac{d}{d_D}\right) \le 0{,}8 \\ & 1{,}0 \le \left(\frac{d_t}{d_D}\right) \le 1{,}6 \\ & 0 < \left(\frac{d}{f}\right) \le 0{,}8 \\ \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{4} A_{ij} \cdot \left(\frac{d}{f}\right)^{i-1} \cdot \left(\frac{d_t}{f}\right)^{j-1} & 1{,}0 \le \left(\frac{d_t}{f}\right) \le 1{,}6 \end{cases}$$

A_{11} = 1,00748900;	A_{12} = −0,02409278;	A_{13} = 0,02144546;	A_{14} = −0,004895828
A_{21} = 3,20803500;	A_{22} = −1,09148900;	A_{23} = 1,55382700;	A_{24} = −0,423889000
A_{31} = −13,19182000;	A_{32} = 10,65100000;	A_{33} = −13,27656000;	A_{34} = 3,525713000
A_{41} = 30,58818000;	A_{42} = −44,89968000;	A_{43} = 47,62793000;	A_{44} = −11,935440000
A_{51} = −43,36178000;	A_{52} = 79,56794000;	A_{53} = −71,67355000;	A_{54} = 16,794650000
A_{61} = 42,25349000;	A_{62} = −92,64466000;	A_{63} = 74,76717000;	A_{64} = −17,856930000

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt B 5

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt B 5

Zu 1

Die zahlenmäßige Abgrenzung der Plattenberechnung zu den dicken Platten bzw. zu den Membranen ist in der Literatur noch nicht endgültig geklärt. In dem vorliegenden Fall wird als Abgrenzung zu den dicken Platten entsprechend den Angaben von *Kantorowitsch* [1] ein Wanddicken/Durchmesser-Verhältnis von 1:3 angenommen. Die untere Abgrenzung zu den extrem dünnen Platten wurde so festgelegt, dass bei der exakten Plattenberechnung gegenüber der Berechnung nach AD 2000-Merkblatt B 5 ein maximaler Fehler von 5 % auftreten darf. Dieser Fehler ergibt sich für den ungünstigen Fall der frei aufliegenden Platte bei einem Verhältnis der Plattendurchbiegung zur Plattendicke von 0,5.

Aus der Formel für die Durchbiegung der frei aufliegenden Platte

$$w = \frac{p \cdot R^4}{10 \cdot 64 \cdot N} \cdot \frac{5 + v}{1 + v} \tag{1}$$

erhält man mit $N = \frac{E \cdot (s_e - c_1 - c_2)^3}{12(1 - v^2)}$ (2)

$$w = \frac{p \cdot D^4}{E \cdot (s_e - c_1 - c_2)^3} \cdot \frac{12(1 - v^2) \cdot (5 + v)}{10 \cdot 64 \cdot 16 \cdot (1 + v)} \tag{3}$$

Durch Einsetzen des Zahlenwertes für v und Division durch $s_e - c_1 - c_2$ ergibt sich das Verhältnis

$$\frac{w}{s_e - c_1 - c_2} = 0{,}5 = \frac{p \cdot D^4}{E \cdot (s_e - c_1 - c_2)^4} \cdot 0{,}00435 \tag{4}$$

Bei der Auflösung nach $(s_e - c_1 - c_2)/D$ erhält man schließlich

$$\frac{s_e - c_1 - c_2}{D} \geq \sqrt[4]{0{,}0087 \frac{p}{E}} \tag{5}$$

Zu 6.5.2 und 6.7.1.6

Auftretende Wärmespannungen können nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 berücksichtigt werden.

Zu 6.5.3

Damit technisch auftretende Knickfälle differenzierter erfasst werden können, wurde eine Aufteilung in verschiedene Belastungsfälle vorgenommen. Dies geschieht im vorliegenden Falle in der Form, dass als Knicklänge l_K je nach Belastungsfall ein Vielfaches der vorhandenen Stablänge eingesetzt werden kann.

Schrifttum

[1] *Kantorowitsch, S. B.:* Die Festigkeit der Apparate und Maschinen für die chemische Industrie. VEB Verlag Technik, Berlin (1955).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Zu 6.7.3.2, 6.7.4.3 und 6.7.5.1

Unter Vollberohrung ist die regelmäßige Anordnung der Wärmetauscherrohre in der Rohrplatte zu verstehen, die innerhalb der Einspannungsgrenzen keine regelmäßige Erweiterung des Bohrbildes mehr zulässt.

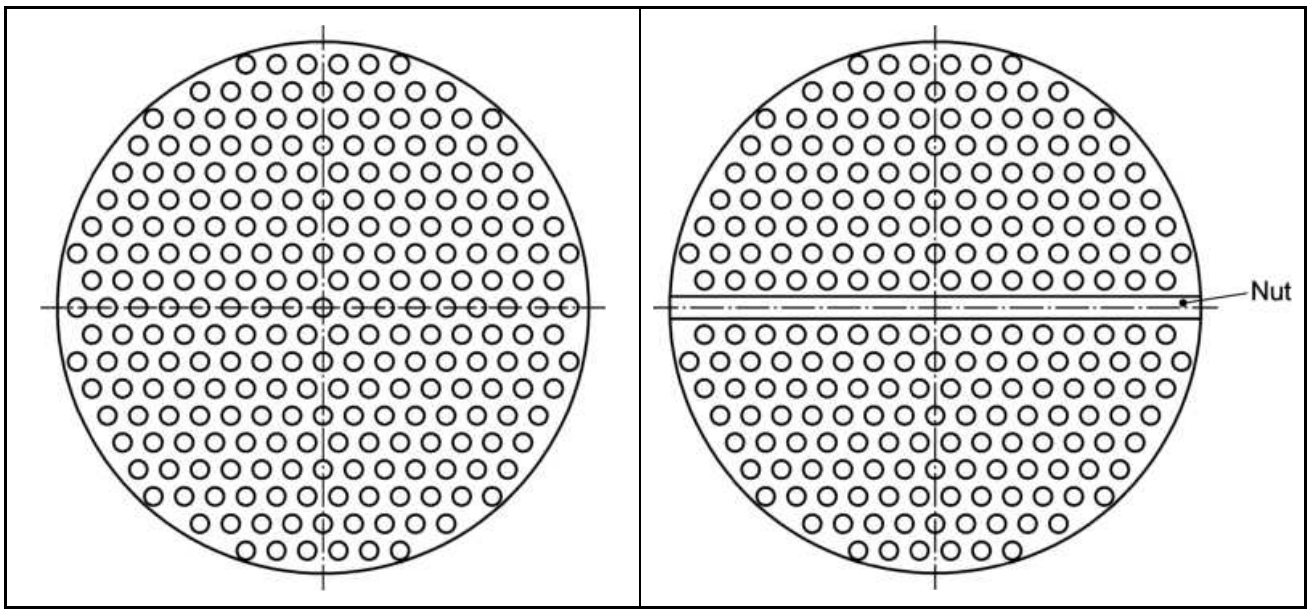
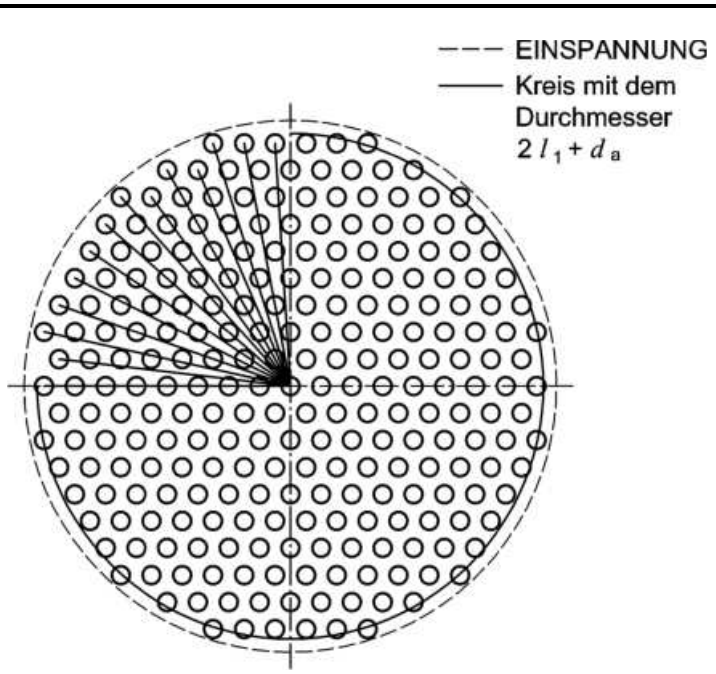
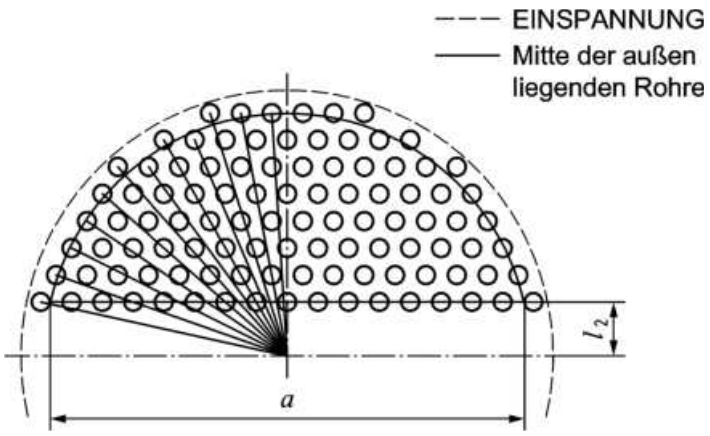


Bild 1 — Beispiele für eine vollberohrte Rohrplatte

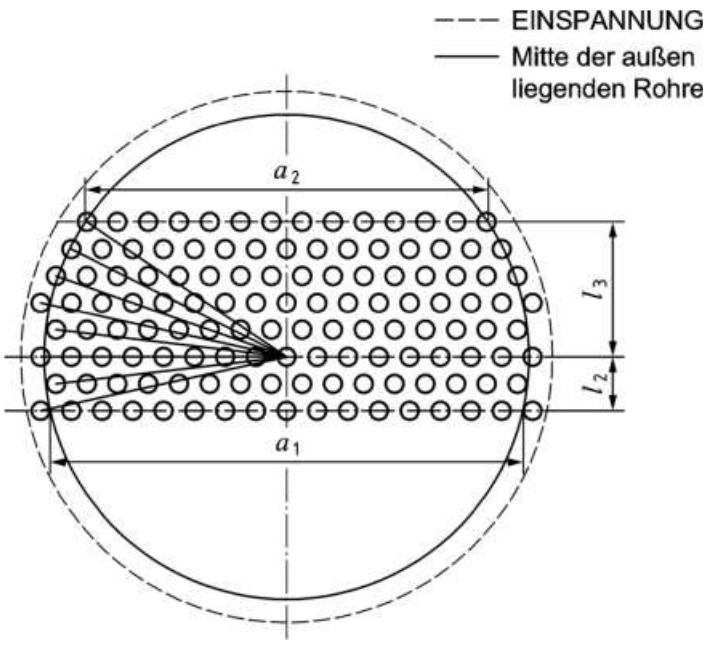
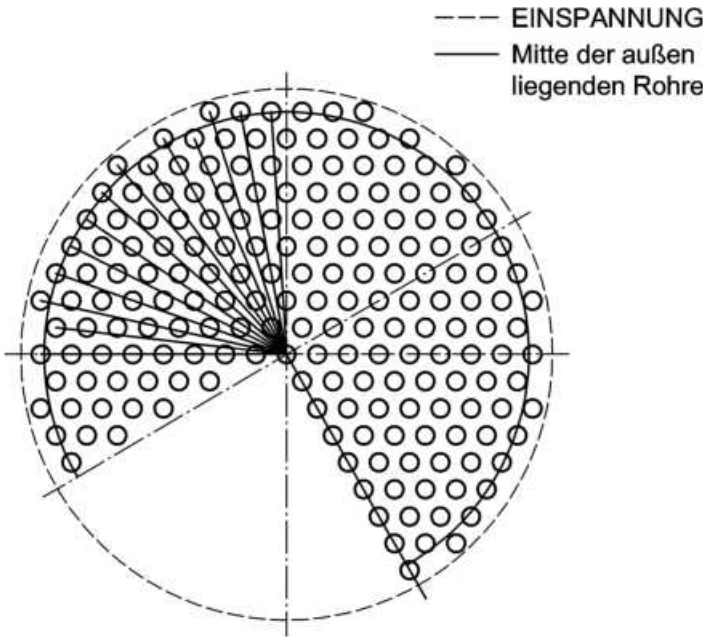
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei Teilberohrungen wird grundsätzlich ein Flächenansatz verfolgt. Die Ermittlung von l geschieht nach den Vorgaben nachfolgender **Tafel 1**.

Typ der Verrohrung	Sinnbild
A) Vollberohrte Rohrplatte l wird über das arithmetische Mittel der Mittenabstände der außen liegenden Rohre zum Plattenmittelpunkt (l_1) zuzüglich eines halben Rohrdurchmessers ermittelt.	
B) Kreisabschnitt *Berechnung von l* $a = 2 \cdot \sqrt{l_1^2 - l_2^2}$ $\alpha = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{a}{2 \cdot l_1}\right) \cdot \left(\frac{180}{\pi}\right)^{*)}$ $b = \pi \cdot l_1 \cdot \frac{\alpha}{180}$ $A = \frac{(b \cdot l_1 - a \cdot l_2)}{2}$ $l = \sqrt{\frac{A}{\pi}} + \frac{d_a}{2}$	

*) Bogenmaßkonvertierung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

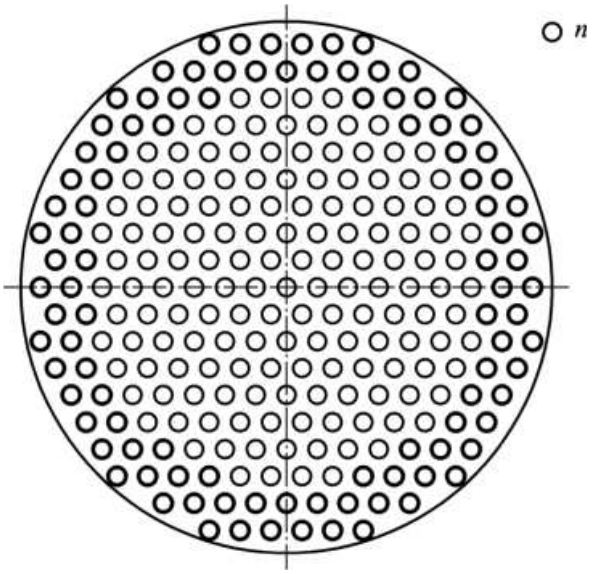
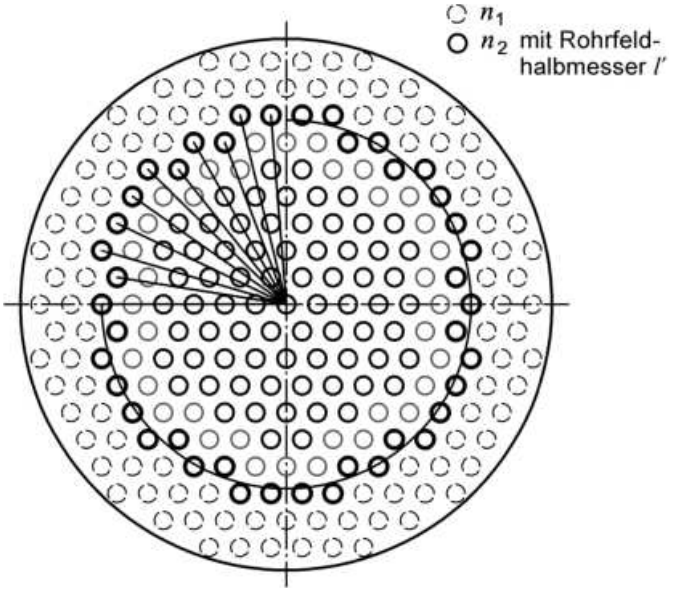
Typ der Verrohrung	Sinnbild
C) Rechteck/Bogen *Berechnung von l* $a_1 = 2 \cdot \sqrt{l_1^2 - l_2^2}$ $a_2 = 2 \cdot \sqrt{l_1^2 - l_3^2}$ $\alpha_1 = \arccos\left(\frac{a_1}{2 \cdot l_1}\right) \cdot \left(\frac{180}{\pi}\right)^{*)}$ $\alpha_2 = \arccos\left(\frac{a_2}{2 \cdot l_1}\right) \cdot \left(\frac{180}{\pi}\right)^{*)}$ $b_1 = 2\pi \cdot l_1 \cdot \frac{\alpha_1}{180}$ $b_2 = 2\pi \cdot l_1 \cdot \frac{\alpha_2}{180}$ $A = \frac{\left(a_2 \cdot l_3 + a_1 \cdot l_2 + l_1 \cdot (b_1 + b_2)\right)}{2}$ $l = \sqrt{\frac{A}{\pi}} + \frac{d_a}{2}$	
D) Kreissektor *Berechnung von l* $A = \pi \cdot l_1^2 \cdot \frac{\alpha}{360}$ $l = \sqrt{\frac{A}{\pi}} + \frac{d_a}{2}$	

*) Bogenmaßkonvertierung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Zu 6.7.4.4 und 6.7.5.2

Die Ermittlung der Anzahl der tragenden Randrohre n und des reduzierten Rohrfeldhalbmessers l' richtet sich nach den Vorgaben nachfolgender **Tafel 2**. Die Berechnungssystematik ist aus Bild 2 ersichtlich.

Schritt/Erläuterung	Sinnbild/Kommentar
A) Festlegung der tragenden Randrohre am Beispiel einer vollberohrten Rohrplatte Dazu werden die beiden äußeren Rohrreihen herangezogen, n wird ermittelt.	
B) Berechnungsgang	Sind Rohrplatte und Randrohre ausreichend dimensioniert, kann eine Optimierung erfolgen. Wenn die Anzahl der Randrohre nicht ausreicht, wird mit Schritt C) fortgesetzt.
C) Erhöhung der Anzahl der tragenden Randrohre (1) Die im Schritt A) herangezogenen Randrohre werden jetzt als n_1 angesehen. (2) Die Erweiterung der Anzahl der tragenden Randrohre um n_2 soll regelmäßig, d. h. in konzentrischen Rohrreihen zum Zentrum hin, geschehen. Es ergibt sich für den folgenden Berechnungsgang die Gesamtzahl der tragenden Randrohre aus $n = n_1 + n_2$. (3) Die Mitten der vorletzt innen liegenden Randrohrerweiterungsreihe bestimmen den modifizierten (kleineren) Rohrfeldhalbmesser l'.	
D) Berechnungsgang	Sind Rohrplatte und Randrohre ausreichend dimensioniert, kann eine Optimierung erfolgen. Wenn die Anzahl der Randrohre nicht ausreicht, wird mit Schritt E) fortgesetzt.
E) Erhöhung der Anzahl der tragenden Randrohre	Verfahrensweise wie unter Schritt C) beschrieben, bis eine ausreichende Dimensionierung von Rohrplatte und Randrohren erreicht ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

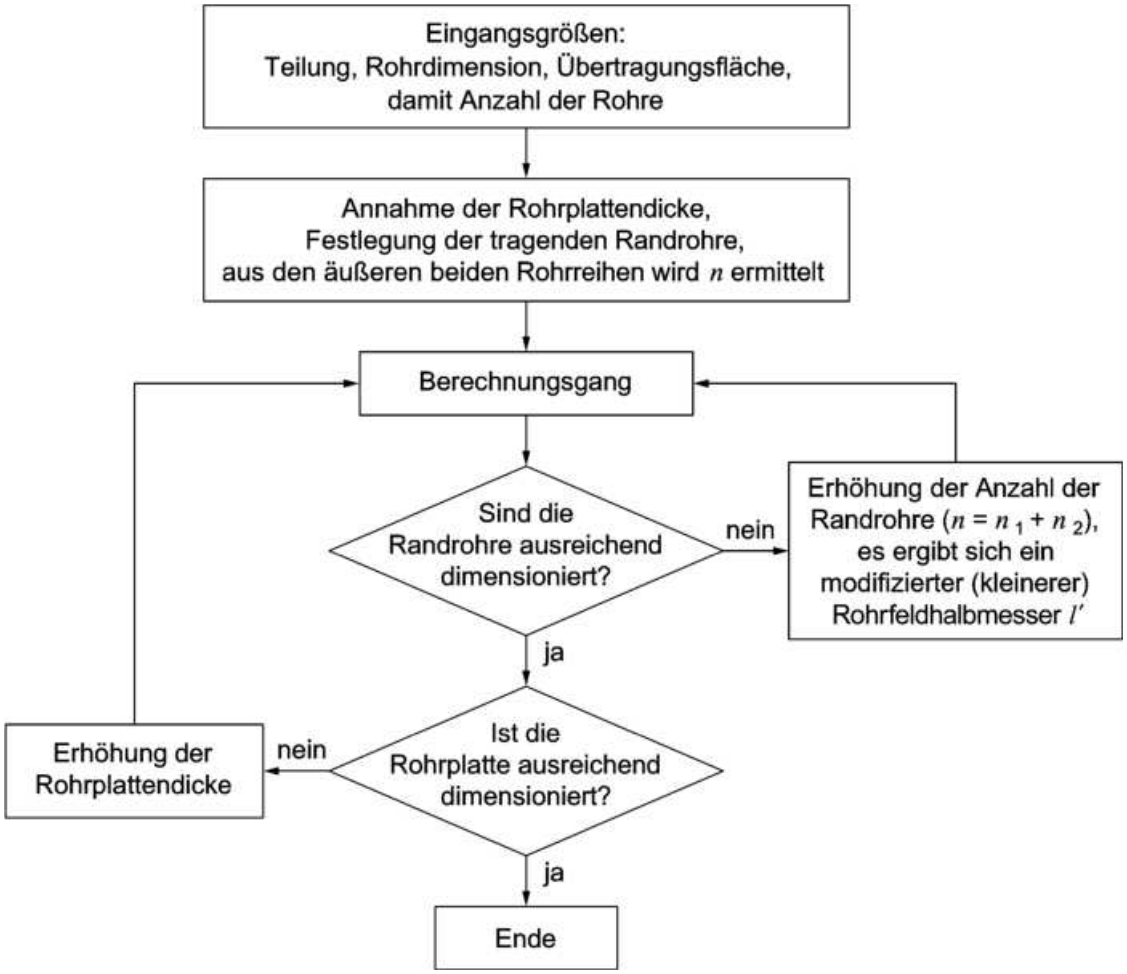


Bild 2 — Ablaufschema für die Berechnung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2006**

Berechnung von Druckbehältern	Berechnung von glatten Vierkantrohren und Teilkammern	AD 2000-Merkblatt B 5/1

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Berechnungsgrößen und -einheiten

3 Allgemeines

4 Erforderliche Wanddicken

5 Berechnung gegen vorwiegend ruhende Innendruckbeanspruchung

6 Kleinste zulässige Wanddicke

7 Schrifttum

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für die Berechnung von glatten Vierkantrohren und Teilkammern ohne und mit Bohrungsreihen. Die Berechnungsregeln gelten in erster Linie für verformungsfähige Werkstoffe ($\delta_5 \geq 14$ %). Sie können auch bei weniger verformungsfähigen Werkstoffen angewendet werden, wenn dem geringeren Verformungsvermögen durch einen höheren Sicherheitsbeiwert Rechnung getragen wird und die Wanddicke $s_e \leq 30$ mm ist.

1.2 Die Berechnungsregeln berücksichtigen nur durch inneren Überdruck hervorgerufene Beanspruchungen. Zusätzliche Kräfte und Momente nennenswerter Größe müssen gesondert berücksichtigt werden. In diesem Fall gibt der Hersteller die Größe der Kräfte und Momente an und weist nach, dass diese beachtet sind.

2 Berechnungsgrößen und -einheiten

Siehe AD 2000-Merkblatt B 0. Darüber hinaus gilt Tafel 1.

Dieses Blatt basiert auf TRD 320.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1. Berechnungsgrößen mit Symbolen und Einheiten

Symbol	Berechnungsgröße	Einheit
b	halbe lichte Weite des Vierkantrohres parallel zu der zu berechnenden Wand	mm
d_{Ai}	Durchmesser von Ausschnitten oder innerer Durchmesser von Abzweigen	mm
e	Abstand des betrachteten Ausschnittes oder der Ausschnittreihe von der Mittellinie der zu berechnenden Seite	mm
l	halbe lichte Weite des Vierkantrohres senkrecht zu der zu berechnenden Wand	mm
r_i	innerer Eckradius	mm
s_v	Wanddicke des Vierkantrohres mit Verschwächung und ohne Zuschläge	mm
t_l	Mittenabstand benachbarter Ausschnitte in Achsrichtung	mm
t_φ	Mittenabstand benachbarter Ausschnitte unter dem Winkel φ	mm
v_A	Verschwächungsbeiwert für einen Einzelausschnitt	–
v_L	Verschwächungsbeiwert für eine Ausschnittreihe in Achsrichtung	–
v_φ	Verschwächungsbeiwert für zwei Ausschnitte mit Schrägteilung unter dem Winkel φ	–
B_K, B_W, B_Z	Berechnungsbeiwerte	–
δ_5	Bruchdehnung (Messverhältnis = 5)	%
φ	Winkel der Verbindungslinie zweier Ausschnitte zur Achsrichtung des Vierkantrohres	°

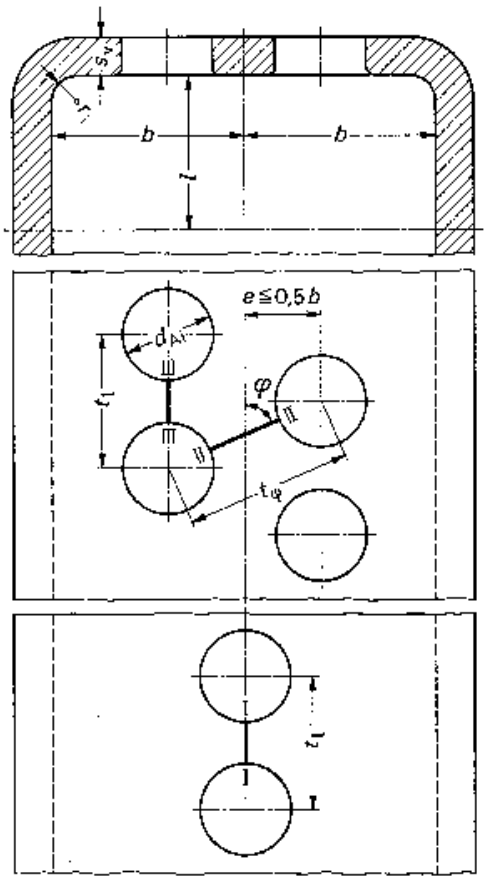


Bild 1. Glattes Vierkantrohr mit Bohrungsreihen

3 Allgemeines

Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur in Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

4 Erforderliche Wanddicken

Die erforderlichen Wanddicken sind unter Beachtung von AD 2000-Merkblatt B 0 Kapitel 9 zu ermitteln. Es gilt:

$$s = s_v + c_1 + c_2 \tag{1}$$

bzw.

$$s = s_0 + c_1 + c_2 \tag{2}$$

Für die Nachrechnung ausgeführter Bauteile mit der Wanddicke s_e ist

$$s_v = s_e - c_1 - c_2 \tag{3}$$

5 Berechnung gegen vorwiegend ruhende Innendruckbeanspruchung

5.1 Höchstwerte der Beanspruchung können auftreten:

(1) in den Ecken,

(2) in der Mitte der Seitenfläche,

(3) im Steg zwischen zwei Ausschnitten, wobei je nach Anordnung der Ausschnitte die Berechnung für die mit I bis III im Bild 1 gekennzeichneten Stellen durchzuführen ist.

5.2 Entsprechend den Ausführungen unter Nummer 5.1 wird die Wanddicke ermittelt

(1) in den Ecken zu

$$s_0 = \frac{p \cdot b}{10 \cdot K/S} \sqrt{B_z^2 + \frac{4 \cdot B_K \cdot 10 \cdot K/S}{p}} \tag{4}$$

(2) in der Mitte einer Seitenfläche zu

$$s_v = \frac{p \cdot b}{10 \cdot K/S} \sqrt{\frac{l^2}{b^2} + \frac{4 \cdot B_W \cdot 10 \cdot K/S}{p}} \tag{5}$$

(3a) im Steg zwischen zwei Ausschnitten in der Mitte der Seitenfläche (Bild 1 Schnitt I-I) zu

$$s_v = \frac{p \cdot b}{10 \cdot K/S \cdot v_L} \sqrt{\frac{l^2}{b^2} + \frac{4 \cdot B_W \cdot 10 \cdot K/S \cdot v_L}{p}} \tag{6}$$

(3b) in den schrägen Stegen (Bild 1 Schnitt II-II) zu

$$s_v = \frac{p \cdot b}{10 \cdot K/S \cdot v_\varphi} \cdot \cos\varphi \times \times \sqrt{\frac{l^2}{b^2} \cdot \cos^2\varphi + \frac{4 \cdot B_W \cdot 10 \cdot K/S \cdot v_\varphi}{p}} \tag{7}$$

(3c) in den Stegen bei außermittigen Ausschnittreihen (Bild 1 Schnitt III-III), wobei e nicht größer als 0,5 b sein darf, zu

$$s_v = \frac{p \cdot b}{10 \cdot K/S \cdot v_L} \sqrt{\frac{l^2}{b^2} + \frac{4 \cdot 10 \cdot K/S \cdot v_L}{p} \times \times \left[B_W - (B_W + B_K) \cdot \frac{e^2}{b^2}\right]} \tag{8}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.3 Der Verschwächungsbeiwert beträgt für zwei benachbarte Ausschnitte nach Bild 1 Schnitt I-I bzw. III-III

$$v_L = \frac{t_I - d_{Ai}}{t_I} \quad (9)$$

nach Bild 1 Schnitt II-II

$$v_\varphi = \frac{t_\varphi - d_{Ai}}{t_\varphi} \quad (10)$$

und für einen Einzelausschnitt

$$v_A = 1 - \frac{d_{Ai}}{2 \cdot b} \quad (11)$$

5.4 Ergibt sich nach Formel (9) bzw. (10) ein größerer Wert als nach Formel (11), dann ist in die Formeln (6) bis (8) statt v_L nach Formel (9) bzw. $v\varphi$ nach Formel (10) v_A nach Formel (11) einzusetzen.

5.5 Die Berechnungsbeiwerte B_K, B_W und B_Z sind den Bildern 2, 3 und 4 zu entnehmen.

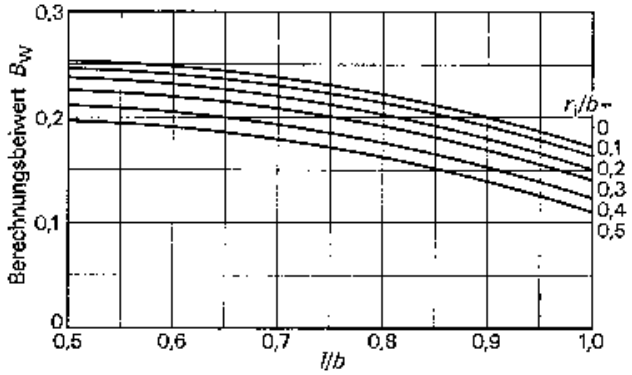


Bild 2. Berechnungsbeiwert B_W zur Berechnung der Wanddicke von Vierkantrohren

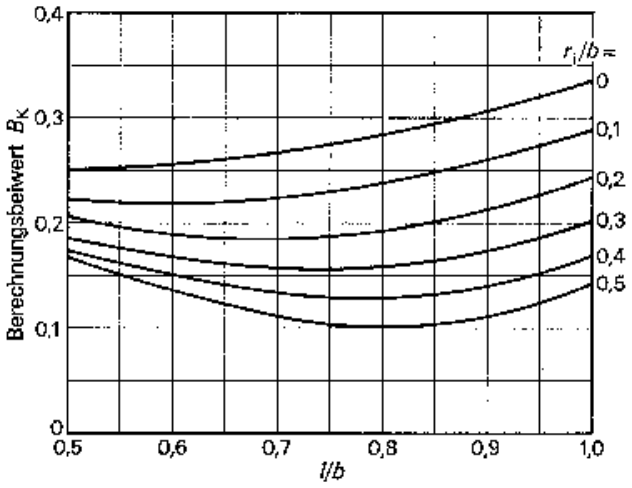


Bild 3. Berechnungsbeiwert B_K zur Berechnung der Wanddicke von Vierkantrohren

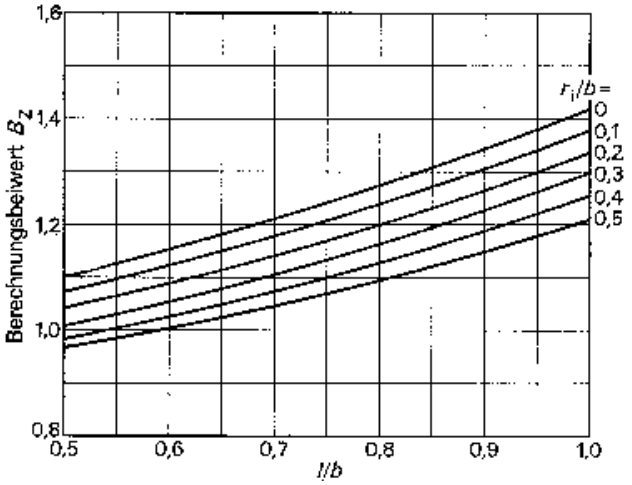


Bild 4. Berechnungsbeiwert B_Z zur Berechnung der Wanddicke von Vierkantrohren

6 Kleinste zulässige Wanddicke

Die kleinste zulässige Wanddicke s_e beträgt 3 mm.

7 Schrifttum

[1] *Schwaigerer, S:* Festigkeitsberechnung von Bauelementen des Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbaues. 2. neu bearbeitete Auflage (1970). Springer-Verlag.

[2] TRD Technische Richtlinie Dampfkessel – TRD 320, Ausgabe April 1975, Beuth Carl Heymanns Verlag, Köln

[3] WBV Werkstoff- und Bauvorschriften für Anlagen der Dampf- und Drucktechnik – BV 12-9/74. VEB-Verlag Technik, Berlin

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2006**

Berechnung von Druckbehältern	Zylinderschalen unter äußerem Überdruck	AD 2000-Merkblatt B 6

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Sicherheitsbeiwert
5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen
6 Verschwächungen
7 Berechnung
8 Kleinste Wanddicke
9 Schrifttum

Anhang 1: Erläuterungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für glatte Zylinderschalen als Druckbehältermäntel und für Rohre unter äußerem Überdruck, bei denen das Verhältnis $D_a/D_i \leq 1{,}2$ beträgt. Bei Rohren mit $D_a \leq 200$ mm gelten sie darüber hinausgehend bis zu einem Verhältnis $D_a/D_i = 1{,}7$. Die Zylinderschalen können ohne oder mit Versteifungen ausgeführt sein.

Der Druck muss auf den gesamten Umfang wirken. Größere als vom äußeren Überdruck herrührende Axialbelastungen müssen zusätzlich z. B. nach [10] berücksichtigt werden.

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit dem AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

Ersatz für Ausgabe Februar 2005; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1. Sicherheitsbeiwerte

Werkstoff		Sicherheitsbeiwert gegen Streck-, Dehngrenze oder Zeitstandfestigkeit	
		Sicherheitsbeiwert S für den Werkstoff bei Berechnungstemperatur	Sicherheitsbeiwert S' beim Prüfdruck
1.	Walz- und Schmiedestähle	1,6	1,1
2.	Stahlguss	2,0	1,5
3.	Gusseisen mit Kugelgraphit nach DIN EN 1563		
3.1	EN-GJS-700-2/2U EN-GJS-600-3/3U	5,0	2,5
3.2	EN-GJS-500-7/7U	4,0	2,0
3.3	EN-GJS-400-15/15U	3,5	1,7
3.4	EN-GJS-400-18/18U-LT EN-GJS-350-22/22U-LT	2,4	1,2
4.	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Knetwerkstoffe	1,6	1,1
		Sicherheitsbeiwert gegen Zugfestigkeit	
5.	Gusseisen mit Lamellengraphit (Grauguss) nach DIN EN 1561	6,0	3,5
6.	Kupfer und dessen Legierungen einschließlich Walz- und Gussbronze	4,0	2,5

Bei Wärmeaustauscherrohren ist der Abnutzungszuschlag $c_2 = 0$, falls nicht besondere Vereinbarungen zwischen Hersteller und Besteller/Betreiber getroffen sind.

2.2 Bei Druckbehältern aus Grauguss ist eine Berechnung auf Innendruck unter Verwendung der Sicherheitsbeiwerte nach Tafel 1 ausreichend, wobei für den Innendruck der äußere Überdruck einzusetzen ist.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

b_m	zweifache Abklinglänge	mm
l	Zylinderlänge zwischen wirksamen Versteifungen	mm
l_m	mittragende Schalenlänge	mm
p_e	elastischer Beuldruck der Versteifung	bar
q	hier: Abflachung	mm
u	Unrundheit	%

4 Sicherheitsbeiwert

4.1 Die Sicherheitsbeiwerte gegen plastisches Verformen sind für den Betriebs- und Prüfzustand der Tafel 1 zu entnehmen.

4.2 Der Sicherheitsbeiwert gegen elastisches Einbeulen beträgt unabhängig vom Werkstoff $S_K = 3{,}0$ und gilt für $u \leq 1{,}5$ %, wobei u nach Abschnitt 7.3.4 zu ermitteln ist.

Bei $u > 1{,}5$ % ist $S_K = 2{,}25 + 0{,}5\,u$. Wird ein höherer Prüfdruck als 1,3 p gefordert, so muss S'_K mindestens 2,2 $S_K/3$ betragen.

5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen

Unabhängig von dem Prüfumfang nach AD 2000-Merkblatt HP 0 Übersichtstafel 1 bleibt die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen bei Berechnung auf Außendruck unberücksichtigt.

6 Verschwächungen

Ausschnitte sind nach AD 2000-Merkblatt B 9 mit p als Innendruck zu berechnen. Ausschnitte in Doppelmänteln, die durch Stutzen gegenseitig versteift sind, können bei der Berechnung der Wanddicke unberücksichtigt bleiben.

7 Berechnung

7.1 Allgemeines

7.1.1 Die Berechnung ist gegen elastisches Einbeulen nach Abschnitt 7.2 und gegen plastisches Verformen nach Abschnitt 7.3 durchzuführen. Der errechnete kleinste Wert von p_1 und p_2 ist maßgebend für die Bestimmung des zulässigen äußeren Überdruckes.

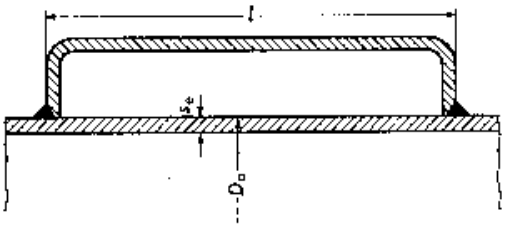


Bild 1. Doppelmantel

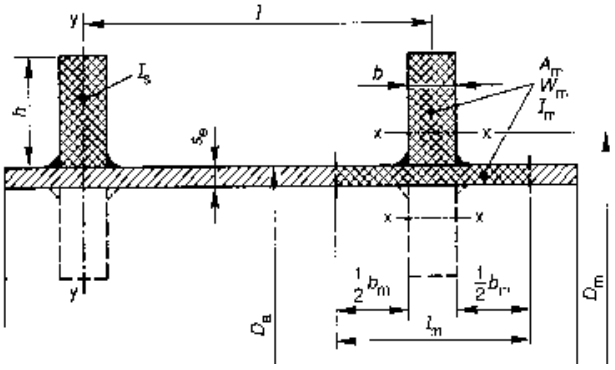


Bild 2. Ringe mit Rechteckquerschnitt als Versteifung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

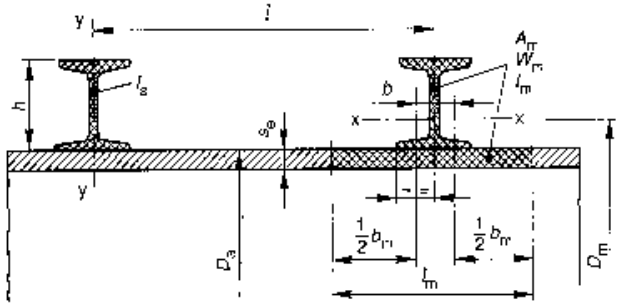


Bild 3. Profilringe als Versteifung

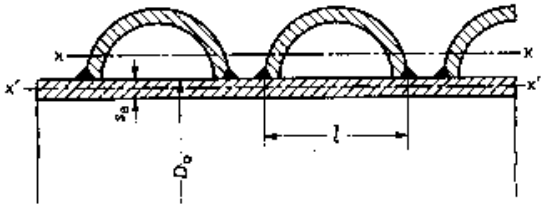


Bild 4. Halbrunde Heizkanäle als Versteifung

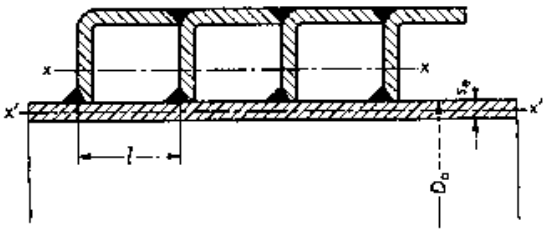


Bild 5. Eckige Heizkanäle als Versteifung

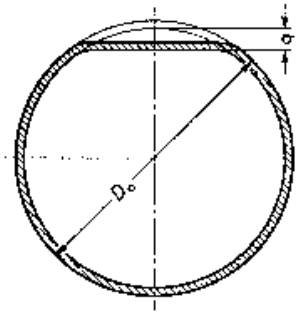


Bild 9. Abflachung q

$$p_1 = \frac{E}{S_K} \left\{ \frac{20}{\left(n^2 - 1\right)\left[1 + \left(\frac{n}{Z}\right)^2\right]^2} \cdot \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} + \frac{80}{12\left(1 - \nu^2\right)} \cdot \left[n^2 - 1 + \frac{2n^2 - 1 - \nu}{1 + \left(\frac{n}{Z}\right)^2} \right] \cdot \left[\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} \right]^3 \right\} \quad (1)$$

7.1.2 Die Beullänge l ist die Länge des Doppelmantels (siehe Bild 1) oder die Entfernung zwischen zwei wirksamen Versteifungen (siehe Bilder 2 bis 5). Bei Behältern mit gewölbten Böden beginnt die Beullänge am Übergang vom zylindrischen Bord zur Krempe.

Rohrbögen gelten nicht als wirksame Versteifungen [9]. Desgleichen gelten Kompensatoren in der Regel nicht als wirksame Versteifungen. Wegen der fehlenden Stützung an dieser Seite der Zylinderschale gelten die Formeln (1), (4), (5) bzw. (6) nicht. Die Berechnung solcher Zylinderschalen kann konservativ nach Formel (3) erfolgen.

7.2 Berechnung gegen elastisches Einbeulen

7.2.1 Die Berechnung erfolgt nach Formel (1), wobei $Z = 0{,}5 \cdot \frac{\pi \cdot D_a}{l}$ und

a) n ganzzahlig

b) $n \geq 2$

c) $n > Z$

so zu wählen sind, dass p_1 zum kleinsten Wert wird. n bedeutet die Anzahl der Einbeulwellen, die beim Versagen auf dem Umfang auftreten können. Die Anzahl der Einbeulwellen kann nach folgender Näherungsgleichung abgeschätzt werden [5]:

$$n = 1{,}63 \cdot \sqrt[4]{\frac{D_a^3}{l^2\left(s_e - c_1 - c_2\right)}} \quad (2)$$

7.2.2 Die erforderliche Wanddicke s kann auch nach Bild 6 für gebräuchliche Abmessungen bestimmt werden. Dieses Bild gilt für eine Querkontraktionszahl $\nu = 0{,}3$. Bei wesentlich anderen Querkontraktionszahlen ist nach Formel (1) zu rechnen.

7.2.3 Für Rohre kann die Berechnung auch nach Formel (3) erfolgen.

$$p_1 = \frac{E}{S_K} \cdot \frac{20}{1 - \nu^2} \cdot \left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} \right)^3 \quad (3)$$

7.3 Berechnung gegen plastisches Verformen

7.3.1 Bei $\frac{D_a}{l} \leq 5$ gilt Formel (4)

$$p_2 = \frac{20 \cdot K}{S} \cdot \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1{,}5u \cdot \left(1 - 0{,}2\,\frac{D_a}{l}\right) \cdot D_a}{100\left(s_e - c_1 - c_2\right)}} \quad (4)$$

7.3.2 Die erforderliche Wanddicke s kann nach Bild 7 für gebräuchliche Abmessungen und mit einer Unrundheit $u = 1{,}5$ % unmittelbar bestimmt werden.

Für Rohre mit größeren Unrundheiten kann die erforderliche Wanddicke s vereinfachend auch nach Bild 8 bestimmt werden.

7.3.3 Bei $\frac{D_a}{l} > 5$ ist der größere der nach den Formeln (5) und (6) ermittelte Druck für die Festlegung des zulässigen äußeren Überdruckes maßgebend.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

$$p_2 = \frac{20\,K}{S} \cdot \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} \quad (5)$$

$$p_2 = \frac{30\,K}{S} \left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{l}\right)^2 \quad (6)$$

Formel (6) ist vor allem bei kleinen Stützlängen (z. B. bei Heizkanälen nach den Bildern 4 und 5) maßgebend.

7.3.4 Für die Unrundheit u in % gelten bei Ovalität

$$u = 2 \cdot \frac{D_{i\,max} - D_{i\,min}}{D_{i\,max} + D_{i\,min}} \cdot 100 \quad (7)$$

bei Abflachung (siehe Bild 9)

$$u = \frac{4}{D_a} \cdot q \cdot 100 \quad (8)$$

Die maximalen und minimalen Durchmesser $D_{i\,max}$ bzw. $D_{i\,min}$ ergeben sich aus den Herstellungsbedingungen (zulässige Unrundheiten siehe AD 2000-Merkblatt HP 1).

Bei Rohren kann die Unrundheit nach Formel (7) mit dem maximalen und minimalen Außendurchmesser ermittelt werden. Die Durchmesser ergeben sich aus den in den Normen festgelegten Technischen Lieferbedingungen.

7.4 Versteifungen

7.4.1 Als wirksame Versteifungen können Abschlussböden wie z.B. nach außen gewölbte Böden oder Wärmeaustauscherböden, die durch die Rohre und den Mantel gegenseitig verankert sind, angesehen werden. Das gilt auch für die Ausführungen nach den Bildern 2 und 3, wenn die Bedingungen der Formeln (9) und (10) in Verbindung mit den Formeln (11) und (12) eingehalten sind.

Für die Ermittlung der geometrischen Größen A_m, W_m und I_m (siehe Bilder 2 und 3) ist zunächst die mittragende Schalenbreite l_m nach Formel (12) zu bestimmen. Das Flächenträgheitsmoment I_m und das Widerstandsmoment W_m sind auf die zur Mantelachse parallele Schwerpunktachse des Querschnittes zu beziehen (siehe Achse x – x in den Bildern 2 und 3), der sich aus dem Querschnitt der Versteifung und dem mittragenden Teil der Schale mit der Länge l_m zusammensetzt. D_m ist der dazugehörige Schwerpunktdurchmesser.

$$p \cdot S_K < p_e \quad (9)$$

$$\frac{p \cdot l_m \cdot D_a}{20 \cdot A_m} + \frac{p \cdot l \cdot D_a^2}{8000 \cdot W_m} \cdot \frac{u}{1 - S_K \cdot p/p_e} \le \frac{K}{S} \quad (10)$$

$$\text{mit } p_e = \frac{240 \cdot E \cdot I_m}{(1 - \nu^2) \cdot (D_a - s_e + c_1 + c_2) \cdot D_m^2 \cdot l} \quad (11)$$

$$\text{und } l_m = b_m + b = 1{,}1 \cdot \sqrt{D_a \cdot (s_e - c_1 - c_2)} + b \quad (12)$$

wobei für die mittragende Länge l_m nicht mehr als die Länge l eingesetzt werden darf. Für K ist der Festigkeitskennwert des Versteifungsringes einzusetzen. Für den Sicherheitsbeiwert S wird auf AD 2000-Merkblatt B 0 verwiesen.

Schmale, hohe Versteifungen gemäß Bild 2 können ausknicken; deshalb sollte die Höhe der Versteifung die achtfache Breite nicht überschreiten. Bei Profilen nach Bild 3 ist das erforderliche, auf die Schwerpunktachse y – y bezogene Flächenträgheitsmoment abhängig von der Profilhöhe h und beträgt $I_s \ge \frac{h^4}{3000}$.

7.4.2 Die versteifende Wirkung von Heizkanälen (siehe Bilder 4 und 5) kann bei der Berechnung des ganzen Mantels berücksichtigt werden. In Formel (1) wird dann der zulässige Druck im Verhältnis der Flächenträgheitsmomente mit und ohne Heizkanäle (bezogen auf die jeweilige Schwerpunktachse x – x bzw. x′ – x′) und in Formel (4) im Verhältnis der Querschnittsflächen des Behälters mit und ohne Heizkanäle größer.

7.4.3 Werden Versteifungen durch unterbrochene Schweißnähte mit dem Mantel verbunden, müssen die Kehlnähte auf jeder Seite mindestens ein Drittel des Mantelumfanges erfassen. Die Teilung der Kehlnähte in Umfangsrichtung darf 300 mm, die Anzahl der Schweißnahtunterbrechungen darf 2n nicht unterschreiten. Die Anzahl n der Einbeulwellen ergibt sich aus Abschnitt 7.2.1.

8 Kleinste Wanddicke

8.1 Die kleinste Wanddicke nahtloser, geschweißter oder hartgelöteter Zylinderschalen wird mit 3 mm festgelegt.

8.2 Abweichend von Abschnitt 8.1 gilt für die kleinste Wanddicke bei Zylinderschalen aus Aluminium und dessen Legierungen 5 mm.

8.3 Ausnahmen siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 10.

8.4 Bei Wärmeaustauscherrohren darf die kleinste Wanddicke gemäß Abschnitt 8.1 und 8.2 unterschritten werden.

9 Schrifttum

[1] *Hütte I.,* 28. Auflage, S. 953. Verlag Ernst und Sohn, Berlin.

[2] *Meincke, H.:* Berechnung und Konstruktion zylindrischer Behälter unter Außendruck. Konstruktion **11** (1959) Nr. 4, S. 131/38.

[3] *v. Mises, R.:* Der kritische Außendruck zylindrischer Rohre. VDI-Z **58** (1914) Nr. 19, S. 750/55.

[4] *Schwaigerer, S.,* u. *A. Konejung:* Die Festigkeitsberechnung von Flammrohren. Konstruktion **2** (1950) Nr. 1, S. 17/23.

[5] *v. Reth, Th.:* Unmittelbare Berechnung der Beulwellen in Gleichung (1) des AD-Merkblattes B 6. TÜ **12** (1971) Nr. 12, S. 362.

[6] BS 5500 – Specification for unfired fusion welded pressure vessels, 1982; herausg. v. British Standards Institution.

[7] *Link, H.:* Berechnung ringversteifter Bohrschachtverrohrungen aus Stahl in den USA. Der Stahlbau **9** (1981), S. 284/287.

[8] *Ebner, H.:* Festigkeitsprobleme von U-Booten. Schiffstechnik, Forschungshefte für Schiffsbau und Schiffsmaschinenbau **14** (1967) H. 74, S. 95/113.

[9] *Meincke, H.:* Rohre in Apparaten unter Außendruck. Chem.-Ing.-Technik **3** (1978), S. 215/17.

[10] Deutscher Ausschuss für Stahlbau: Beulsicherheitsnachweise für Schalen, DASt-Richtlinie 013, Juli 1980.

[11] *Feder, G.:* Zur Stabilität ringversteifter Rohre unter Außendruckbelastung. Schweizerische Bauzeitung, 89. Jahrgang, Heft 42 (21.10.1971), S. 1043/1051.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

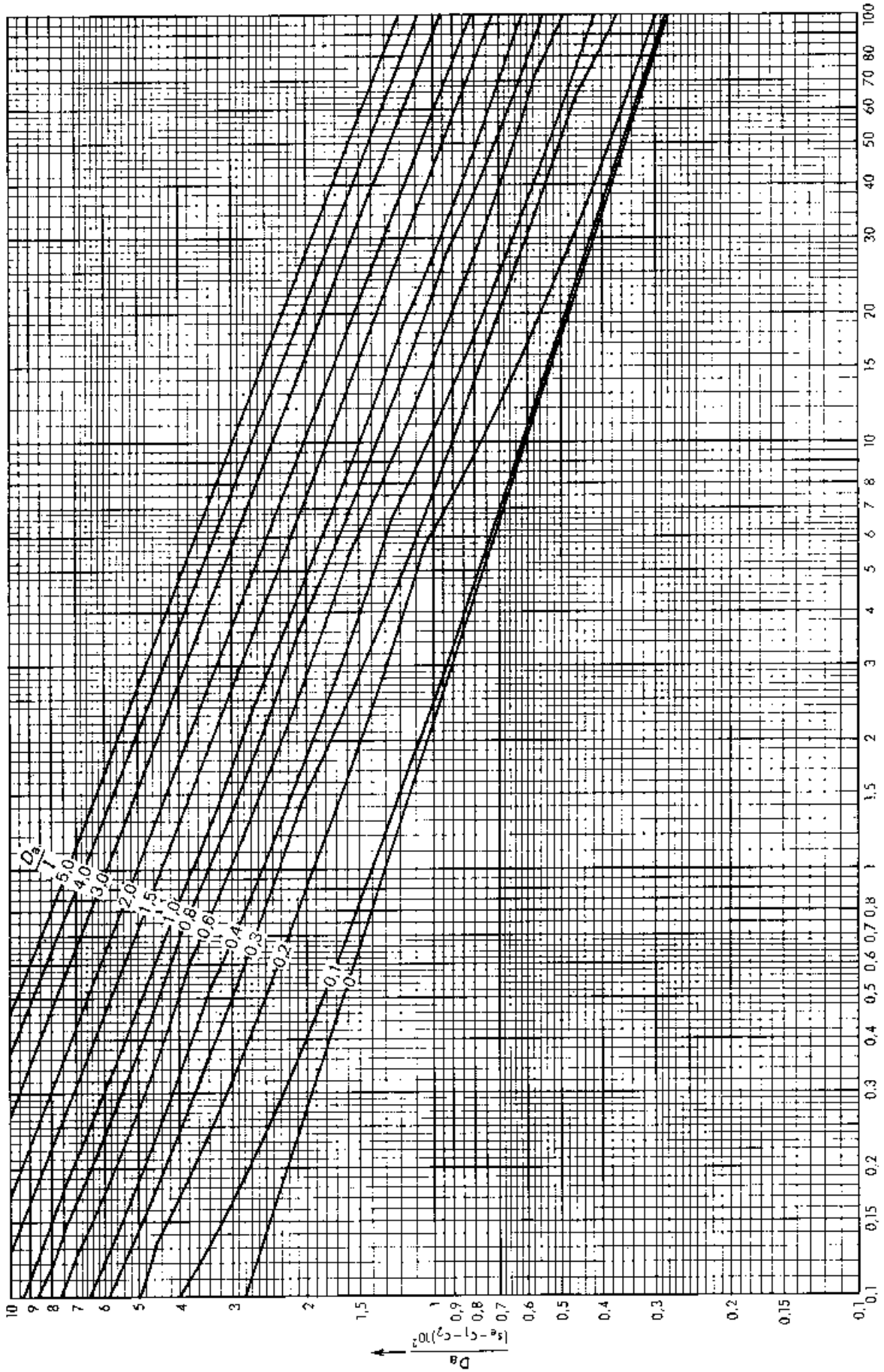


Bild 6. Erforderliche Wanddicke *s* bei Berechnung gegen elastisches Einbeulen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

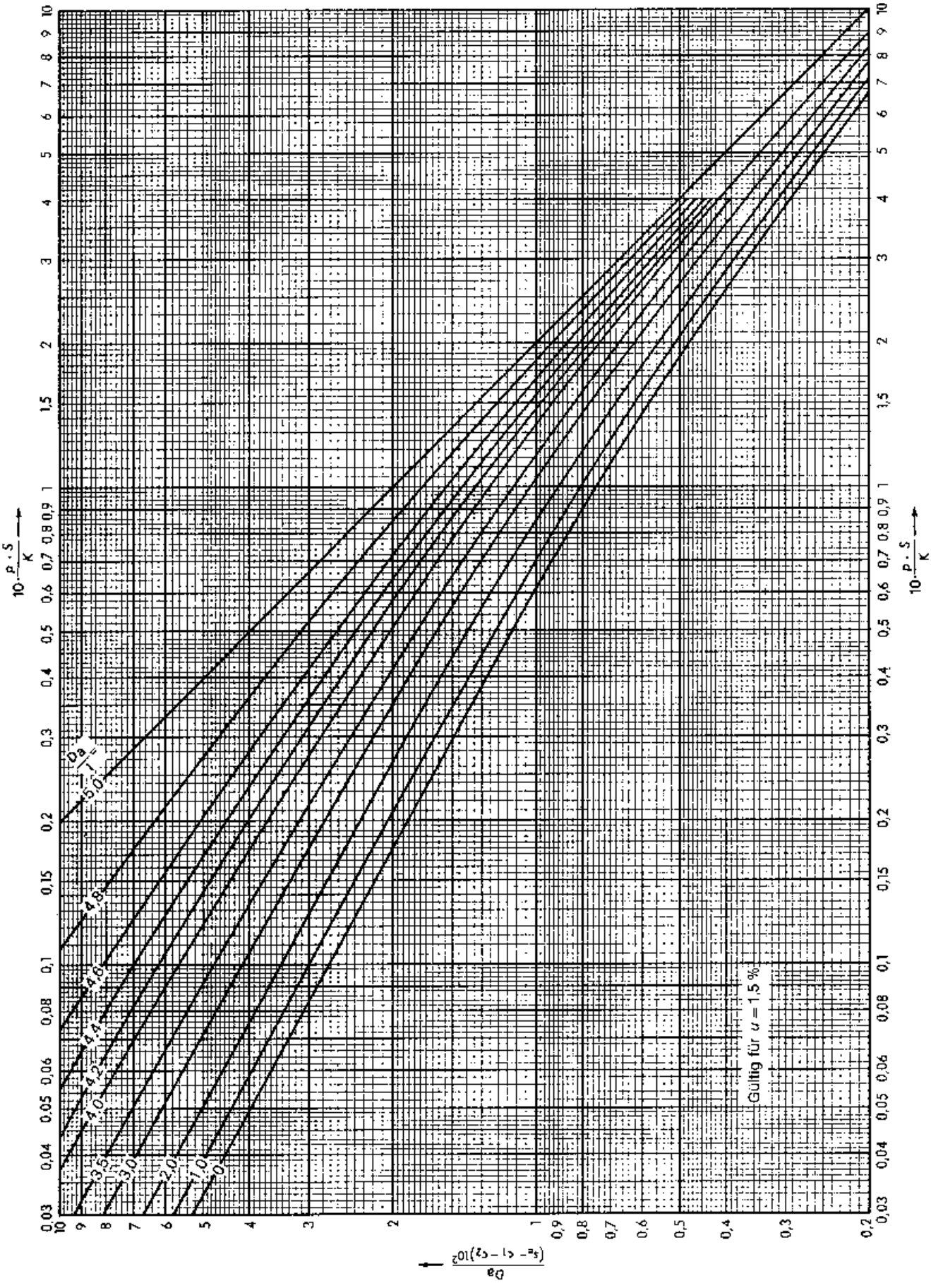


Bild 7. Erforderliche Wanddicke *s* bei Berechnung gegen plastisches Verformen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

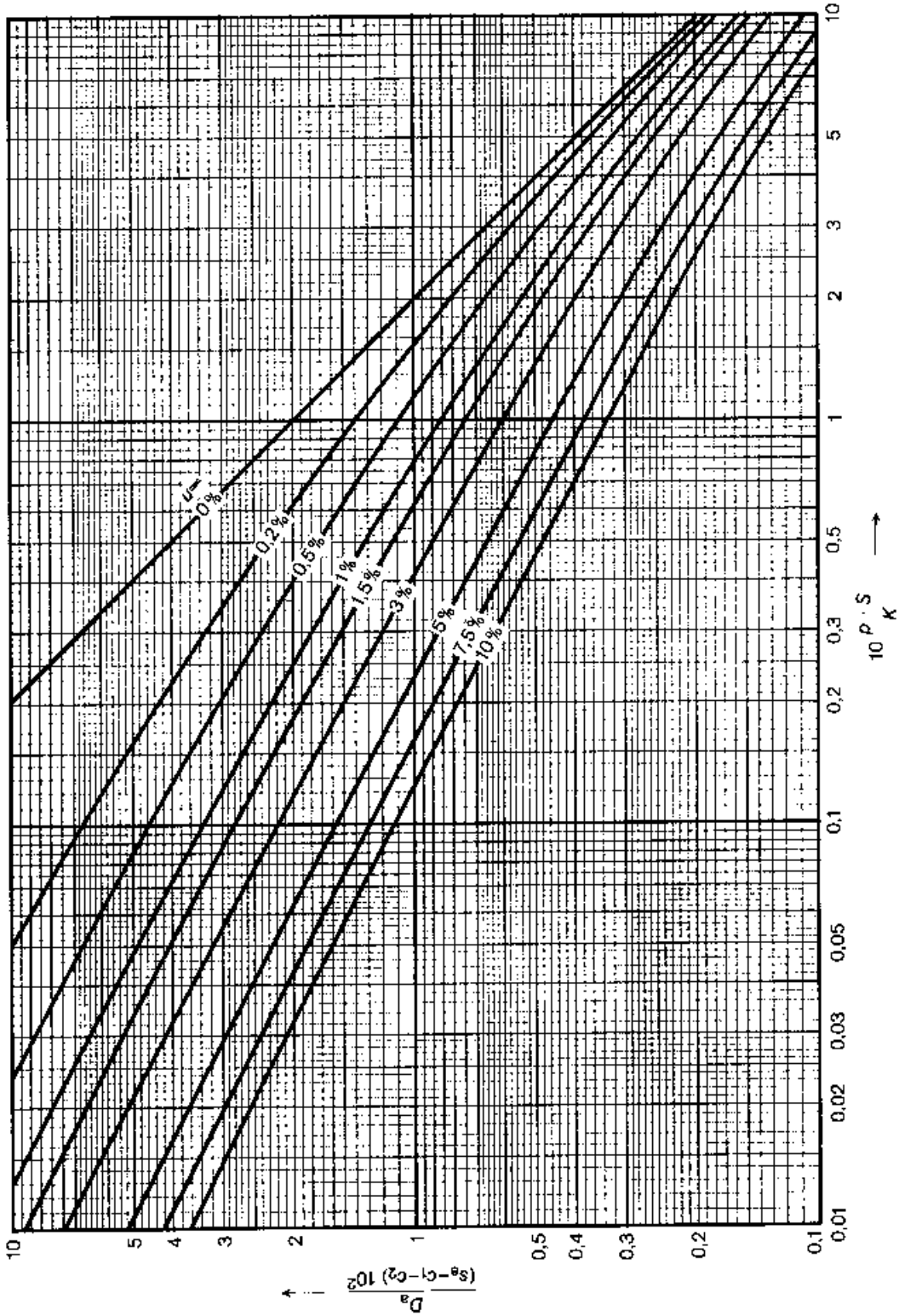


Bild 8. Erforderliche Wanddicke s von langen Zylinderschalen ($D_a/l < 0{,}2$) bei Berechnung gegen plastisches Verformen in Abhängigkeit von der Unrundheit

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt B 6

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt B 6

Zu 4.2 und 7.3.4

Nach den bisherigen Erfahrungen ist S_K = 3,0 bei Unrundheiten bis u = 1,5 % ausreichend. Der Einfluss der Unrundheit wurde nach dem Schrifttum [4] ermittelt, wobei von S_K = 3,0 bei u = 1,5 % ausgegangen wurde.

Nach AD 2000-Merkblatt HP 1 Tafel 1 darf die Unrundheit bei Beanspruchung durch Außendruck bei s/D-Verhältnissen ≤ 0,1 in der Regel 1,5 % nicht überschreiten.

Bei Rohren nach AD 2000-Merkblatt W 4 und Rohren aus austenitischen Stählen nach DIN EN ISO 1127 (für DN < 150 in den Toleranzklassen D2, T3 und für DN ≥ 150 in den Toleranzklassen D1, T1) kann der Sicherheitsbeiwert gegen elastisches Einbeulen im Normalfall näherungsweise auch direkt in Abhängigkeit vom Rohr-Nenndurchmesser (DN in mm) bestimmt werden:

$$10 \le DN \le 50 : S_K = 8{,}25 - \frac{DN}{10}$$

$$50 < DN : S_K = 3{,}25$$

Zu 7.2.3

Formel (3) gilt exakt für die unendlich lange Zylinderschale (D_a/l = 0) und kann aus Formel (1) abgeleitet werden. Nach Formel (3) ergeben sich geringere Drücke als nach Formel (1). Die Abweichungen sind für verschiedene D_a/l-Verhältnisse in Bild A1 dargestellt. Für die Verhältnisse s/D_a > 0,0025 und D_a/l < 0,04 sind die Abweichungen geringer als 5 %.

Zu 7.3.2

Bild 8 gilt exakt für die unendlich lange Zylinderschale (D_a/l = 0). Für Zylinderschalen unendlicher Länge ergeben sich geringere Drücke als nach Formel (4). Die Abweichungen sind für verschiedene D_a/l-Verhältnisse in Bild A2 dargestellt. Für Verhältnisse D_a/l ≤ 0,2 sind die Abweichungen geringer als 5 %.

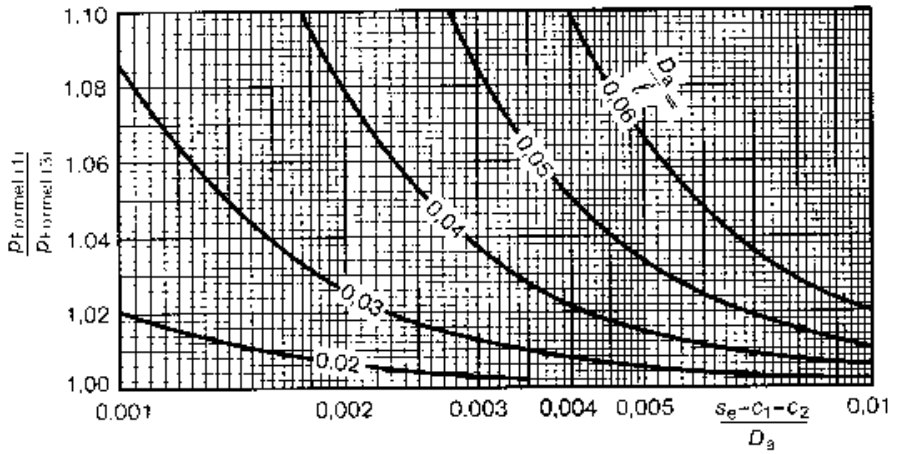


Bild A1. Berechnung gegen elastisches Einbeulen – Abweichungen der nach Formeln (1) und (3) ermittelten Drücke in Abhängigkeit von $(s_e - c_1 - c_2)/D_a$ und D_a/l

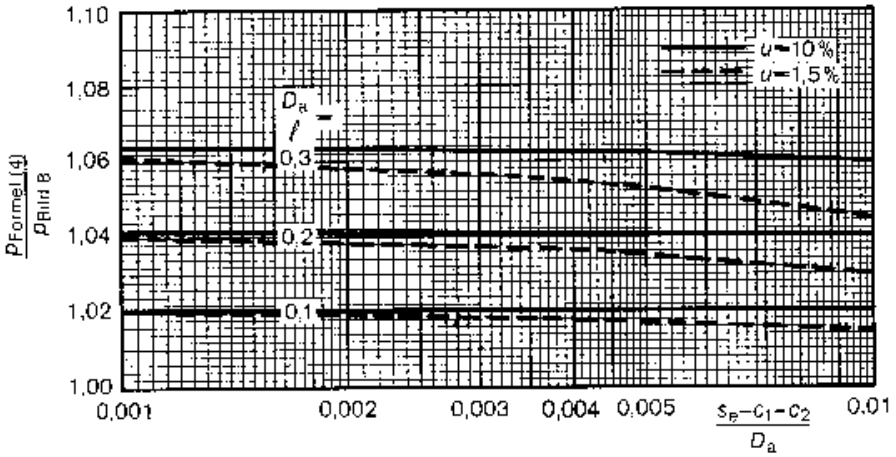


Bild A2. Berechnung gegen plastisches Verformen – Abweichungen der nach Formel (4) und Bild 8 ermittelten Drücke in Abhängigkeit von $(s_e - c_1 - c_2)/D_a$, D_a/l und der Unrundheit u

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Zu 7.4.1

Formel (10) entstand aus der im Schrifttum [4] und [7] abgeleiteten Formel

$$\sigma = \frac{p \cdot l_m \cdot D_a}{20 \cdot A_m} + \frac{p \cdot l \cdot D_a^2}{8000 \cdot W_m} \cdot \frac{u}{1 - p/p_e} \qquad \text{(A1)}$$

Formel (A1) wurde so modifiziert, dass im rein plastischen Bereich die Sicherheit S und im rein elastischen Bereich mindestens die Sicherheit S_K vorhanden ist. Die so modifizierte Formel (A1) führt unter Beachtung der vorgegebenen Dimensionen zu Formel (10). Wird diese unter Berücksichtigung der Formel (9) nach p aufgelöst, kann der für die Festlegung des zulässigen Betriebsüberdruckes maßgebende Druck direkt ermittelt werden:

$$p = p_e \cdot \left[\frac{1 + S_K \cdot G + H}{2 \cdot S_K} - \sqrt{\left[\frac{1 + S_K \cdot G + H}{2 \cdot S_K} \right]^2 - \frac{G}{S_K}} \right] \qquad \text{(A2)}$$

$$\text{mit } G = \frac{K}{S} \cdot \frac{20 \cdot A_m}{p_e \cdot l_m \cdot D_a} \qquad \text{(A3)}$$

$$H = \frac{u \cdot D_a \cdot l \cdot A_m}{400 \cdot l_m \cdot W_m} \qquad \text{(A4)}$$

und den Werten für p_e und l_m nach den Formeln (11) und (12).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2016**

Berechnung von Druckbehältern	**Schrauben**	**AD 2000-Merkblatt B 7**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Allgemeines	2
3	Formelzeichen und Einheiten	2
4	Berechnungstemperatur	3
5	Festigkeitskennwert	3
6	Sicherheitsbeiwert	3
7	Berechnung	3
8	Zuschläge	5
9	Kleinster Schraubendurchmesser	9
10	Schrifttum	9

Ersatz für Ausgabe April 2015; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 8 für den Festigkeitsnachweis von Schrauben an Druckbehältern, die als kraftschlüssige Verbindungselemente vorwiegend auf Zug und ruhend beansprucht werden. Zusatzbeanspruchungen aus thermischen Einflüssen, z. B. aus örtlichen oder zeitlichen Temperaturgradienten, unterschiedlichen Wärmeausdehnungszahlen sowie äußeren Kräften, z. B. aus angeschlossenen Rohrsystemen, sind in diesem AD 2000-Merkblatt nicht vollständig erfasst und gegebenenfalls gesondert zu berücksichtigen.

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 und B 8 anzuwenden. Im Zeitstandbereich und bei relevanten Abdichtproblemen sind, über die Festlegungen aus diesem Merkblatt hinaus, weitere Betrachtungen erforderlich.

2.2 Ausführung

2.2.1 Als Schraubenbolzen mit Dehnschaft werden nur solche Schrauben bewertet, deren Schaftdurchmesser $d_S \leq 0{,}9\ d_K$ ist oder deren Maße DIN 2510 entsprechen. Schrauben mit durchgehendem Gewinde gelten hinsichtlich ihrer Berechnung als Vollschaftschrauben.

2.2.2 Die Auflagefläche von Schrauben und Muttern muss mindestens der Produktklasse B nach DIN EN ISO 4759-1 entsprechen. Die Gewindeausführung muss mindestens die Toleranzklasse „mittel“ nach DIN ISO 965-2 enthalten.

2.2.3 Die Eignung von nicht-metrischen Gewindeformen kann anhand der geometrischen Gegenüberstellung in DIN EN 1759-1, Anhang C, bewertet werden.

2.3 Konstruktionsregeln

2.3.1 Um eine Schraubenverbindung möglichst elastisch zu gestalten, empfiehlt es sich, die Schrauben als Dehnschrauben nach DIN 2510 auszuführen. Schraubenbolzen mit Dehnschaft sollen bei einer Berechnungstemperatur über 300 °C oder/und bei einem zulässigen Betriebsdruck von 40 bar verwendet werden. Dabei ist für eine ausreichende Klemmlänge, beispielsweise durch zusätzliche Dehnhülsen nach DIN 2510, zu sorgen. Die Dehnschaftlänge muss mindestens das Dreifache des Gewindedurchmessers betragen.

Bei relevanten Abdichtproblemen nach VDI 2200 ist Abschnitt 2.4 aus AD 2000-Merkblatt B 8 zusätzlich zu beachten.

2.3.2 Die ausreichende Dimensionierung von Schraubenverbindungen muss insbesondere bei unterschiedlicher Werkstoffpaarung nachgewiesen werden, insbesondere bei Einschraubverbindungen Schraube – Gehäuse. Kombinationen von Werkstoffen für Schrauben und Muttern als drucktragende Verbindungselemente zu den jeweiligen Flanschwerkstoffen können nach DIN EN 1515 Teil 1 bis 4 bewertet werden.

2.3.3 Die Anzahl der Schrauben soll mit Rücksicht auf eine gleichmäßige Belastung der Bauteile möglichst groß gewählt werden, um eine kleine Schraubenteilung zu erhalten (s. AD 2000-Merkblatt B 8, Abschnitt 2.3.1.1).

2.3.4 Bezüglich der Gestaltung der Schraubenverbindungen siehe auch AD 2000-Merkblatt A 5, Abschnitt 3 (Verschlüsse). Einseitig beanspruchte Hakenschrauben dürfen nicht verwendet werden.

2.3.5 Für leicht entzündliche oder giftige Gase sind Flansche mit Nut und Feder oder Vor- und Rücksprung oder glatte Flansche mit besonderen Dichtungen (Metall-Weichstoff-Dichtungen wie bspw. Spiraldichtungen, Wellringdichtungen oder Kammprofildichtungen) zu verwenden.

2.3.6 Hinsichtlich der sinnvoll zu verwendenden Dichtungen und Dichtungskennwerte wird auf die Angaben der Dichtungshersteller verwiesen.

2.3.7 Weichstoffflachdichtungen ohne Innenbördel sind bei Drücken über 25 bar nicht zulässig.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

b_D	wirksame Dichtungsbreite	mm
c_5	Konstruktionszuschlag für Vollschaftschrauben	mm

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

d_K	Kerndurchmesser eines Schraubengewindes	mm
d_S	Schaftdurchmesser einer Schraube	mm
n	Anzahl der Schrauben	–
A_D	druckbelastete Fläche	mm^2
$K_{D\vartheta}$	Formänderungswiderstand des Dichtungswerkstoffes bei Berechnungstemperatur	MPa
U_D	mittlerer Dichtungsumfang	mm
X	Anzahl der Kämme	–
φ	hier: Hilfswert	–

4 Berechnungstemperatur

Die Temperatur, für die die Schrauben zu berechnen sind, hängt von der Art der Schraubenverbindung und dem Wärmeschutz ab. Soweit kein besonderer Temperaturnachweis erfolgt und die Schrauben nicht unmittelbar einem Beschickungsmittel mit einer Temperatur > 50 °C ausgesetzt sind, kann die Berechnungstemperatur bei Schraubenverbindungen

a) loser Flansch und loser Flansch um 30 °C
b) fester Flansch und loser Flansch um 25 °C
c) fester Flansch und fester Flansch um 15 °C

niedriger als die höchste Temperatur des Beschickungsmittels angenommen werden. Diese Abschläge berücksichtigen den Abfall der Temperatur bei isolierten Schraubenverbindungen. Da die nur bei niedrigen Temperaturen üblichen nicht isolierten Verbindungen bei zwar kälteren Schrauben zu entsprechend höheren Temperaturbeanspruchungen der gesamten Verbindung führen, sind hierfür weitere pauschale Abstriche ohne besonderen Nachweis nicht zulässig. Bei zulässigen Betriebstemperaturen < –10 °C wird auf AD 2000-Merkblatt W 10 verwiesen.

5 Festigkeitskennwert

Festigkeitskennwerte sind mit den Festlegungen/Verweisen in den AD 2000-Merkblättern W 2 / W 7 geregelt. Bei Anwendung der Berechnungsverfahren gemäß [4], [5], [7] können die dortigen Grundannahmen, unter Beachtung des jeweiligen Gesamtkonzeptes, herangezogen werden.

6 Sicherheitsbeiwert

Die Sicherheitsbeiwerte sind für Schraubenwerkstoffe mit einem Verhältnis von Streckgrenze/Zugfestigkeit ≤ 0,8 nach Tafel 3.1 zu bestimmen, für ein Verhältnis von Streckgrenze/Zugfestigkeit > 0,8 gilt Tafel 3.2. Hierfür ist bei unbearbeiteten, aber parallelen Auflageflächen der zu verbindenden Teile sowie bei Augen- und Klappschrauben von $\varphi = 0{,}75$ auszugehen. Bei spanabhebend bearbeiteten oder durch den Herstellungsvorgang als gleichwertig anzusehenden Auflageflächen kann von $\varphi = 1$ ausgegangen werden. Nicht parallele Auflageflächen sind unzulässig.

7 Berechnung

7.1 Berechnung der Schraubenkräfte

7.1.1 Allgemeines

Die Schraubenkräfte sind für den Einbauzustand vor Druckaufgabe (Montage) und für den Betriebszustand zu ermitteln. Streuungen der Anziehkräfte sowie Reibungsverhältnisse können nach VDI 2230 Blatt 1 berücksichtigt werden. Ist der Prüfdruck $p' > 1{,}43\,p$, so sind die Schraubenkräfte auch für diesen Belastungsfall zu ermitteln; bei Schraubenwerkstoffen mit einem Verhältnis von Streckgrenze/Zugfestigkeit > 0,8 sind die Schraubenkräfte für den Prüfzustand immer zu ermitteln.

7.1.2 Kreisförmige Schraubenverbindungen mit Dichtungen innerhalb des Lochkreises

7.1.2.1 Die Mindestschraubenkraft für den Betriebszustand beträgt

$$F_{SB} = F_{RB} + F_{FB} + F_{DB} + F_{RM_B} \tag{1}$$

mit den Einzelkomponenten

$$F_{RB} = \frac{p \cdot \pi \cdot d_i^2}{40} \tag{2}$$

$$F_{FB} = \frac{p \cdot \pi \cdot \left(d_D^2 - d_i^2\right)}{40} \tag{3}$$

$$F_{DB} = \frac{p}{10} \cdot \pi \cdot d_D \cdot S_D \cdot k_1 \tag{4}$$

mit $S_D = 1{,}2$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

mit $F_{RM_B} = F_{RZ_B} + \frac{4M_{B_B}}{d_{te}}$ und $d_{te} = d_t \cdot (1 - 2/n^2)$

F_{RZ_B} = Zusatzkraft im Rohr im Betriebszustand

M_{B_B} = Zusatzbiegemoment im Rohr im Betriebszustand

d_{te} = effektiver Teilkreisdurchmesser

d_t = Teilkreisdurchmesser

Wenn F_{RZ_B} und M_{B_B} vorhanden, aber nicht konkret berechenbar sind, kann $F_{RM_B} = F_{RB}$ gesetzt werden (siehe DIN V 2505).

Die Formeln (1) bis (4) können sinngemäß auch für den Prüfzustand angewendet werden.

7.1.2.2 Die Mindestschraubenkraft für den Einbauzustand wird berechnet aus

$$F_{DV} = \pi \cdot d_D \cdot k_0 \cdot K_D + F_{RM_0} \quad (5)$$

Falls die Vorverformungskraft $F_{DV} > F_{SB}$ wird, kann sie bei Weichstoff- und Metallweichstoffdichtungen ersetzt werden durch

$$F^*_{DV} = 0{,}2 \cdot F_{DV} + 0{,}8\sqrt{F_{SB} \cdot F_{DV}} + F_{RM_0} \quad (6)$$

mit $F_{RM_0} = F_{RZ_0} + \frac{4M_{B_0}}{d_t}$

F_{RZ_0} = Zusatzkraft im Rohr im Montagezustand

M_{B_0} = Zusatzbiegemoment im Rohr im Montagezustand

7.1.2.3 Es wird empfohlen, die Flanschdichtung unter Beachtung der zulässigen Flächenpressung (z. B. nach Angaben der Dichtungshersteller) möglichst schmal (z. B. nach DIN 28040) auszuführen, um Dichtungskräfte, Schraubenkräfte und Flanschverdrehungen klein zu halten. Bei Weichstoff- und Metallweichstoffdichtungen kann bei der Montage mit bleibendem Setzen gerechnet werden. Dieses muss durch Nachziehen der Schrauben ausgeglichen werden. Das Nachziehen darf nicht im Betrieb erfolgen.

Bei Metalldichtungen beträgt die zulässige Belastung im Betrieb

$$F_{D\vartheta} = \pi \cdot d_D \cdot k_0 \cdot K_{D\vartheta} \quad (7)$$

mit $K_{D\vartheta}$ nach Tafel 2.

Um die zulässige Belastung der Dichtung nicht zu überschreiten, muss folgende Bedingung eingehalten sein:

$$F_{D\vartheta} \geq F_{SB} \quad (8)$$

Wird die zulässige Belastung der Dichtung überschritten, empfiehlt es sich, einen besser geeigneten Dichtungswerkstoff oder eine andere Dichtungsform zu wählen.

Bei Schweißdichtungen (bspw. Membranschweißdichtungen, Torus-Schweißring-Dichtungen) gilt:

— d_D ist der Durchmesser der Dichtnaht.

7.1.2.4 Die Dichtungskennwerte k_1, k_0 und K_D bzw. $k_0 \cdot K_D$ sind den Tafeln 1 und 2 zu entnehmen, wobei normalerweise für den Betriebszustand nur die Werte für Gase und Dämpfe infrage kommen. Kennwerte für andere Dichtungsarten und -formen sind durch Versuche festzustellen. Siehe hierzu die zusätzlichen Hinweise/Angaben in Abschnitt 2.3.6. Bei der Verwendung von Dichtungskennwerten, welche nach anderen Normen (DIN 28090-1/DIN EN 13555) ermittelt worden sind, ist die Umrechnung der Dichtungskennwerte nach VDI 2200 Tabelle 9 durchzuführen.

AD 2000	DIN EN 1591-1	DIN 28090-1	DIN EN 13555	Beziehung/Relation
k_0K_D	Q_{min}	$\sigma_{VU/L}$	Q_{min}	$\sigma_{VU} \triangleq Q_{min} \triangleq \frac{k_0K_D}{b_D}$
k_1	$Q_{s\,min}$	$\sigma_{BU/L}$	$Q_{s\,min}$	$\sigma_{BU} \triangleq Q_{s\,min}$ $m = \frac{k_1}{b_D}$
	Q_{max}	σ_{VO}	Q_{max}	$\sigma_{VO} \triangleq Q_{max} \triangleq V \cdot \frac{k_0K_D}{b_D}$
$k_0K_{D\vartheta}$	$Q_{s\,max}$	σ_{BO}	$Q_{s\,max}$	$\sigma_{BO} \triangleq Q_{s\,max} \triangleq \frac{k_0K_{D\vartheta}}{b_D}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.1.3 Kreisförmige Schraubenverbindungen mit durchgehender Dichtung

Die Schraubenkräfte werden nach den Formeln (1) bis (6) berechnet; dabei ist für den Dichtungsdurchmesser d_D der Lochkreisdurchmesser d_t und für b_D nach Tafel 1 die halbe wirksame Dichtungsbreite anzunehmen.

7.1.4 Rechteckige oder andersartige Schraubenverbindungen mit Dichtungen innerhalb des Lochkreises

Die Mindestschraubenkraft für den Betriebszustand beträgt bei Rechteckanordnung

$$F_{SB} = \frac{p}{10} \cdot [e \cdot f + 2\, S_D\, (e + f) \cdot k_1] \tag{9}$$

und bei andersartigen Anordnungen

$$F_{SB} = \frac{p}{10} \cdot (A_D + S_D \cdot U_D \cdot k_1) \tag{10}$$

mit S_D = 1,2.

Die Formeln (9) und (10) können sinngemäß auch für den Prüfzustand angewendet werden.

Die Mindestschraubenkraft für den Einbauzustand wird bei Rechteckanordnung berechnet aus

$$F_{DV} = 2\, (e + f) \cdot k_0 \cdot K_D \tag{11}$$

und bei andersartigen Anordnungen aus

$$F_{DV} = U_D \cdot k_0 \cdot K_D \tag{12}$$

Die Größen e, f, A_D und U_D werden auf die mittlere Berührungslinie der Dichtung bezogen.

Die Formel (6) kann sinngemäß angewendet werden.

7.1.5 Rechteckige oder andersartige Schraubenverbindungen mit durchgehender Dichtung

Die Schraubenkräfte werden nach den Formeln (9) bis (12) berechnet. Dabei sind die Größen e, f, A_D und U_D auf die Schraubenlochmitten zu beziehen und b_D nach Tafel 1 als die halbe wirksame Dichtungsbreite anzunehmen. Die Formel (6) kann sinngemäß angewendet werden.

7.2 Berechnung des Schraubendurchmessers

Der erforderliche Gewindekerndurchmesser d_K einer Vollschaftschraube bzw. der erforderliche Schaftdurchmesser d_S eines Schraubenbolzens mit Dehnschaft wird errechnet aus dem größten Wert der Formeln einer Flanschverbindung mit n Schrauben für den Betriebszustand

$$d_K \text{ bzw. } d_S = Z \cdot \sqrt{\frac{F_{SB}}{K \cdot n}} + c_5 \tag{13}$$

den Prüfzustand

$$d_K \text{ bzw. } d_S = Z \cdot \sqrt{\frac{F_{SP}}{K_{20} \cdot n}} \tag{14}$$

F_{SP} = Mindestschraubenkraft für den Prüfzustand

und den Einbauzustand

$$d_K \text{ bzw. } d_S = Z \cdot \sqrt{\frac{F_{DV}}{K_{20} \cdot n}} \tag{15}$$

mit Z nach Tafel 3 bzw.

$$Z = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi \cdot \varphi}} \tag{16}$$

Bei Schraubenbolzen mit Dehnschaft mit Innenbohrung ist anstelle von d_S in die Formeln (13) bis (15) der Ausdruck $\sqrt{d_S^2 - d^2}$ einzusetzen. Dabei ist d der Durchmesser der Innenbohrung.

8 Zuschläge

Bei Vollschaftschrauben ist für den Betriebszustand als Konstruktionszuschlag in Formel (13) einzusetzen

$$c_5 = 3 \text{ mm, wenn } Z \cdot \sqrt{\frac{F_{SB}}{K \cdot n}} \leq 20 \text{ mm} \tag{17}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

bzw.

$$c_5 = 1 \text{ mm, wenn } Z \cdot \sqrt{\frac{F_{SB}}{K \cdot n}} \geq 50 \text{ mm} \qquad (18)$$

Im Zwischenbereich ist linear zu interpolieren gemäß

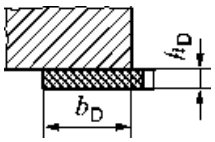
$$c_5 = \frac{65 - Z \cdot \sqrt{\frac{F_{SB}}{K \cdot n}}}{15}$$

Bei Schraubenbolzen mit Dehnschaft ist $c_5 = 0$ einzusetzen. Abweichend von AD 2000-Merkblatt B 0 können weitere Zuschläge entfallen.

Tafel 2 — Formänderungswiderstand K_D und $K_{D\vartheta}$ von metallischen Dichtungswerkstoffen

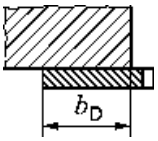
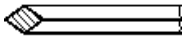
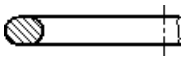
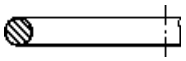
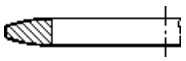
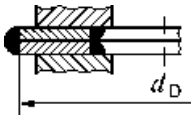
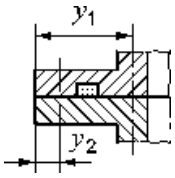
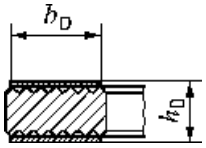
Dichtungswerkstoff	K_D	$K_{D\vartheta}$ in MPa				
	MPa	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
Aluminium, weich	100	40	20	(5)	–	–
Kupfer	200	180	130	100	(40)	–
Weicheisen	350	310	260	210	170	(80)
Stahl St 35	400	380	330	260	190	(120)
Leg. Stahl 13CrMo4-5	450	450	420	390	330	280
austenitischer Stahl	500	480	450	420	390	350
Zwischenwerte sind zu interpolieren.						

Tafel 1 — Dichtungskennwerte

Dichtungsart	Dichtungsform	Benennung	Werkstoff	Dichtungskennwerte[a g]					
				für Flüssigkeiten			für Gase und Dämpfe		
				Vorverformen[b]		Betriebszustand	Vorverformen[b]		Betriebszustand
				k_0 mm	$k_0 \cdot K_D$ N/mm	k_1 mm	k_0 mm	$k_0 \cdot K_D$ N/mm	k_1 mm
Weichstoffdichtungen		Flachdichtungen nach DIN EN 1514-1	Dichtungspappe getränkt	–	20 b_D	b_D	–	–	–
			Gummi	–	b_D	0,5 b_D	–	2 b_D	0,5 b_D
			PTFE[c]	–	20 b_D	1,1 b_D	–	25 b_D	1,1 b_D
		Expandierter Graphit ohne Metalleinlage	Graphit	–	–[f]	–[f]	–	25 b_D	1,7 b_D
		Expandierter Graphit mit Metalleinlage	Graphit	–	–[f]	–[f]	–	20 b_D	1,3 b_D
		Faserstoff ohne Asbest mit Bindemittel ($h_D < 1$ mm)	Faserstoff	–	–[f]	–[f]	–	40 b_D	2 b_D
		Faserstoff ohne Asbest mit Bindemittel ($h_D \geq 1$ mm)	Faserstoff	–	–[f]	–[f]	–	35 b_D	2 b_D
Metall-Weichstoffdichtungen		Welldichtring	Al	–	8 b_D	0,6 b_D	–	30 b_D	0,6 b_D
			Cu, Ms	–	9 b_D	0,6 b_D	–	35 b_D	0,7 b_D
			weicher Stahl	–	10 b_D	0,6 b_D	–	45 b_D	1 b_D
		Blechummantelte Dichtung	Al	–	10 b_D	b_D	–	50 b_D	1,4 b_D
			Cu, Ms	–	20 b_D	b_D	–	60 b_D	1,6 b_D
			weicher Stahl	–	40 b_D	b_D	–	70 b_D	1,8 b_D

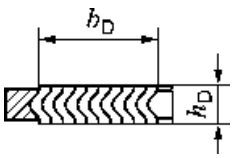
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

Dichtungsart	Dichtungsform	Benennung	Werkstoff	Dichtungskennwerte[a g]					
				für Flüssigkeiten			für Gase und Dämpfe		
				Vorverformen[b]		Betriebszustand	Vorverformen[b]		Betriebszustand
				k_0 mm	$k_0 \cdot K_D$ N/mm	k_1 mm	k_0 mm	$k_0 \cdot K_D$ N/mm	k_1 mm
Metalldichtungen		Metall-Flachdichtung	–	0,8 b_D	–	$b_D + 5$	b_D	–	$b_D + 5$
		Metall-Spießkantdichtung[h]	–		–			–	
		Metall-Ovalprofildichtung[h]	–		–			–	
		Metall-Runddichtung[h]	–		–			–	
		Ring-Joint-Dichtung[h]	–		–			–	
		Linsendichtung nach DIN 2696	–	1,6	–	6	2	–	6
		Membranschweißdichtung nach DIN 2695	–	0	–	0	0	–	0
O-Ring-Dichtung		Rundschnur-Ring[e]	Gummi und gummiähnliche Kunststoffe	0	–	0	0	–	0
Kammprofilierte Stahldichtungen, beidseitig mit weichen Auflagen		PTFE-Auflagen auf Weichstahl	PTFE	–	–[f]	–[f]	–	15 b_D	1,1 b_D
		PTFE-Auflagen auf nichtrostendem Stahl	PTFE	–	–[f]	–[f]	–	15 b_D	1,1 b_D
		Graphit-Auflagen auf Weichstahl	Graphit	–	–[f]	–[f]	–	20 b_D	1,1 b_D
		Graphit-Auflagen auf niedriglegiertem warmfestem Stahl	Graphit	–	–[f]	–[f]	–	15 b_D	1,1 b_D
		Graphit-Auflagen auf nichtrostendem Stahl	Graphit	–	–[f]	–[f]	–	20 b_D	1,1 b_D
		Silber-Auflagen auf warmfestem, nichtrostendem Stahl	Silber	–	–[f]	–[f]	–	125 b_D	1,5 b_D

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

Dichtungsart	Dichtungsform	Benennung	Werkstoff	Dichtungskennwerte[a g]					
				für Flüssigkeiten			für Gase und Dämpfe		
				Vorverformen[b]		Betriebszustand	Vorverformen[b]		Betriebszustand
				k_0 mm	$k_0 \cdot K_D$ N/mm	k_1 mm	k_0 mm	$k_0 \cdot K_D$ N/mm	k_1 mm
Spiraldichtungen mit weichem Füllstoff		PTFE-Füllstoff, einseitig mit Ring-Verstärkung	PTFE	–	–[f]	–[f]	–	50 b_D	1,4 b_D
		PTFE-Füllstoff, beidseitig mit Ring-Verstärkung	PTFE	–	–[f]	–[f]	–	50 b_D	1,4 b_D
		Graphit-Füllstoff, einseitig mit Ring-Verstärkung	Graphit	–	–[f]	–[f]	–	40 b_D	1,4 b_D
		Graphit-Füllstoff, beidseitig mit Ring-Verstärkung	Graphit	–	–[f]	–[f]	–	40 b_D	1,4 b_D

a Sie gelten für bearbeitete, ebene und unbeschädigte Dichtflächen. Abweichungen sind bei entsprechendem Nachweis möglich. Die Kennwerte sind als Mindestwerte anzusehen. Höhere Dichtungskennwerte nach Angaben des Dichtungsherstellers sind zu beachten.

b Sofern k_0 nicht angegeben werden kann, ist hier das Produkt $k_0 \cdot K_D$ aufgeführt.

c Polytetrafluoräthylen

d Die Werte gelten nicht für Kammprofildichtungen mit Auflage.

e Die Schraubenkräfte sind um das Verhältnis der Hebelarme y_1/y_2 zu erhöhen.

f Solange keine Dichtungskennwerte für Flüssigkeiten vorliegen, können die Dichtungskennwerte für Gase und Dämpfe verwendet werden.

g Die Umrechnung von Dichtungskennwerten kann gemäß den Vorgaben in Abschnitt 7.1.2.4 durchgeführt werden.

h Dichtungskennwerte und Montagehinweise sind vom Dichtungshersteller vorzugeben.

i d_D ist der Durchmesser der Dichtnaht.

Tafel 3.1 — Sicherheitsbeiwert S, Hilfswerte Z und φ für ein Verhältnis von Streckgrenze/Zugfestigkeit ≤ 0,8

Zustand und Gütewert	Werkstoffe mit bekannter Streckgrenze und Sicherheit gegen Streckgrenze bzw. $\sigma_{B/100000}$		Werkstoffe ohne bekannte Streckgrenze mit Sicherheit gegen Zugfestigkeit
	Bei Schraubenbolzen mit Dehnschaft z. B. nach DIN 2510	Bei Vollschaftschrauben	
Für den Betriebszustand	$S = 1{,}5$	$S = 1{,}8$	$S = 5{,}0$
Bei $\varphi = 0{,}75$ $\varphi = 1{,}00$	 $Z = 1{,}60$ $Z = 1{,}38$	 $Z = 1{,}75$ $Z = 1{,}51$	 $Z = 2{,}91$ $Z = 2{,}52$
Für den Einbau- und Prüfzustand	$S = 1{,}05$	$S = 1{,}26$	$S = 3{,}0$
Bei $\varphi = 0{,}75$ $\varphi = 1{,}00$	 $Z = 1{,}34$ $Z = 1{,}16$	 $Z = 1{,}46$ $Z = 1{,}27$	 $Z = 2{,}26$ $Z = 1{,}95$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3.2 — Sicherheitsbeiwert S, Hilfswerte Z und φ für ein Verhältnis von Streckgrenze/Zugfestigkeit > 0,8

Zustand und Gütewert	Werkstoffe mit bekannter Streckgrenze und Sicherheit gegen Streckgrenze bzw. $\sigma_{B/100000}$	
	Bei Schraubenbolzen mit Dehnschaft z. B. nach DIN 2510	Bei Vollschaftschrauben
Für den Betriebszustand	$S = 1{,}5$	$S = 1{,}8$
Bei $\varphi = 0{,}75$ $\varphi = 1{,}00$	 $Z = 1{,}60$ $Z = 1{,}38$	 $Z = 1{,}75$ $Z = 1{,}51$
Für den Einbau- und Prüfzustand	$S = 1{,}1$	$S = 1{,}3$
Bei $\varphi = 0{,}75$ $\varphi = 1{,}00$	 $Z = 1{,}37$ $Z = 1{,}18$	 $Z = 1{,}49$ $Z = 1{,}29$

9 Kleinster Schraubendurchmesser

Schrauben unter M 10 oder entsprechendem Gewindekerndurchmesser sind in der Regel nicht zulässig. In Sonderfällen (z. B. bei Schrauben für Armaturen) können auch kleinere Schrauben verwendet werden, jedoch darf M 6 oder ein entsprechender Gewindekerndurchmesser nicht unterschritten werden.

10 Schrifttum

[1] *Trutnovsky, K.:* Dichtungen; Werkstattbuch Nr. 92. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York

[2] *Schwaigerer, S.:* Festigkeitsberechnung im Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau. 4. Auflage (1983). Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York

[3] *Schwaigerer, S.:* Die Berechnung der Flanschverbindungen im Behälter- und Rohrleitungsbau. VDI-Z. **96** (1954) Nr. 7

[4] DIN EN 1591-1

[5] DIN EN 13445-3

[6] DIN EN 1591-4

[7] KTA 3211.2

[8] *Tückmantel, H. J.*: Haus der Technik Fachbuch: Dichtungstechnik im Anlagenbau, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage

[9] VDI 2200

[10] VDI 2440

[11] VDI 2230 Blatt 1

[12] PAS 1050-1/-2

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2015**

Berechnung von Druckbehältern	Flansche	AD 2000-Merkblatt B 8 korrigierte Fassung 11.2015

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Allgemeines	2
3	Formelzeichen und Einheiten	3
4	Berechnungsdruck	3
5	Berechnungstemperatur	3
6	Festigkeitskennwert	3
7	Sicherheitsbeiwert	3
8	Nachweisverfahren	4
9	Zuschläge	17
10	Schrifttum	17

Ersatz für Ausgabe Mai 2007; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe; ¦ = Korrektur

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für den Festigkeitsnachweis kreisförmiger Druckbehälterflansche aus Stahl, Stahlguss, Gusseisen und Nichteisenmetallen bis zu einem Innendurchmesser von 3600 mm.

Zusatzbeanspruchungen aus thermischen Einflüssen, z. B. aus örtlichen oder zeitlichen Temperaturgradienten, unterschiedlichen Wärmeausdehnungszahlen sowie äußeren Kräften, z. B. aus angeschlossenen Rohrsystemen, sind in diesem AD 2000-Merkblatt nicht vollständig erfasst und gegebenenfalls gesondert zu berücksichtigen (siehe auch Abschnitt 8.2 und AD 2000-Merkblatt B 7 Abschnitt 7.1.2).

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 und B 7 anzuwenden.

Im Zeitstandbereich und bei relevanten Abdichtproblemen sind, über die Festlegungen aus diesem Merkblatt hinaus, weitere Betrachtungen erforderlich.

2.2 Ausführung

2.2.1 Flansche können geschmiedet oder nahtlos gewalzt oder gegossen hergestellt oder aus Profilen bzw. Blechstreifen gebogen und stumpf geschweißt oder aus Blechen ausgeschnitten werden.

2.2.2 Vorschweißflansche und Vorschweißbunde (siehe Bild 1, 2, 5 und 12) dürfen nicht kreisförmig aus Blechen ausgeschnitten werden. Sollen sie aus Blechen hergestellt werden, so sind Streifen in Walzrichtung zu schneiden und so zu biegen, dass eine Blechoberfläche nach innen zur Flanschachse weist. Außerdem müssen die Blechstreifen auf Doppelungsfreiheit mit Ultraschall[1)] geprüft sein, wobei die Anforderungen des AD 2000-Merkblattes W 9, Abschnitt 4.3.5.1 zu erfüllen sind.

2.3 Konstruktionsregeln

2.3.1 Bei der Gestaltung der Flanschverbindung sind folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

2.3.1.1 Die Anzahl der Schrauben soll möglichst groß gewählt werden, sodass eine gleichmäßige und sichere Abdichtung gewährleistet ist. Die Schraubenteilung soll daher nicht größer als 5 d_L sein. Die Anzahl der Schrauben soll mindestens 4 betragen.

2.3.1.2 Der Hebelarm *a* der Schraubenkraft soll möglichst klein sein. Die Dichtung soll möglichst schmal ausgeführt und möglichst weit nach innen gelegt werden.

2.3.1.3 Der Radius r zwischen dem Flanschblatt und dem kegeligen oder zylindrischen Ansatz muss mindestens 6 mm betragen, soweit nicht Normflansche verwendet werden. Bei wenig verformungsfähigen Werkstoffen, deren Bruchdehnung δ_5 unter 10 % liegt, ist der Übergangsradius mindestens gleich der Zargenwanddicke auszuführen; er braucht jedoch 30 mm nicht zu übersteigen.

2.3.1.4 Bei der Wahl der Dichtung sind ihre mechanische und thermische Belastbarkeit sowie gegebenenfalls ihre chemische Beständigkeit zu berücksichtigen. Die Rücksprache mit den Dichtungsherstellern bzw. -lieferanten wird dabei empfohlen.

2.3.1.5 Hilfestellungen bei der Auswahl von Dichtungen und Schrauben bieten die Tafeln 1–3 im Abschnitt 8.

2.3.1.6 Ausführungsbeispiele von Schweißflanschen sowie Richtlinien für die Schweißnahtabmessungen können der Tafel 4 entnommen werden.

2.3.1.7 Aufschweißflansche dürfen nur bei Auslegungstemperaturen von max. 370 °C verwendet werden.

2.3.1.8 Bei relevanten Abdichtproblemen ist Abschnitt 2.4 zusätzlich zu beachten.

2.3.2 Bezüglich der Gestaltung der Flanschverbindungen siehe auch AD 2000-Merkblatt A 5, Abschnitt 3 (Verschlüsse).

1) Nach DIN EN 10160 bzw. DIN EN 10307 (Qualitätsklasse E3 in beiden Normen).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.4 Relevante Abdichtprobleme

2.4.1 Die Unterscheidung, ob ein relevantes oder nicht relevantes Abdichtproblem nach VDI 2200:2007 vorliegt, ist auf Basis folgender Gesichtspunkte zu treffen:

— Gefahrenanalyse,

— Gesetzliche Anforderungen, z. B. TA-Luft,

— Kundenspezifikationen mit definierten Leckageraten, insbesondere bei Medien Fluid-Gruppe 1,

— Einsatz im Zeitstandbereich.

2.4.2 Bei relevanten Abdichtproblemen ist für die Flanschverbindung (Flanschpaar/Schrauben/Dichtung) zusätzlich zum Festigkeitsnachweis ein Dichtheitsnachweis (Einhaltung von spezifischen Leckageraten bspw. nach TA-Luft/ VDI 2200/VDI 2440) erforderlich.

Dieser Nachweis kann rechnerisch oder durch Bauteilversuche erfolgen.

Ein rechnerischer Nachweis kann nach DIN EN 1591-1 durchgeführt werden.[2)]

2.4.3 Beim rechnerischen Dichtheitsnachweis sind die tatsächlich verwendeten Dichtungen mit den exakten Kennwerten nach den Angaben des Dichtungsherstellers zu berücksichtigen (ermittelte Kennwerte nach DIN EN 13555).

2.5 Montage

Anforderungen an die Qualifizierung der Befähigung von Montagepersonal werden in DIN EN 1591-4 genannt. Anforderungen an die Montage und Demontage von Flanschverbindungen sind im Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen des VCI genannt.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

d_F	Flankendurchmesser	mm
d_L	Schraubenlochdurchmesser	mm
h_A	Gesamthöhe eines Flansches	mm
h_E	Höhe eines Einlegeringes	mm
h_F	Höhe des Flanschblattes	mm
p_F	Flächenpressung	N/mm^2
s_F	Flanschdicke am Übergang	mm
s_1	Zargenwanddicke	mm
W	Flanschwiderstand	mm^3

4 Berechnungsdruck

Siehe hierzu AD 2000-Merkblatt B 0.

5 Berechnungstemperatur

Siehe hierzu AD 2000-Merkblatt B 0.

6 Festigkeitskennwert

Festigkeitskennwerte siehe AD 2000-Merkblatt B 0. Falls der Werkstoff des zylindrischen Anschlusses einen geringeren Festigkeitskennwert als der Flanschwerkstoff hat, ist die im Verhältnis der Festigkeitskennwerte reduzierte Wanddicke s_1 in die Berechnung einzusetzen.

7 Sicherheitsbeiwert

Siehe hierzu AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 7. Abweichend von den Abschnitten 1.1 und 1.2 der Tafel 3 des AD 2000-Merkblattes B 0 können für Grauguss bei der Flanschberechnung sowohl für den ungeglühten als auch für den geglühten bzw. emaillierten Zustand angewendet werden:

1) Sicherheitsbeiwert $S = 4{,}0$[3)]

2) Sicherheitsbeiwert beim Prüfdruck $S' = 3{,}0$[3)]

---

2) Alternativ: DIN EN 13445-3 Anhang G/GA und KTA 3211.2, A2.9/A2.10.

3) Diesen Werten liegt eine Untersuchung an genormten Festflanschen aus Gusseisen mit Lamellengraphit nach dem Bericht der MPA Stuttgart vom 21.11.1957 zugrunde. Bei abweichenden Flanschformen sind die Sicherheitsbeiwerte auf $S = 5{,}0$ bzw. $S' = 4{,}0$ zu erhöhen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8 Nachweisverfahren

8.1 Bei der Festigkeitsberechnung müssen die Teile einer Flanschverbindung (Flansche, Schrauben und Dichtung) stets in Abhängigkeit voneinander betrachtet werden. Die Flanschverbindung muss so bemessen sein, dass sie die Kräfte beim Zusammenbau unter Berücksichtigung der sich ergebenden Vorspannkräfte aufgrund des gewählten Anziehverfahrens und der Reibungsverhältnisse (Vorverformen der Dichtung) im Betrieb und im Prüfzustand aufnehmen kann. Ist der Prüfdruck PT > 1,43 PS, so ist die Berechnung auch für diesen Belastungsfall durchzuführen.

8.2 Standardflansche

Standardflansche nach DIN EN 1092-1 können ohne weitere Berechnung für Druckbehälter und Rohrleitungen verwendet werden, wenn sie sämtliche nachstehenden Bedingungen nach EN 13445-3, Abschnitt 11.4.2 erfüllen.

a) Unter normalen Betriebsbedingungen liegt der Berechnungsdruck unter dem in den Tabellen der DIN EN 1092-1 angegebenen Nenndruck für Flansch und Werkstoff bei Berechnungstemperatur.

b) Unter Prüfbedingungen oder außergewöhnlichen Bedingungen überschreitet der Berechnungsdruck nicht das 1,5-Fache des in den genannten Tabellen angegebenen Nenndrucks bei der entsprechenden Temperatur.

c) Die Dichtung ist nach Tafel 1 für den Flansch der betreffenden PN-Reihe oder Class zugelassen.

d) Die Schrauben gehören mindestens zu der Festigkeitskategorie (siehe Tafel 2), die als Mindestanforderung nach Tafel 1 für den in der Flanschverbindung verwendeten Dichtungstyp festgelegt ist.

e) Der Behälter ist überwiegend nichtzyklischen Belastungen ausgesetzt.

f) Die Differenz zwischen mittlerer Temperatur von Schrauben und Flansch überschreitet unter keinen Bedingungen 50 °C.

g) Bei unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Schrauben- und Flanschenwerkstoff (z. B. Flansche aus austenitischem und Schrauben aus ferritischem Stahl) beträgt die maximale Betriebstemperatur 120 °C. Bei Betriebstemperaturen > 120 °C darf die Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten von Schrauben- und Flanschwerkstoff 10 % nicht überschreiten.

Bei der Schrauben-/Mutternauswahl sind die Einschränkungen nach DIN EN 1515-4 in Verbindung mit AD 2000-Merkblatt HP 100 R / W 2 / W 7 zu berücksichtigen.

Tafel 3 bietet eine Hilfestellung bei der Auswahl der nach AD-2000 Merkblatt W 2 und W 7 geeigneten Schrauben.

Tafel 1 — Dichtungen für Standardflansche

PN-Reihen[1)]	Class[1)]	Dichtungstyp	Erforderliche Schraubenfestigkeitskategorie (siehe Tafel 2)
2,5 bis 16	–	— Weichstoff-Flachdichtung mit oder ohne Ummantelung	Geringe Festigkeit
25	150	— Weichstoff-Flachdichtung mit oder ohne Ummantelung	Geringe Festigkeit
		— Spiral-Metalldichtung mit Füllstoff — Ummantelte Wellmetalldichtung mit Füllstoff — Wellmetalldichtung mit oder ohne Füllstoff	Mittlere Festigkeit
40	–	— Weichstoff-Flachdichtung mit Ummantelung	Geringe Festigkeit
		— Spiral-Metalldichtung mit Füllstoff — Ummantelte Wellmetalldichtung mit Füllstoff — Wellmetalldichtung mit oder ohne Füllstoff	Mittlere Festigkeit
		— Ummantelte Metall-Flachdichtung mit Füllstoff — Metall-Kammprofil- oder -Flachdichtung	Hohe Festigkeit
63	300	— Weichstoff-Flachdichtung mit Ummantelung	Geringe Festigkeit
		— Spiral-Metalldichtung mit Füllstoff — Ummantelte Wellmetalldichtung mit Füllstoff — Wellmetalldichtung mit oder ohne Füllstoff	Mittlere Festigkeit
		— Ummantelte Metall-Flachdichtung mit Füllstoff — Metall-Kammprofil- oder -Flachdichtung — Metall-Runddichtung	Hohe Festigkeit

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 *(fortgesetzt)*

PN-Reihen[1)]	Class[1)]	Dichtungstyp	Erforderliche Schraubenfestigkeitskategorie (siehe Tafel 2)
100	600	— Weichstoff-Flachdichtung mit Ummantelung — Spiral-Metalldichtung mit Füllstoff — Ummantelte Wellmetalldichtung mit Füllstoff — Wellmetalldichtung mit oder ohne Füllstoff	Mittlere Festigkeit
		— Ummantelte Metallflachdichtung mit Füllstoff — Metall-Kammprofil- oder -Flachdichtung — Metall-Runddichtung	Hohe Festigkeit

1) Die PN- bzw. Class-Angaben in dieser Tabelle beschränken sich auf die in den EN-Normen für Stahlflansche aufgeführten Flansche bis PN 100 bzw. Class 600.

Tafel 2 — Schraubenfestigkeitskategorien

	Geringe Festigkeit	Mittlere Festigkeit	Hohe Festigkeit
$R_{p,Schraube}$ / $R_{p,Flansch}$	≥ 1	≥ 1,4	≥ 2,5

Tafel 3 — Auswahl der Werkstoffkombinationen von Schrauben und Muttern mit geeigneten Temperaturbereichen[a]

Zeilen-Nr.	PN[g]/Class[h] bis	Geeigneter Temperaturbereich °C	Werkstoffbezeichnung Kurzname/Festigkeitsklasse — Kurzzeichen	
			Schrauben	Muttern
1	PN 40 / Cl. 300	−10 bis 300	5.6[e]	5-2[d]
2	PN 40 / Cl. 300	−10 bis 300[i]	8.8[e]	8
3	alle	−60 bis 400[b]	25CrMo4 – KG	25CrMo4 – KG
4	alle	−40 bis 500[b]	42CrMo4 – GC	42CrMo4 – GC
5	alle	−10 bis 400	C35E+QT – YK	C35E+QT – YK C35E+N – Y
6	alle	−10 bis 400	35B2 – YB	C35E+QT – YK C35E+N – Y
7	alle[c]	−10 bis 500[b]	21CrMoV5-7 – GA	25CrMo4 – KG
8	alle[c]	−10 bis 500[b]	21CrMoV5-7 – GA	21CrMoV5-7 – GA
9	alle	−120 bis RT[c]	X12Ni5 – KB	X12Ni5 – KB
10	alle[c]	−10 bis 500[b]	X22CrMoV12-1 – V[j]	X22CrMoV12-1 – V[j]
11	alle[c]	−196 bis 650[b]	X6NiCrTiMoVB25-15-2[n] – SD	X6NiCrTiMoVB25-15-2[n] – SD
12	PN 40 / Cl. 300	−196 bis 400	A2-50[ek]	A2-50[ek]
13	PN 100 / Cl. 600	−196 bis 400	A2-70[ekm]	A2-70[ekm]
14	PN 40[d] / Cl. 300	−60[f] bis 400	A4-50[el]	A4-50[el]
15	PN 100 / Cl. 600	−60[f] bis 400	A4-70[elm]	A4-70[elm]

a Für geeignete Werkstoff-Kombination Schraubenwerkstoffverbindung zu Flanschwerkstoff siehe Abschnitt 8.2.
b Bei Anwendung im Zeitstandbereich sind gesonderte Betrachtungen erforderlich und mit der zuständigen Stelle abzustimmen.
c Für den kurzzeitigen Betrieb bei höheren Temperaturen gilt AD 2000-Merkblatt W 10 Tafel 3a.
d Die Verwendung von Automatenstahl ist unzulässig.
e Ausgangswerkstoff muss DIN EN 10269 entsprechen.
f −196 °C für Gewindebolzen.
g PN-Reihen nach DIN EN 1092-1.
h Class-Reihen nach DIN EN 1759-1.
i Bei Einsatz über 50 °C ist der Nachweis der Warmstreckgrenze zu erbringen.
j Kurzzeichen V für Werkstoff X22CrMoV12-1 nach DIN EN 10269 mit $R_{p0,2}$ ≥ 600 MPa (+QT 1).
k Titan-stabilisierte Werkstoffe z. B. 1.4541 werden mit „A3“ nach DIN EN ISO 3506-1 bezeichnet.
l Titan-stabilisierte Werkstoffe z. B. 1.4571 werden mit „A5“ nach DIN EN ISO 3506-1 bezeichnet.
m Für Schrauben ≤ M 39 oder 1 ½″.
n Nur mit Eignungsfeststellung entsprechend AD 2000-Merkblatt W 7 (Abschnitt 2.4).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.3 Die Berechnung von Flanschverbindungen aus runden Flanschen mit Dichtungen und Schrauben kann nach dem in der DIN EN 1591-1 enthaltenen Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung der dort angegebenen Anwendungsgrenzen erfolgen. Die Anwendung dieser Norm ermöglicht bei der Festigkeitsberechnung der Flanschverbindung neben der Berechnung der Beanspruchungen aus dem Druck die Berücksichtigung der Beanspruchungen aus dem Anziehverfahren, aus äußeren Lasten oder aus unterschiedlichen Temperaturen in den einzelnen Bauteilen und einen rechnerischen Dichtheitsnachweis.

8.4 Berechnung nach Standardverfahren

Die Berechnung von Flanschen entsprechend den Bildern 1, 2, 5, 6, 7, 8 und 10 erfolgt nach der Vornorm DIN 2505 (Januar 1986) unter Beachtung der dort angegebenen Präambel. Die Berechnung kann jedoch auch nach nachstehend aufgeführten Gleichungen erfolgen, die nach h_F aufgelöst und soweit möglich vereinfacht sind und die auch für Anwendungsfälle gelten, welche in den Normen nicht erfasst sind. In der Regel ergeben sich hierbei dickere Flanschblätter. Für die Berechnung der Schrauben gilt AD 2000-Merkblatt B 7. Die errechnete Höhe h_F des Flanschblattes muss am ausgeführten Bauteil vorhanden sein. Eindrehungen für normale Nut/Feder- oder Ring-Joint-Verbindungen brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Maßgebend für die Auslegung des Flansches ist der größte erforderliche Flanschwiderstand W, der sich aus den Gleichungen (1) und (2) ergibt.

Es gelten für den Betriebszustand

$$W = \frac{F_{SB} \cdot S}{K} \cdot a \tag{1}$$

und für den Einbauzustand

$$W = \frac{F_{DV} \cdot S'}{K_{20}} \cdot a_D \tag{2}$$

Die Gleichung (1) kann sinngemäß auch für den Prüfzustand angewandt werden.

8.4.1 Vorschweißflansche mit konischem Ansatz nach den Bildern 1 und 2

8.4.1.1 Flansche mit konischem Ansatz nach den Bildern 1 und 2 müssen in den Querschnitten A-A und B-B nachgerechnet werden. Die Dicke des Flanschansatzes s_F darf in die Gleichungen (4) und (7) mit höchstens 1/3 h_F eingesetzt werden. Im Übrigen werden die Berechnungsgrößen nach den Gleichungen (3) bis (5) gebraucht. Die rechnerische doppelte Flanschbreite beträgt

$$b = d_a - d_i - 2d'_L \tag{3}$$

mit d'_L nach Bild 3. Die Hilfswerte Z und Z_1 betragen

$$Z = (d_i + s_F) \cdot s_F^2 \tag{4}$$

$$Z_1 = \frac{3}{4} \cdot (d_i + s_1) \cdot s_1^2 \tag{5}$$

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

Für *Querschnitt A-A* (Bild 1)

Die erforderliche Höhe des Flanschblattes beträgt

$$h_F = \sqrt{\frac{1{,}27\ W - Z}{b}} \tag{6}$$

Für die Hebelarme der Schraubenkraft gelten für den Prüfdruck und den Betriebszustand

$$a = \frac{d_t - d_i - s_F}{2} \tag{7}$$

und für den Einbauzustand

$$a_D = \frac{d_t - d_D}{2} \tag{8}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

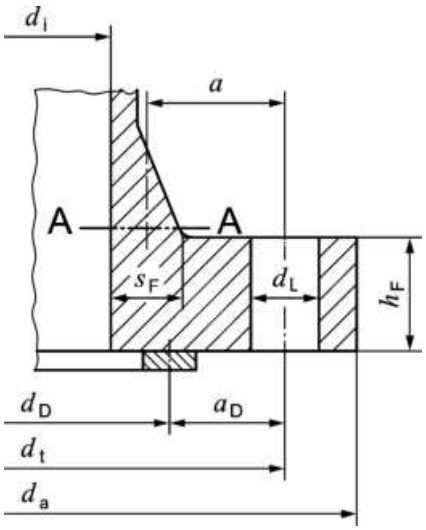


Bild 1 — Vorschweißflansch mit konischem Ansatz (Querschnitt A-A)

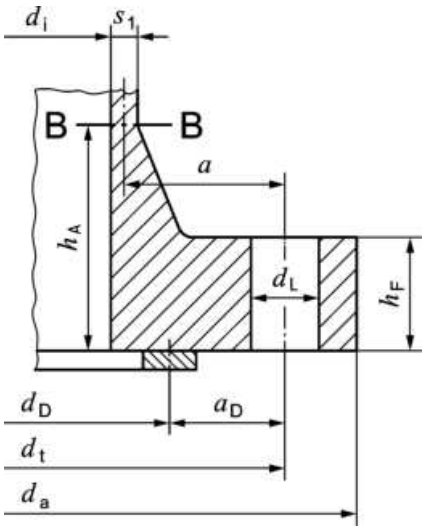


Bild 2 — Vorschweißflansch mit konischem Ansatz (Querschnitt B-B)

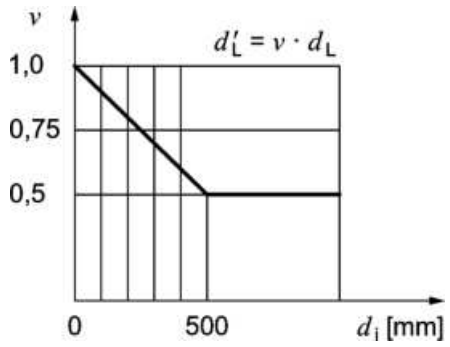


Bild 3 — Reduzierter Schraubenlochdurchmesser d'_L

Für den *Querschnitt B-B* (Bild 2)

Die Lösungen für den Querschnitt B-B gelten in folgenden Grenzen

$$0{,}5 \leq \frac{h_A - h_F}{h_F} \leq 1{,}0$$

$$0{,}1 \leq \frac{s_1 + s_F}{b} \leq 0{,}3$$

In allen anderen Fällen muss nach der Vornorm DIN 2505:1964-10, Gleichung (14 b) und (14 d), gerechnet werden. Die erforderliche Höhe des Flanschblattes beträgt

$$h_F = B \cdot \sqrt{\frac{1{,}27\,W - Z_1}{b}} \tag{9}$$

wobei der Hilfswert B nach folgender Formel

$$B = \frac{1 + \frac{2\,s_m}{b} \cdot B_1}{1 + \frac{2\,s_m}{b}\left(B_1^2 + 2\,B_1\right)} \tag{10}$$

oder aus dem Bild 4 unter Zuhilfenahme folgender Bestimmungsgrößen ermittelt werden kann

$$s_m = \frac{s_F + s_1}{2} \tag{11}$$

$$B_1 = \frac{h_A - h_F}{h_F} \tag{12}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

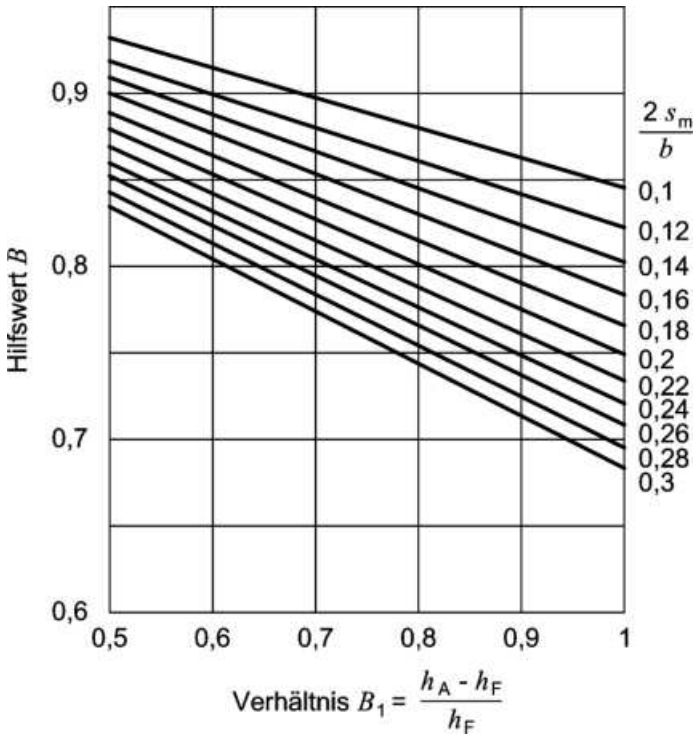


Bild 4 — Hilfswerte B nach Gleichung (10)

Für die Hebelarme der Schraubenkraft gelten für den Prüfdruck- und Betriebszustand

$$a = \frac{d_t - d_i - s_1}{2} \tag{13}$$

und für den Einbauzustand

a_D nach Gleichung (8).

8.4.1.2 Bei Flanschen mit größeren Nennweiten als 1000, deren Halshöhe $h_A - h_F$ mindestens 0,6 h_F und deren Ansatzdicke $s_F - s_1$ mindestens 0,25 h_F betragen, können statt der Gleichungen (6) und (9) für die Querschnitte A-A und B-B die Gleichungen (14) und (15) angewendet werden, die zu kleineren Abmessungen führen:

Für *Querschnitt A-A*

$$h_F = \sqrt{\frac{1{,}06\,W - 0{,}8\,Z}{b} + \left(\frac{0{,}05\,Z}{b \cdot s_F}\right)^2} - \frac{0{,}05\,Z}{b \cdot s_F} \tag{14}$$

und für *Querschnitt B-B*

$$h_F = B \cdot \sqrt{\frac{1{,}06\,W - 2\,Z_1}{b}} \tag{15}$$

Für die Hebelarme der Schraubenkraft gelten die Gleichungen (8) und (13).

8.4.2 Vorschweißbunde mit konischem Ansatz nach Bild 5

Die Berechnung erfolgt nach den Gleichungen (3) bis (15), wobei statt d_t der Wert für d_a und $d'_L = 0$ einzusetzen ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

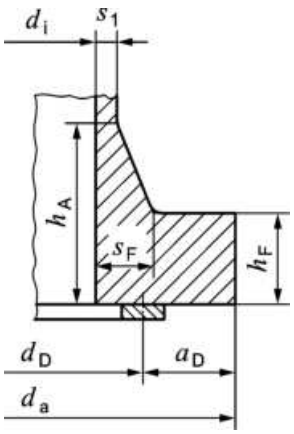


Bild 5 — Vorschweißbund mit konischem Ansatz

8.4.3 Aufschweißflansche nach den Bildern 6 und 7

Für die Berechnung der Aufschweißflansche nach den Bildern 6 und 7 werden Berechnungsgrößen nach den Gleichungen (16) bis (19) benötigt. Die Dicke s_1 darf nur mit höchstens 1/2 h_F in die folgenden Gleichungen eingesetzt werden. Die wirksame doppelte Flanschbreite beträgt

$$b = d_a - d_2 - 2d'_L \tag{16}$$

mit d'_L nach Bild 3. An Stelle von d_2 kann auch d_i gesetzt werden, wenn die Schweißnähte den Ausführungen 4 oder 5 der Tafel 1 entsprechen. Der Hilfswert Z beträgt

$$Z = (d_i + s_1) \cdot s_1^2 \tag{17}$$

Für die Hebelarme der Schraubenkraft gelten für den Prüfdruck und Betriebszustand

$$a = \frac{d_t - d_i - s_1}{2} \tag{18}$$

und für den Einbauzustand

$$a_D = \frac{d_t - d_D}{2} \tag{19}$$

Die erforderliche Höhe des Flanschblattes beträgt

$$h_F = \sqrt{\frac{1{,}42\,W - Z}{b}} \tag{20}$$

Die Abmessungen des verstärkten zylindrischen Ansatzes sollen etwa mit denen der DIN 28038 übereinstimmen.

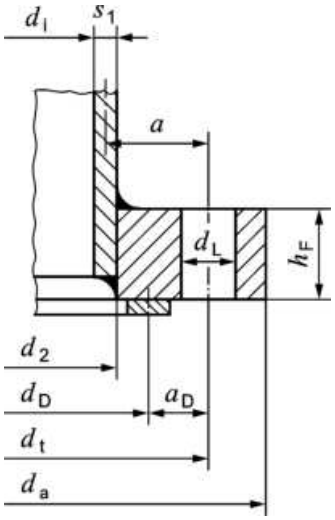


Bild 6 — Aufschweißflansch

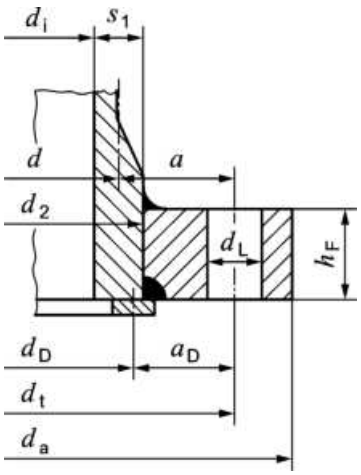


Bild 7 — Aufschweißflansch

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.4.4 Aufschweißbunde nach Bild 8

Die Berechnung erfolgt nach Abschnitt 6.4, wobei statt d_t der Wert für d_a und $d'_L = 0$ einzusetzen ist.

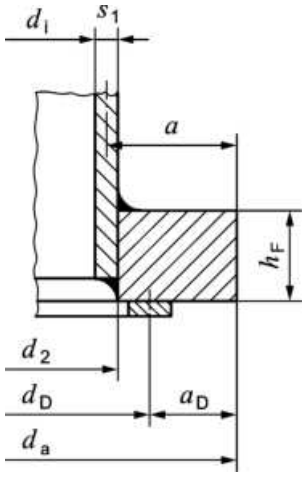


Bild 8 — Aufschweißbund

8.4.5 Nach innen liegende Aufschweißflansche nach Bild 9

Für die Berechnung nach innen liegender Aufschweißflansche nach Bild 9 werden die Berechnungsgrößen nach den Gleichungen (21) bis (26) benötigt. Die wirksame doppelte Flanschbreite beträgt

$$b = d - d_i - 2d'_L \tag{21}$$

mit d'_L nach Bild 3. Der Hilfswert Z beträgt

$$Z = (d + s_1) \cdot s_1^2 \tag{22}$$

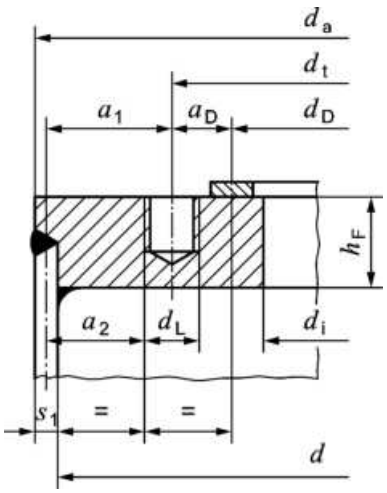
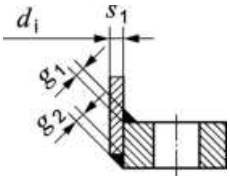
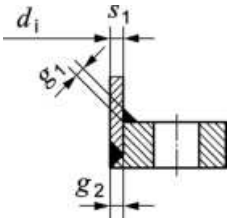
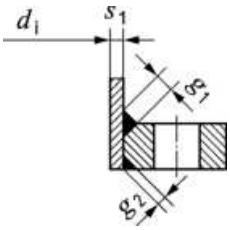
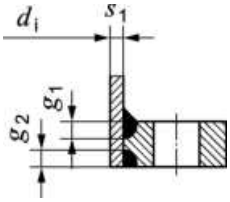
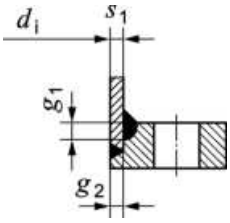


Bild 9 — Nach innen liegender Aufschweißflansch

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 4 — Anwendungsbereich verschiedener Aufschweißflansche

Nahtausführung	Schweißnahtdicke	Begrenzung $d_i \cdot p$ mm bar
1. 	$g_1 + g_2 \geq 1{,}4\ s_1$	10000
2. 	$g_1 + g_2 \geq 1{,}4\ s_1$	10000
3. 	$g_1 + g_2 \geq 2\ s_1$	20000
4. 	$g_1 + g_2 \geq 2\ s_1$	–
5. 	$g_1 + g_2 \geq 2\ s_1$	–
Der Unterschied zwischen g_1 und g_2 darf nicht mehr als 25 % betragen.		

Für die Hebelarme der Schraubenkraft gilt für den Prüfdruck und Betriebszustand

$$a = a_1 + a_2 \left(\frac{d^2}{d_D^2} - 1 \right) \tag{23}$$

mit

$$a_1 = \frac{d - d_t + s_1}{2} \tag{24}$$

$$a_2 = \frac{d - d_D + 2\,s_1}{4} \tag{25}$$

und für den Einbauzustand

$$a_D = \frac{d_t - d_D}{2} \tag{26}$$

Die erforderliche Höhe des Flanschblattes beträgt

$$h_F = \sqrt{\frac{1{,}42\,W - Z}{b}} \tag{27}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.4.6 Losflansche nach Bild 10

Für die Berechnung der Losflansche nach Bild 10 betragen die wirksame doppelte Flanschbreite

$$b = d_a - d_i - 2d'_L \tag{28}$$

mit d'_L nach Bild 3

und die Hebelarme für den Betriebs- bzw. Einbauzustand

$$a = a_D = \frac{d_t - d_4}{2} \tag{29}$$

Die erforderliche Höhe des Flanschblattes beträgt

$$h_F = \sqrt{1{,}27 \cdot \frac{W}{b}} \tag{30}$$

Die Flächenpressung zwischen Bund und Losflansch ist mit Hilfe der Gleichung (31) zu überprüfen:

$$p_F = 1{,}27 \frac{F_{SB}}{d_4^2 - d_i^2} \tag{31}$$

p_F darf den kleineren Festigkeitskennwert K nicht überschreiten.

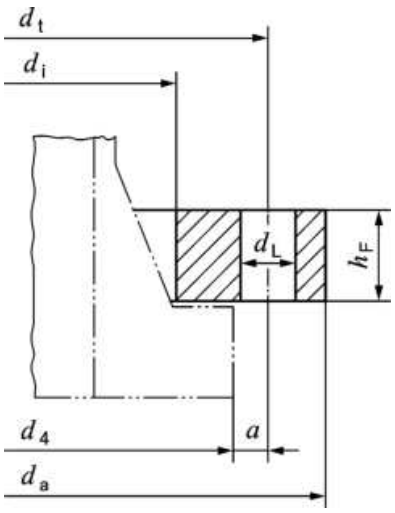


Bild 10 — Losflansch

8.4.7 Flansche für Klappschrauben nach Bild 11

Die Berechnung kann nach der Vornorm DIN 2505:1964-10 mit $d'_L = 0$ erfolgen.

Als Außendurchmesser ist d_a* einzusetzen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

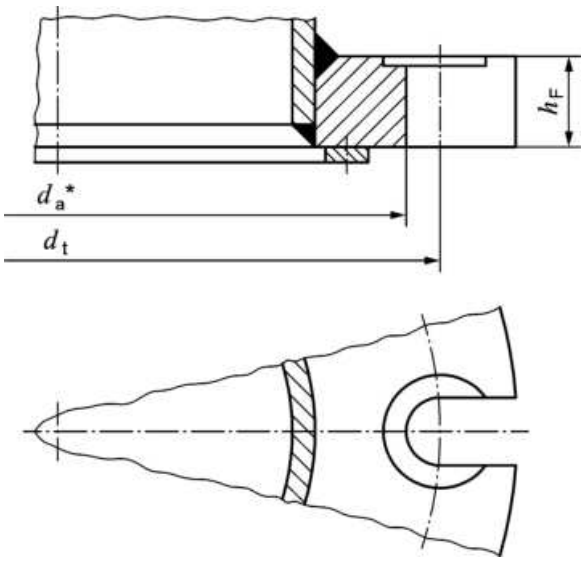


Bild 11 — Flansch für Klappschrauben

8.4.8 Flansche mit durchgehender Dichtung nach Bild 12

Der Hebelarm der Schraubenkraft beträgt für den Betriebszustand

$$a = \frac{d_t - d_i - s_1}{2} \tag{32}$$

und für den Einbauzustand

$a_D = 0$.

Die erforderliche Höhe des Flanschblattes beträgt

$$h_F = C \cdot \sqrt{\frac{2\,W}{d_t \cdot \pi - d_L \cdot n}} \tag{33}$$

wobei der Beiwert C aus der Tafel 2 zu entnehmen ist. Erfahrungsgemäß können sich bei dieser Ausführungsform bei höheren Drücken und größeren Dichtungsbreiten zunehmende Dichtungsschwierigkeiten ergeben.

Tafel 5 — Berechnungsbeiwert C für Flansche mit durchgehender Dichtung

Flanschform	Beiwert C
Vorschweißflansch	0,9
alle übrigen Flansche	1,1

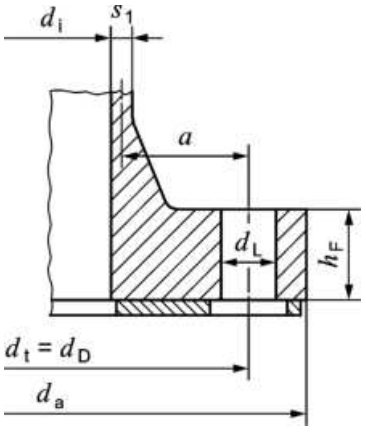


Bild 12 — Flansch mit durchgehender Dichtung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.4.9 Losflansch mit geteiltem Einlegering nach Bild 13

8.4.9.1 Der Flansch (Losflansch) ist nach Abschnitt 6.7, 6.11 oder 6.12 zu berechnen.

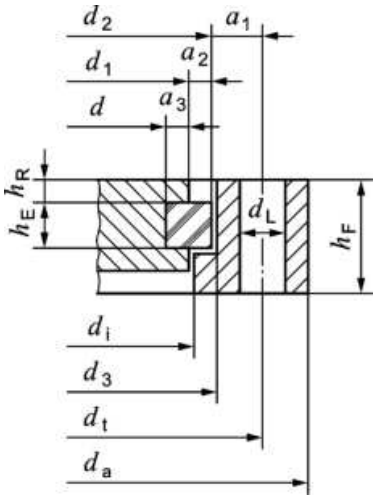


Bild 13 — Flansch mit geteiltem Einlegering

8.4.9.2 Der Einlegering ist auf Abscherung nach Gleichung (34), auf Biegung nach Gleichung (35) und auf Flächenpressung nach Gleichung (37) zu berechnen. Die Höhe des Einlegeringes h_E ist nach dem größten der sich aus den Gleichungen (34) und (35) ergebenden Werte zu bestimmen:

$$h_E = 0{,}4\,\frac{F_{SB}\cdot S}{d_1\cdot K} \tag{34}$$

$$h_E = \sqrt{1{,}91\cdot\frac{W}{d_1}} \tag{35}$$

Anstelle der Hebelarme *a* bzw. a_D ist in die Gleichungen (1) und (2) für den Flanschwiderstand W der Hebelarm

$$a_2 = \frac{d_2 - d_1}{2}\ \text{einzusetzen.} \tag{36}$$

Die Flächenpressung beträgt

$$p_F = 1{,}27\cdot\frac{F_{SB}}{d_1^2 - d^2} \tag{37}$$

Sie darf den kleineren Festigkeitskennwert nicht überschreiten.

8.4.9.3 Der durch h_R gekennzeichnete Querschnitt der Rohrplatte ist auf Biegung zu berechnen. Die Höhe des durch die Nut gebildeten Bundes am Rohrboden muss mindestens betragen

$$h_R = \sqrt{1{,}91\cdot\frac{W}{d}} \tag{38}$$

Als Hebelarm *a* bzw. a_D ist in die Gleichungen (1) und (2) für den Flanschwiderstand W

$$a_3 = \frac{d_1 - d}{2}\ \text{einzusetzen.} \tag{39}$$

Für die Nase am Losflansch gelten die gleichen Festlegungen sinngemäß.

Der durch h_R gekennzeichnete Querschnitt und die Nase am Losflansch sind auf Abscheren und Flächenpressung zu überprüfen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.4.10 Geteilte Losflansche nach Bild 14

Die Berechnung geteilter Losflansche nach Bild 14 wird nach Abschnitt 6.7 durchgeführt. Wegen des einmal geteilten Ringes müssen die Schraubenkräfte jedoch verdoppelt werden, sodass die erforderliche Höhe des Flanschblattes statt aus Gleichung (30) aus

$$h_F = \sqrt{2{,}54 \cdot \frac{W}{b}} \tag{40}$$

bestimmt werden muss.

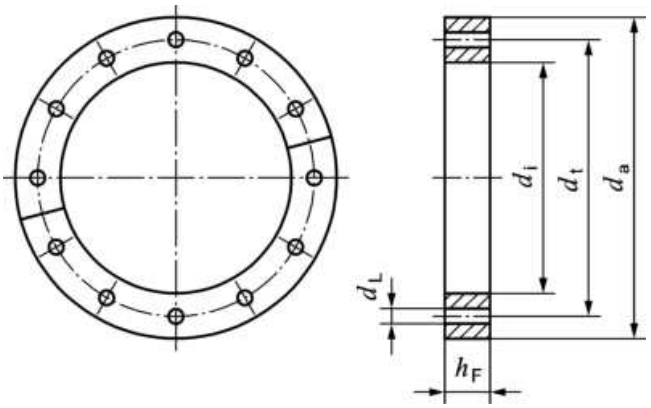


Bild 14 — Geteilter Losflansch (ein Ring)

8.4.11 Geteilte Losflansche nach Bild 15

Die Berechnung geteilter Losflansche nach Bild 15 wird nach Abschnitt 6.7 durchgeführt. Wegen des einmal geteilten Doppelringes mit um 90° versetzten Fugen müssen die Schraubenkräfte jedoch um 50 % erhöht werden, sodass die erforderliche Höhe des Flanschblattes statt aus Gleichung (30) aus

$$h_F = \sqrt{1{,}91 \cdot \frac{W}{b}} \tag{41}$$

bestimmt werden muss, wobei die Höhe jedes Flanschblattes (h_1, h_2) mindestens $\frac{h_F}{2}$ betragen muss.

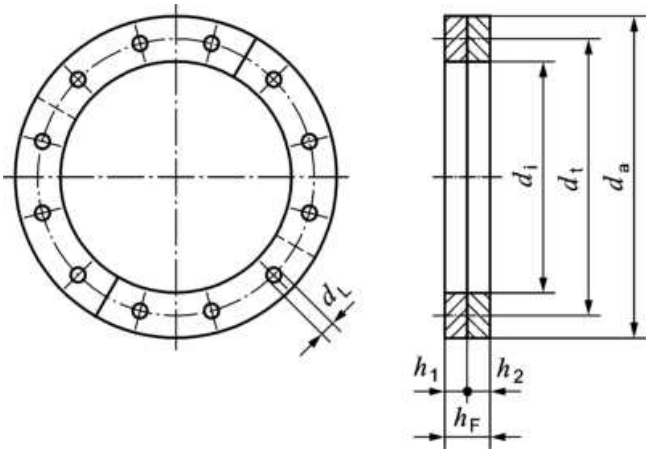


Bild 15 — Geteilter Losflansch (Doppelring mit versetzten Trennfugen)

8.4.12 Aufgeschraubte Flansche nach Bild 16

Für die Berechnung aufgeschraubter Flansche nach Bild 16 gilt

$$b = d_a - d_F - 2d'_L \tag{42}$$

Die Hebelarme für den Betriebs- bzw. Einbauzustand betragen

$$a = a_D = \frac{d_t - d_F}{2} \tag{43}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

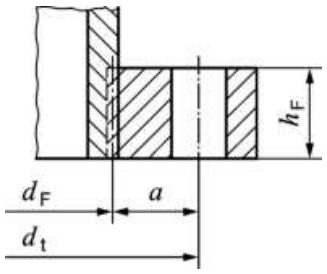


Bild 16 — Aufgeschraubter Flansch

Die erforderliche Dicke h_F des Flanschblattes wird nach Gleichung (30) ermittelt. Das Gewinde ist auf Abscheren wie folgt zu berechnen

$$\frac{K}{S} \geq \frac{2\,F_{SB}}{h_F \cdot \pi \cdot d_F} \tag{44}$$

8.5 Flanschblattneigung

Feste Flansche, die entsprechend den vorstehenden Gleichungen ausgelegt sind, genügen den Festigkeitsanforderungen. Es können jedoch z. B. bei Flanschen aus hochfesten Werkstoffen sowie bei Flanschen aus Nichteisenmetallen oder bei Flanschen größeren Durchmessers Dichtheitsschwierigkeiten wegen zu großer Schrägstellung des Flanschtellers auftreten. Es wird deshalb empfohlen, bei Weichstoffdichtungen und Metallweichstoffdichtungen die Flanschblattneigung φ in der Größenordnung von etwa 0,5 bis 1° zu begrenzen [4], Bild 17. Der Flansch muss dann unter Umständen dicker ausgeführt sein, als es aufgrund der Festigkeitsanforderungen notwendig wäre.

Die Flanschblattneigung infolge des Stülpmomentes im Einbauzustand M_E berechnet sich zu

$$\gamma = \frac{0{,}75 \cdot M_E\ (d_a + d_i)}{E_{20}\ \cdot (h_F + h_B) \cdot W} \cdot 57{,}3 \tag{45}$$

$$M_E = F_{DV} \cdot a_D \tag{46}$$

$E_{20} =$ E-Modul des Flanschwerkstoffes bei Raumtemperatur (20 °C)

$h_B =$ Rechengröße (Additivglied zur Flanschblattdicke bei der Ermittlung der Flanschblattneigung)

Die Formeln können sinngemäß auch für den Betriebszustand angewendet werden.

8.5.1 Flansche mit kegeligem Ansatz

Bei Flanschen mit kegeligem Ansatz gilt ferner:

$$h_B = 0{,}58 \cdot \left(\frac{d_i}{s_F}\right)^{0{,}29} \cdot h_A \tag{47}$$

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot \left[\left(d_a - d_i - 2 \cdot d'_L\right) \cdot h_F^2 + \left(d_i + s_F\right) \cdot \left(s_F^2 - \frac{s_1^2}{4}\right) \right] \tag{48}$$

8.5.2 Aufschweißflansche

Für Aufschweißflansche, bei denen das Rohr oder der Mantel ohne kegeligen Übergang an das Flanschblatt anschließt, ist

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot \left[\left(d_a - d_i - 2d'_L\right) h_F^2 + \frac{3}{4}\left(d_i + s_1\right) s_1^2 \right] \tag{49}$$

und es gilt:

$$h_B = 0{,}9 \cdot \sqrt{\left(d_i + s_1\right) s_1} \tag{50}$$

8.5.3 Losflansche

Bei Losflanschen gilt W nach Gleichung (39) aus dem Entwurf DIN 2505 Teil 1 (1990) und $h_B = 0$:

$$W = \frac{\pi}{4} \left(d_a - d_2 - 2d'_L\right) h_F^2 \tag{51}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.5.4 Gesamtneigungswinkel

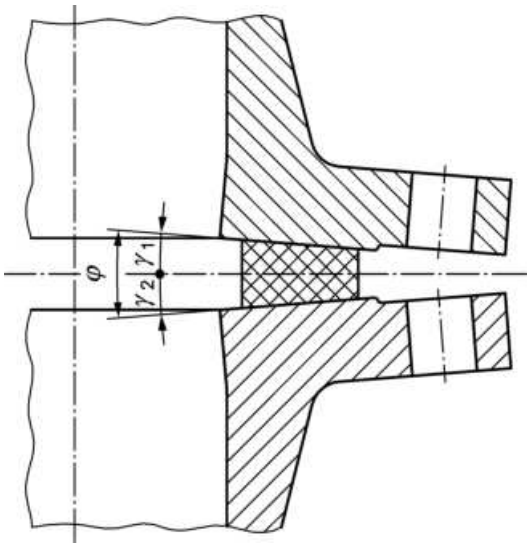


Bild 17 — Neigung der Flanschblätter (übertriebene Darstellung)

Der zulässige Gesamtneigungswinkel zwischen den zwei Flanschblättern φ ist die Summe der Neigungswinkel der einzelnen Flanschblätter gegen die Ebene senkrecht zur Flanschachse:

$$\varphi = \gamma_1 + \gamma_2 \tag{52}$$

9 Zuschläge

Zuschläge siehe AD 2000-Merkblatt B 0.

10 Schrifttum

[1] *Schwaigerer, S.*: Die Berechnung der Flanschverbindungen im Behälter- und Rohrleitungsbau. VDI-Z. **96** (1954) Nr. 1, S. 7/12

[2] *Haenle, S.*: Beiträge zum Festigkeitsverhalten von Vorschweißflanschen. Forschung auf dem Gebiet des Ingenieurwesens **23** (1957) H. 4, S. 113/34

[3] *Bühner, H.*, *Kopp, L.* u. *Schwarz, E.*: Das Festigkeitsverhalten von Apparateflanschen. VDI-Z. **107** (1965) Nr. 10, S. 445/55

[4] *Schwaigerer, S.*: Festigkeitsberechnung im Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau. 4. Auflage (1983), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York

[5] VDI-Richtlinie 2230. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf

[6] DIN EN 1591-4

[7] VCI-Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2010**

Berechnung von Druckbehältern	Ausschnitte in Zylindern, Kegeln und Kugeln	AD 2000-Merkblatt B 9 korrigierte Fassung 09.2016

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Allgemeines ... 2
3 Formelzeichen und Einheiten ... 5
4 Verschwächungen ... 6
5 Schrifttum ... 10
Anhang zum AD 2000-Merkblatt B 9 ... 20

Ersatz für Ausgabe März 2009; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe; ¦ Korrektur

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für runde Ausschnitte in Zylindern, Kegeln und Kugeln als Druckbehältermäntel für die Berechnung der erforderlichen Verstärkung innerhalb folgender Grenzen:

(1) $0{,}002 \le \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} \le 0{,}1$

(2) wenn $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} > 0{,}1$, gilt $\frac{D_a}{D_i} \le 1{,}7$ bzw. $\frac{D_a}{D_i} \le 2{,}0$ für $s_a \le 80$ mm (Zylinder)

(3) wenn $\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} > 0{,}1$, gilt $\frac{D_a}{D_i} \le 1{,}5$ (Kugel)

(4) wenn $0{,}002 > \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a}$, muss $\frac{d_i}{D_a} \le \frac{1}{3}$ sein

(5) Für Zylinder- und Kegelschalen, bei denen eine Berechnung mit der Zeitstandfestigkeit erfolgt oder eine Anwendung der AD 2000-Merkblätter S 1 oder S 2 erforderlich ist, z. B. bei hochfesten Stählen (Mindeststreckgrenze > 440 MPa bei 20 °C) oder hohen Lastwechselzahlen, bleibt der Anwendungsbereich dieses AD 2000-Merkblattes auf Durchmesserverhältnisse von $d_i/D_i \le 0{,}8$ beschränkt (Mindeststreckgrenze > 440 MPa bei 20 °C). Ausgenommen davon sind gesenk- oder aus dem Vollen geschmiedete Abzweige mit anschließender mechanischer Bearbeitung.

(6) Der Neigungswinkel für Ausschnitte in Längsrichtung in Zylinder- und Kegelschalen ist beschränkt auf $45° \le \psi_{AL} \le 90°$.

Zusätzliche äußere Kräfte und Momente sind in den Berechnungsregeln dieses AD 2000-Merkblattes nicht erfasst und müssen daher gegebenenfalls gesondert berücksichtigt werden. Auf die AD 2000-Merkblätter der Reihe S 3 wird verwiesen.

1.2 Bei Kegeln kann das AD 2000-Merkblatt B 9 nur dann angewendet werden, wenn die Wanddicke nach der Beanspruchung in der Umfangsrichtung dimensioniert wird (siehe AD 2000-Merkblatt B 2, Abschnitt 8.1.2).

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Bei Anwendung der in diesem AD 2000-Merkblatt angegebenen Berechnungsverfahren können sich beim Prüfdruck an den höchstbeanspruchten Stellen plastische Verformungen bis etwa 1 % ergeben. Daher ist auf die beanspruchungsgerechte Gestaltung (Vermeidung schroffer Querschnittsübergänge, Ausführung kerbfreier Schweißverbindungen unter Vermeidung überhöhter Schweißspannungen), insbesondere für hochfeste Stähle, besonderer Wert zu legen.

2.3 Die nachstehenden Berechnungsregeln können sinngemäß auch für solche spröden Werkstoffe angewendet werden, bei denen durch erhöhte Sicherheitsbeiwerte gegen Zugfestigkeit die auftretenden Spannungen klein gehalten werden.

2.4 Formen von Verstärkungen

Ausschnitte können durch

(1) Verstärkung der Grundschale,

(2) das externe Aufbringen von Scheiben,

(3) rohrförmig durch das Stutzenrohr

oder in Kombination der drei vorstehenden Methoden verstärkt werden. Dient ein Teil der Verstärkung auch einem anderen Zweck, z. B. durch eine Flanschfunktion, die Aufnahme einer externen Stutzenzusatzlast oder in Form eines Eckstoßes zwischen Zylinder- und Kegelschale, so sind beide Probleme festigkeitstechnisch zu entkoppeln.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.4.1 Verstärkter Grundkörper

Der Ausschnittverschwächung wird durch eine gegenüber der ungeschwächten Schale vergrößerte Wanddicke des Grundkörpers Rechnung getragen (Bilder 1, 2 und 2 a).

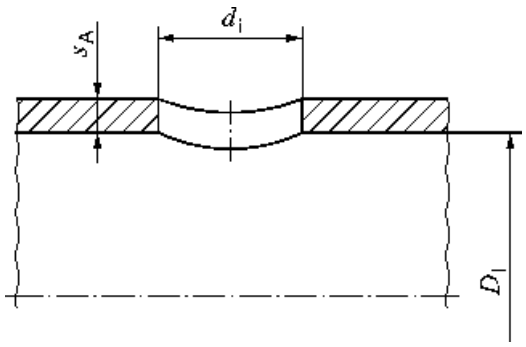


Bild 1 — Verstärkter zylindrischer Schuss

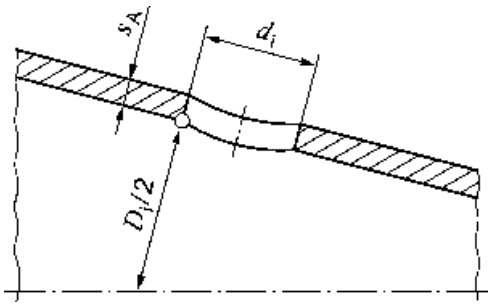


Bild 2 — Verstärkter kegeliger Schuss

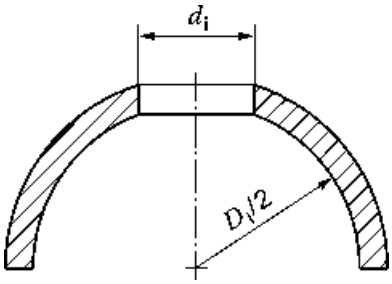


Bild 2 a — Verstärkter Boden

2.4.2 Scheibenförmige Verstärkung

Die Verstärkung erfolgt durch eine aufgesetzte oder eingesetzte Scheibe (Bilder 3 und 4).

Von innen aufgesetzte Scheiben sind möglichst zu vermeiden. Bei aufgesetzten Scheiben und Lastwechselbeanspruchung sollte die Berechnungstemperatur 250 °C nicht überschreiten.

Auf die formschlüssige Anpassung aufgesetzter Scheiben an die Grundschale ist zu achten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

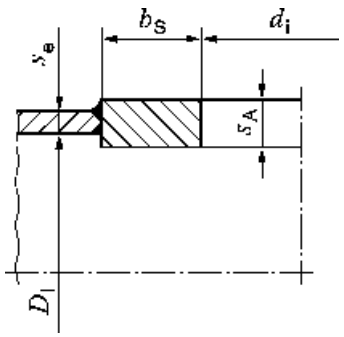


Bild 3 a — eingesetzte Verstärkung oder Blockflansch

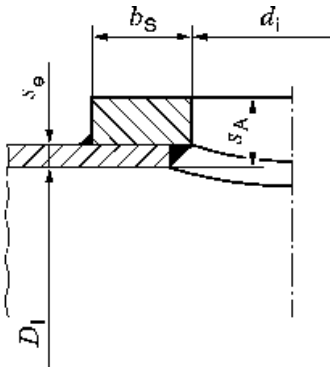
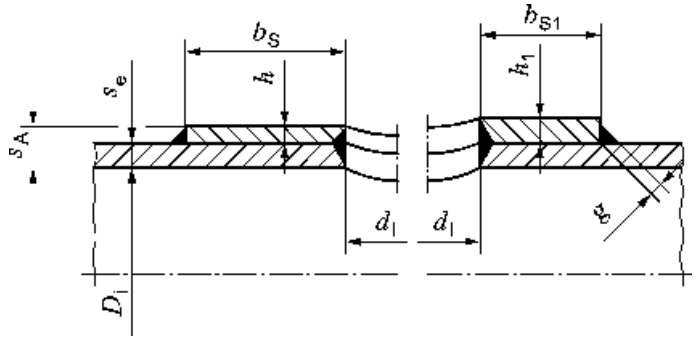


Bild 3 b — Blockflansch



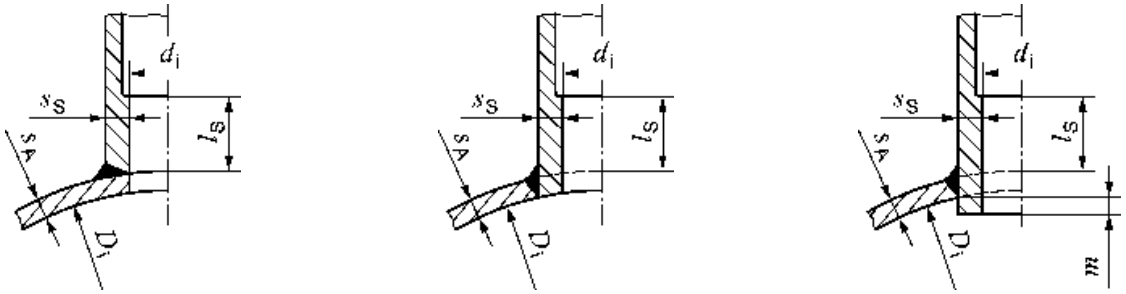
Ausführung nach Abschnitten 4.3.1 und 4.3.2

Ausführung nach Abschnitt 4.3.3

Bild 4 — Aufgesetzte Verstärkung

2.4.3 Rohrförmige Verstärkung

Die Verstärkung erfolgt durch das Stutzenrohr (Bilder 5 und 6).



Ausführung a) Ausführung b) Ausführung c)

Bild 5 — Rohrförmig verstärkter Ausschnitt

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

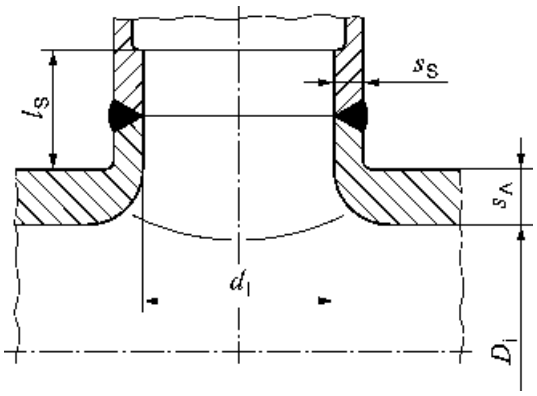
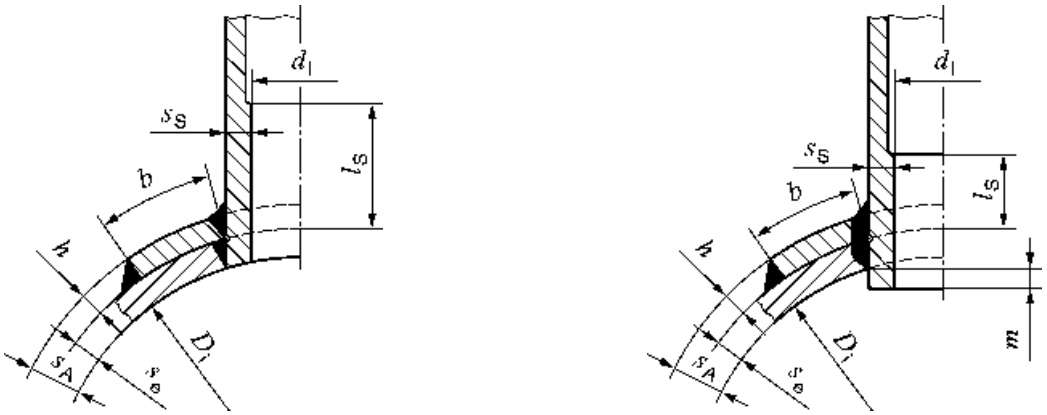


Bild 6 — Ausgehalster Ausschnitt

2.4.4 Scheiben- und rohrförmige Verstärkungen

Scheiben- und rohrförmige Verstärkungen können gemeinsam zur Ausschnittsverstärkung herangezogen werden (Bild 13).



Ausführung a) **Ausführung b)**

Bild 13 — Scheiben- und rohrförmige Verstärkung

2.5 Gestaltung und Bearbeitung der Ausschnitte

2.5.1 Ausschnitte sind nach Möglichkeit — insbesondere bei ungeglühten Teilen — außerhalb des Bereiches 3 s_e von der Schweißnaht entfernt anzuordnen. Liegen Ausschnitte in oder dicht neben Schweißnähten, so muss eine zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnaht im Bereich der Ausschnitte möglich sein.

2.5.2 An Rändern von Ausschnitten sind scharfe Kanten zu vermeiden.

2.5.3 Die Dicke der Kehlnaht g an einer scheibenförmigen Verstärkung soll mindestens 0,5 h betragen (Bild 4). Bei rohrförmigen Verstärkungen muss die tragende Schweißnahtdicke mindestens gleich der erforderlichen Dicke der dünneren angeschlossenen Wandung sein.

2.6 Die Werkstoffe des zu verstärkenden Mantels und der Verstärkung sollen möglichst gleiches Formänderungsverhalten aufweisen. Ist der Festigkeitskennwert für die Verstärkung kleiner als der entsprechende Wert für die zu verstärkende Wand, so ist dies, wie unter Abschnitt 4 angegeben, bei der Berechnung zu berücksichtigen. Ist der Festigkeitskennwert für die Verstärkung größer als der Festigkeitskennwert für die zu verstärkende Wand, so kann jener nicht ausgenutzt werden.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

b	mittragende Breite des Grundkörpers	mm
b_S	Breite einer scheibenförmigen Verstärkung	mm
f_S	Faktor zur Berücksichtigung der mittragenden Stutzenlänge	–
h	Höhe einer scheibenförmigen Verstärkung	mm
l	Steglänge zwischen zwei Stutzen	mm

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

l_S	mittragende Stutzenlänge	mm
$l_{S,\,neu}$	verringerte mittragende Stutzenlänge	mm
m	innerer Rohrüberstand	mm
s_A	erforderliche Wanddicke am Ausschnittsrand	mm
s_S	Stutzenwanddicke	mm
t	hier: Mittenabstand zweier Stutzen	mm
v_A	Faktor zur Berücksichtigung von Verschwächungen durch Ausschnitte	–
ψ_{AL}	Neigungswinkel des Stutzens in Längsrichtung	°
ψ_{AU}	Neigungswinkel des Stutzens in Umfangsrichtung	°

4 Verschwächungen

4.1 Berechnungsverfahren

Die Verschwächung durch Ausschnitte wird in der Regel durch Verschwächungsbeiwerte v_A berücksichtigt. Diese können für senkrechte Stutzen hinreichend genau den Bildern 7 a bis 7 e und 8 a bis 8 c entnommen werden. Die Wanddicke s_A in diesen Bildern ist die erforderliche Wanddicke, die iterativ ermittelt werden muss. Zwischenwerte sind zwischen den Kurvenscharen der einzelnen Bilder und zwischen den Bildern 7 a bis 7 e bzw. 8 a bis 8 c linear zu interpolieren.

Bei zylindrischen und kegeligen Grundkörpern mit einem Durchmesserverhältnis $d_i/D_i \leq 0{,}85$ darf auf eine Interpolation zwischen den Bildern 7 a bis 7 e verzichtet werden, wenn der v_A-Wert dem Bild entnommen wird, dessen s_A/D_i-Verhältnis kleiner als das vorhandene ist.

Bei kugeligem Grundkörper mit einem bezogenen Ausschnittsdurchmesser $d_i / \frac{D_i}{2} \leq 1{,}42$ darf auf eine Interpolation zwischen den Bildern 8 a bis 8 c verzichtet werden, wenn der v_A-Wert dem Bild entnommen wird, dessen $s_A / \frac{D_i}{2}$-Verhältnis kleiner als das vorhandene ist.

Ist der Festigkeitskennwert K für die Verstärkung kleiner als der entsprechende Wert für die zu verstärkende Wand, so ist bei der Ermittlung des v_A-Wertes nach den Bildern 7 und 8 bei scheibenförmigen Verstärkungen die Fläche des Verstärkungsquerschnittes und bei rohrförmigen Verstärkungen die Wanddicke des Stutzens im entsprechenden Verhältnis für den Rechnungsgang zu reduzieren.

Der nach den Bildern 7 bzw. 8 für Einzelstutzen oder nach Formel (9) für in Reihe angeordnete Stutzen ermittelte v_A-Wert ist anstelle des v-Wertes in die Formel (2) bzw. (3) des AD 2000-Merkblattes B 1 bzw. in die Formel (6) bzw. (8) sowie in die Bilder 3.1 bis 3.8 des AD 2000-Merkblattes B 2 zur Ermittlung der am Ausschnittsrand erforderlichen Wanddicke s_A einzusetzen, sofern $v_A < v$ ist. Die Ermittlung der Wanddicke des zylindrischen bzw. kugeligen bzw. kegeligen Grundkörpers außerhalb des Ausschnittsbereiches bleibt hiervon unberührt.

Die Berücksichtigung der Verschwächung geht auf die allgemein gültige Beziehung

$$\frac{p}{10}\left(\frac{A_p}{A_\sigma}+\frac{1}{2}\right) \leq \frac{K}{S} \qquad (1)$$

zurück, die auf einer Gleichgewichtsbetrachtung zwischen der druckbelasteten Fläche und der tragenden Querschnittsfläche beruht. Anstelle der Anwendung der Bilder 7 a bis 7 e und 8 a bis 8 c kann auch direkt nach Formel (1) vorgegangen werden. Die hiernach ermittelte Wanddicke darf jedoch nicht kleiner gewählt werden, als für die Behälterwand ohne Ausschnitte erforderlich ist. Die in Formel (1) einzusetzende druckbelastete Fläche A_p sowie die tragende Querschnittsfläche $A_\sigma = A_{\sigma 0} + A_{\sigma 1} + A_{\sigma 2}$ ergeben sich aus den Bildern 9 bis 12.

Als mittragende Längen dürfen höchstens eingesetzt werden für den Grundkörper b nach Formel (3) und für den Stutzen l_S nach Abschnitt 4.4.3. Bei einem nach innen überstehenden Stutzenteil kann nur der Anteil $l'_S \leq 0{,}5\, l_S$ als tragend in die Rechnung einbezogen werden. Die Bedingungen der Abschnitte 4.3.1, 4.3.2 und 4.4.2 sind zu beachten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

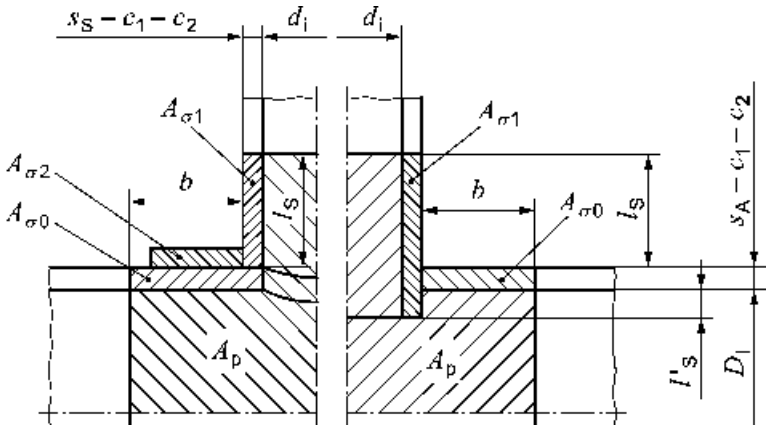


Bild 9 — Berechnungsschema für zylindrische Grundkörper

Ist der Festigkeitskennwert für die Verstärkung K_i kleiner als der entsprechende Wert für die zu verstärkende Wand, so ist die Bemessung aufgrund der Festigkeitsbedingung nach Formel

$$\sum_{i=0}^{n}\left(\frac{K_i}{S}-\frac{p}{20}\right)A_{\sigma i} \geq \frac{p}{10}A_p \qquad \text{für} \qquad K_0 \geq K_i \tag{2}$$

durchzuführen.

Die Formel (2) ermöglicht darüber hinaus die generelle Betrachtung des Kräftegleichgewichtes am Ausschnitt.

Das gewählte Berechnungsverfahren ist in den Unterlagen anzugeben.

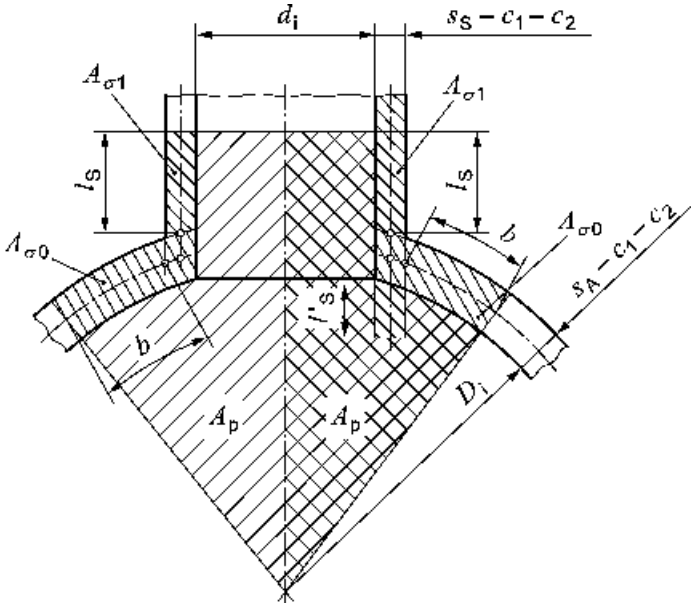


Bild 10 — Berechnungsschema für kugelige Grundkörper

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

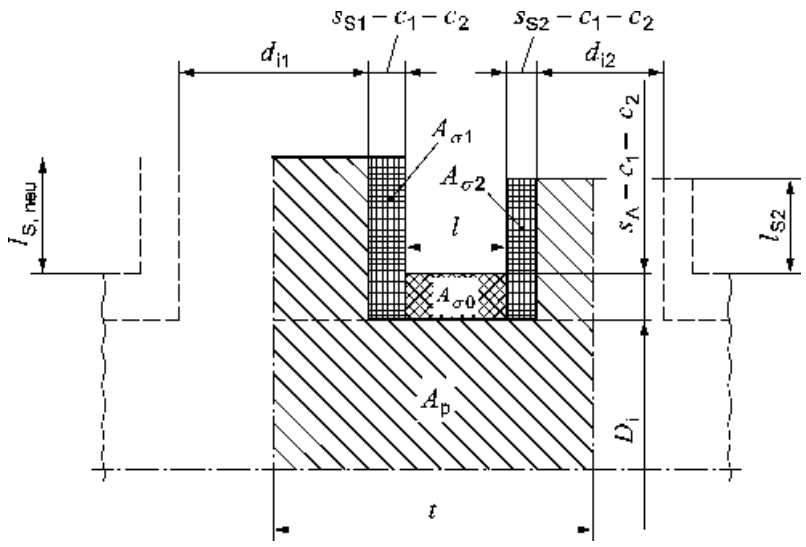


Bild 11 — Berechnungsschema für in Zylinderlängsrichtung benachbarte Ausschnitte

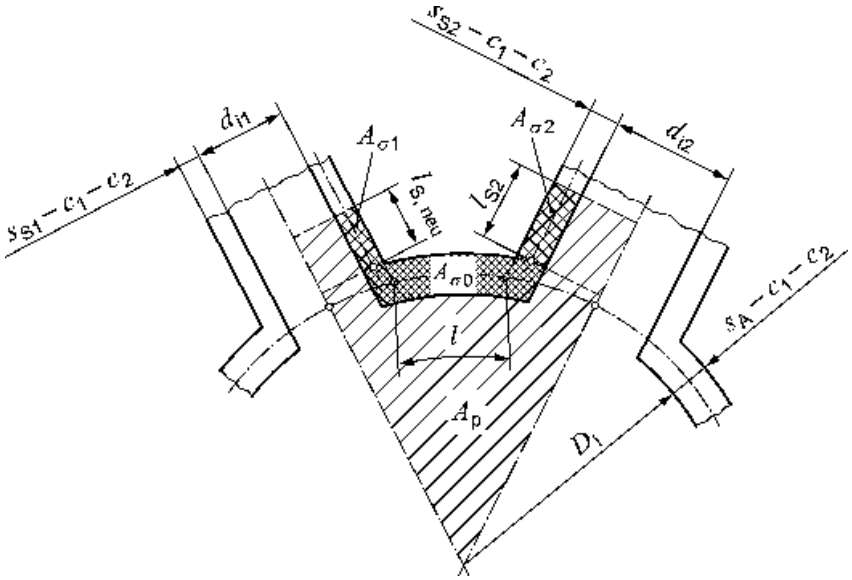


Bild 12 — Berechnungsschema für benachbarte Ausschnitte in Umfangsrichtung des Mantels oder bei Kugeln

4.2 Verstärkte Grundkörper

Bei Ausschnitten nach den Bildern 1 und 2 ist der Verschwächungsbeiwert v_A der unteren Kurve aus den Bildern 7 und 8 zu entnehmen.

4.3 Scheibenförmige Verstärkungen

4.3.1 Falls die ausgeführte Wanddicke s_e des Mantels oder der Kugel geringer ist als die erforderliche Wanddicke am Ausschnitt s_A, dann genügt es, wenn die Wanddicke s_A in einer Breite von

$$b = \sqrt{(D_i + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)} \tag{3}$$

mindestens jedoch 3 s_A, um den Ausschnitt vorhanden ist (Bilder 3 und 4).

4.3.2 Die Dicke s_A darf höchstens mit 2 s_e in die Rechnung eingesetzt werden. Von außen aufgesetzte Scheiben sollten möglichst nicht dicker als s_e ausgeführt werden (ausgenommen Blockflansche).

4.3.3 Die Scheibenbreite kann auf das Maß b_{S1} verringert werden, wenn gleichzeitig die Scheibenhöhe auf h_1 nach folgender Bedingung erhöht wird

$$b_{S1} \cdot h_1 \geq b_S \cdot h \tag{4}$$

Hierbei sind die Grenzen der Abschnitte 4.3.1 und 4.3.2 zu beachten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.4 Rohrförmige Verstärkungen

4.4.1 Für rohrförmige Verstärkungen nach den Bildern 5 und 6 ist der Verschwächungsbeiwert v_A den Bildern 7 und 8 für das Wanddickenverhältnis

$$\frac{s_S - c_1 - c_2}{s_A - c_1 - c_2}$$

zu entnehmen. Bei durchgesteckten Stutzen nach Bild 5 Ausführung c) kann die Stutzenwanddicke gegenüber Abschnitt 4.4.1 um 20 % dünner ausgeführt werden, wenn der innere Rohrüberstand $m \geq s_S$ ist.

Die Wanddicke s_A am Ausschnitt muss in einer nach Formel (3) zu berechnenden Breite, mindestens jedoch in einer Breite von 3 s_A, um den Ausschnitt vorhanden sein.

Werden bei ausgehalsten Abzweigen die druckbelasteten Flächen A_p und die tragenden Querschnittsflächen A_σ wie bei aufgeschweißten oder durchgesteckten Abzweigen ermittelt, d. h. ohne Berücksichtigung der Aushalsungsradien, sind die tragenden Querschnittsflächen A_σ mit 0,9 zu multiplizieren, um den Querschnittsverlust bei der üblichen Formgebung zu berücksichtigen. Im Fall der exakten Ermittlung der Flächen A_p und A_σ (z. B. durch Planimetrierung) braucht der Faktor 0,9 nicht angewendet zu werden.

4.4.2 Das Wanddickenverhältnis soll sein

$$\frac{s_S - c_1 - c_2}{s_A - c_1 - c_2} \leq 2{,}0 \tag{5}$$

4.4.3 Als mittragende Länge l_S darf für Stutzen eingesetzt werden:

$$l_S = f_S \cdot \sqrt{(d_i + s_S - c_1 - c_2) \cdot (s_S - c_1 - c_2)} \tag{6}$$

mit

$f_S = 1{,}25$ für Zylinder- und Kegelschalen mit senkrechtem Abzweig;

$f_S = 1 + 0{,}25 \cdot \frac{\Psi_{AL}}{90°}$ bzw. $f_S = 1 + 0{,}25 \cdot \frac{\Psi_{AU}}{90°}$ für Zylinder- und Kegelschalen mit schrägem Abzweig;

$f_S = 1$ für Kugelschalen.

Die Stutzenlänge kann auf das Maß $l_{S,\,neu}$ verringert werden, wenn die Wanddicke des Stutzens s_S gleichzeitig auf s_{S1} unter Beachtung des Abschnitts 4.4.2 nach folgender Bedingung erhöht wird:

$$l_{S,\,neu} \cdot s_{S1} \geq l_S \cdot s_S \tag{7}$$

4.5 Scheiben- und rohrförmige Verstärkungen

Die Berechnung erfolgt unter gleichzeitiger Anwendung der Abschnitte 4.3 und 4.4.

4.6 Gegenseitige Beeinflussung von Ausschnitten

4.6.1 Eine gegenseitige Beeinflussung kann vernachlässigt werden, wenn der Abstand

$$l \geq 2 \cdot \sqrt{(D_i + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)} \tag{8}$$

ist (siehe Bilder 11 und 12).

4.6.2 Genügt der Abstand l nicht der Formel (8), so ist zu prüfen, ob der zwischen den Ausschnittsrändern verbleibende Restquerschnitt die auf ihn entfallende Belastung zu tragen vermag. Dies ist der Fall, wenn Formel (1) bzw. (2) erfüllt ist.

4.6.3 Bei in Reihe angeordneten Ausschnitten mit volltragend angeschlossenen Rohren oder Nippeln, deren Wanddicke nur nach der Innendruckformel bemessen ist, kann zur Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung der Ausschnitte als Verschwächungsbeiwert vereinfachend

$$v = \frac{t - d_i}{t} \tag{9}$$

in die Rechnung eingesetzt werden.

Bei nicht volltragend angeschlossenen Rohren oder Nippeln ist d_a statt d_i in die Formel (9) einzusetzen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.7 Berechnungsverfahren für schräge Abzweige

Schräge Stutzen sind auch nach Formel (1) bzw. (2) zu untersuchen, unter Beachtung der nachfolgenden Besonderheiten:

(1) Für Zylinder- und Kegelschalen mit geneigten Stutzen in Längsrichtung erfolgt eine getrennte Betrachtung der Bereiche I und II (siehe Bild 14).

(2) Für Zylinder- und Kegelschalen mit geneigten Stutzen in Umfangsrichtung erfolgt eine getrennte Betrachtung des Umfangsschnittes sowie des Längsschnittes A-A (siehe Bild 14).

(3) Die Kombination aus (1) und (2) ist möglich und bedingt die Untersuchung von 3 Schnitten (Bereich I, Bereich II, Umfang).

(4) Für Kugelschalen mit geneigten Stutzen ist nach Bild 15 zu verfahren.

5 Schrifttum

[1] *Schwaigerer, S.*: Festigkeitsberechnung von Abzweigstücken unter Innendruck. Tech. Überwach. 9 (1968) Nr. 11, S. 372–377.

[2] *Siebel, E.* u. *S. Schwaigerer*: Das Rechnen mit Formdehngrenzen. VDI-Z 90 (1948) Nr. 11, S. 335–341.

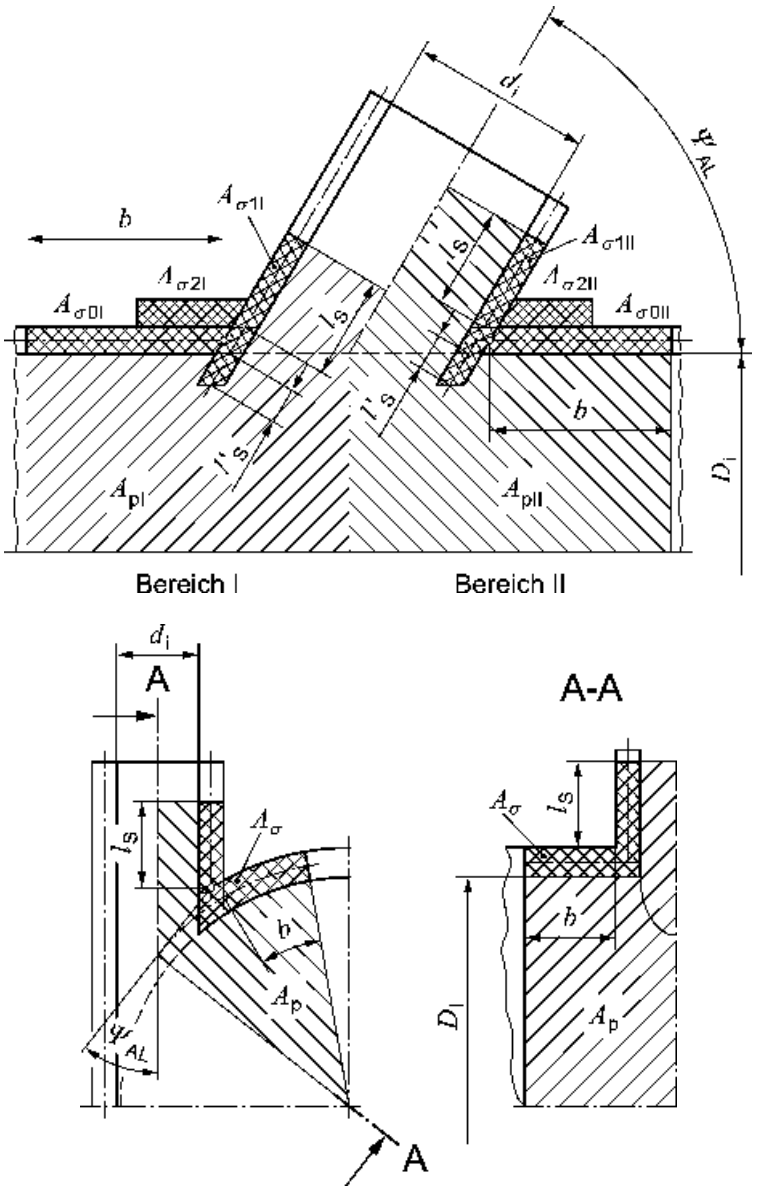


Bild 14 — Beanspruchungsschema für eine Zylinderschale mit schrägem Abzweig

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

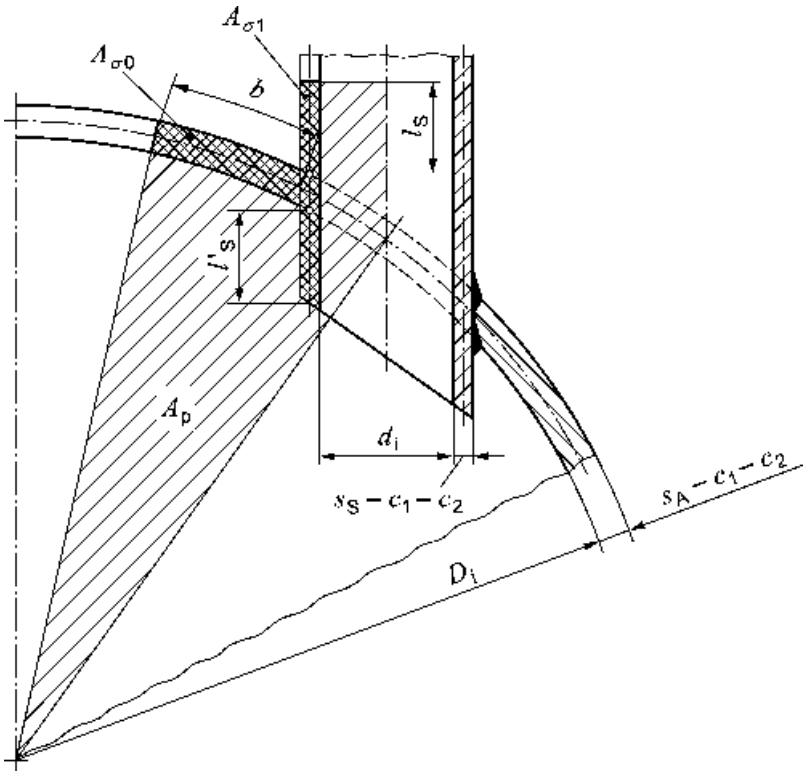


Bild 15 — Beanspruchungsschema einer Kugelschale mit nicht senkrechtem Abzweig

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

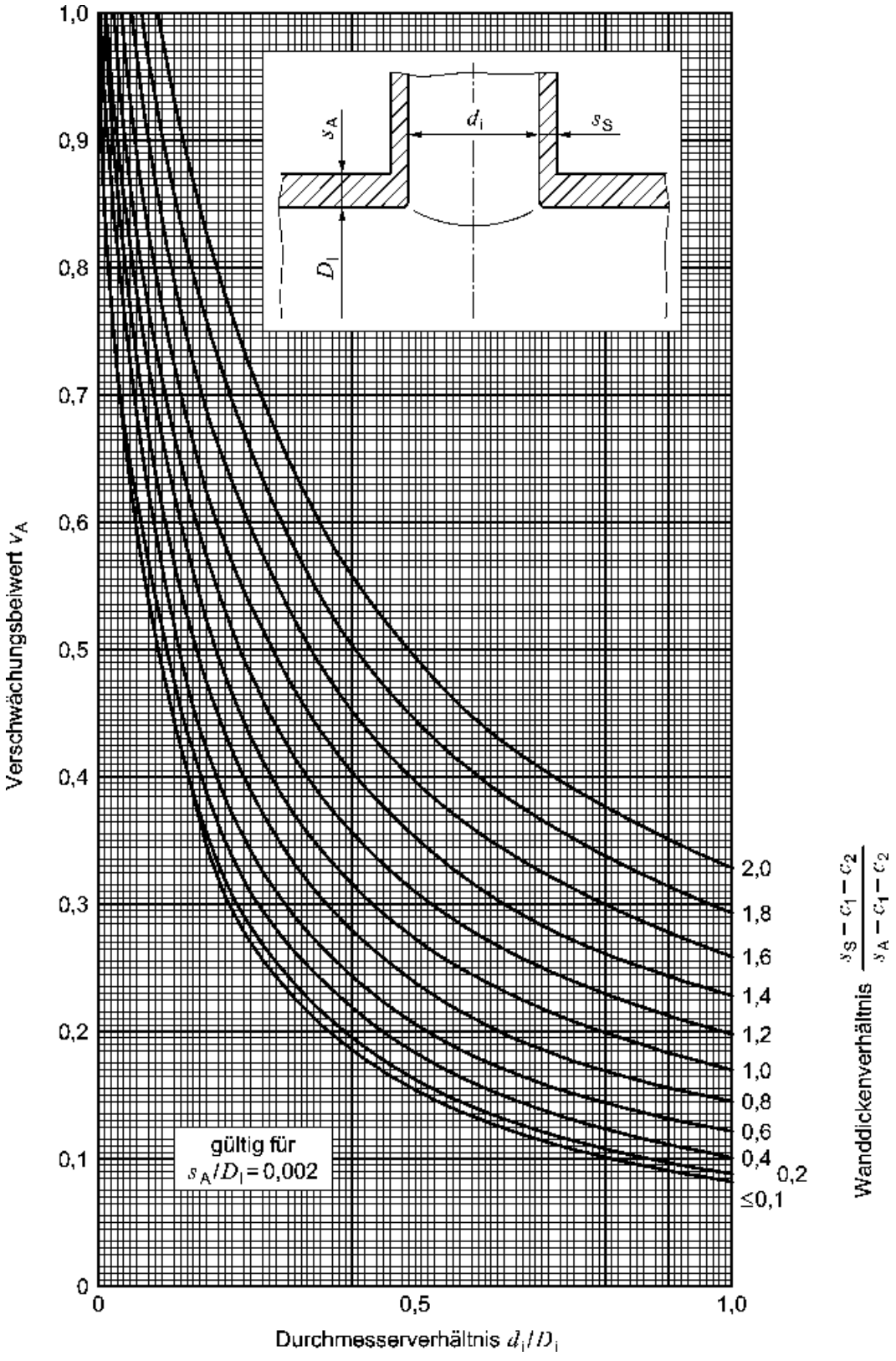


Bild 7 a — Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern ($S_A/D_i = 0{,}002$)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

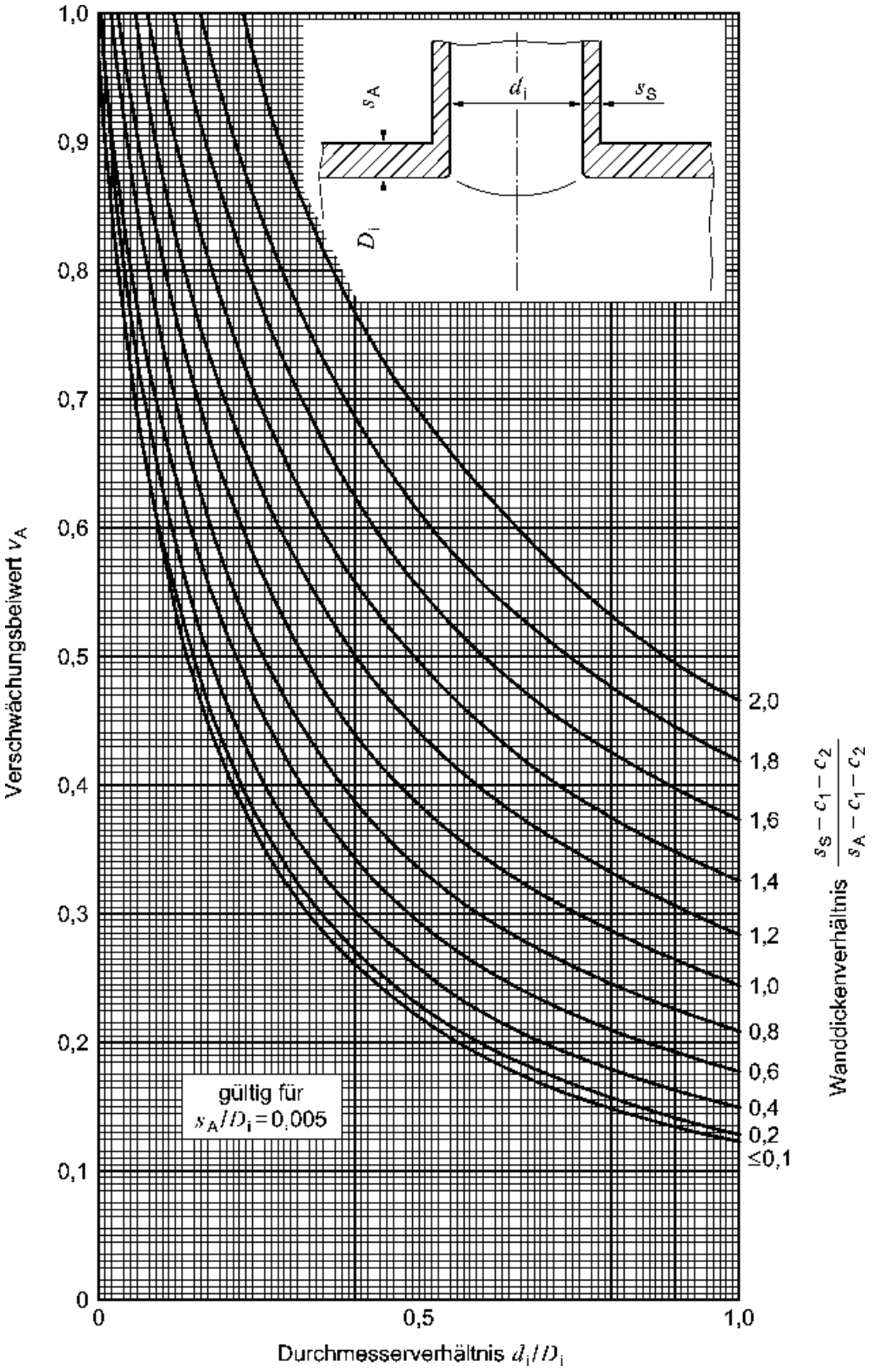


Bild 7 b — Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern (S_A/D_i = 0,005)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

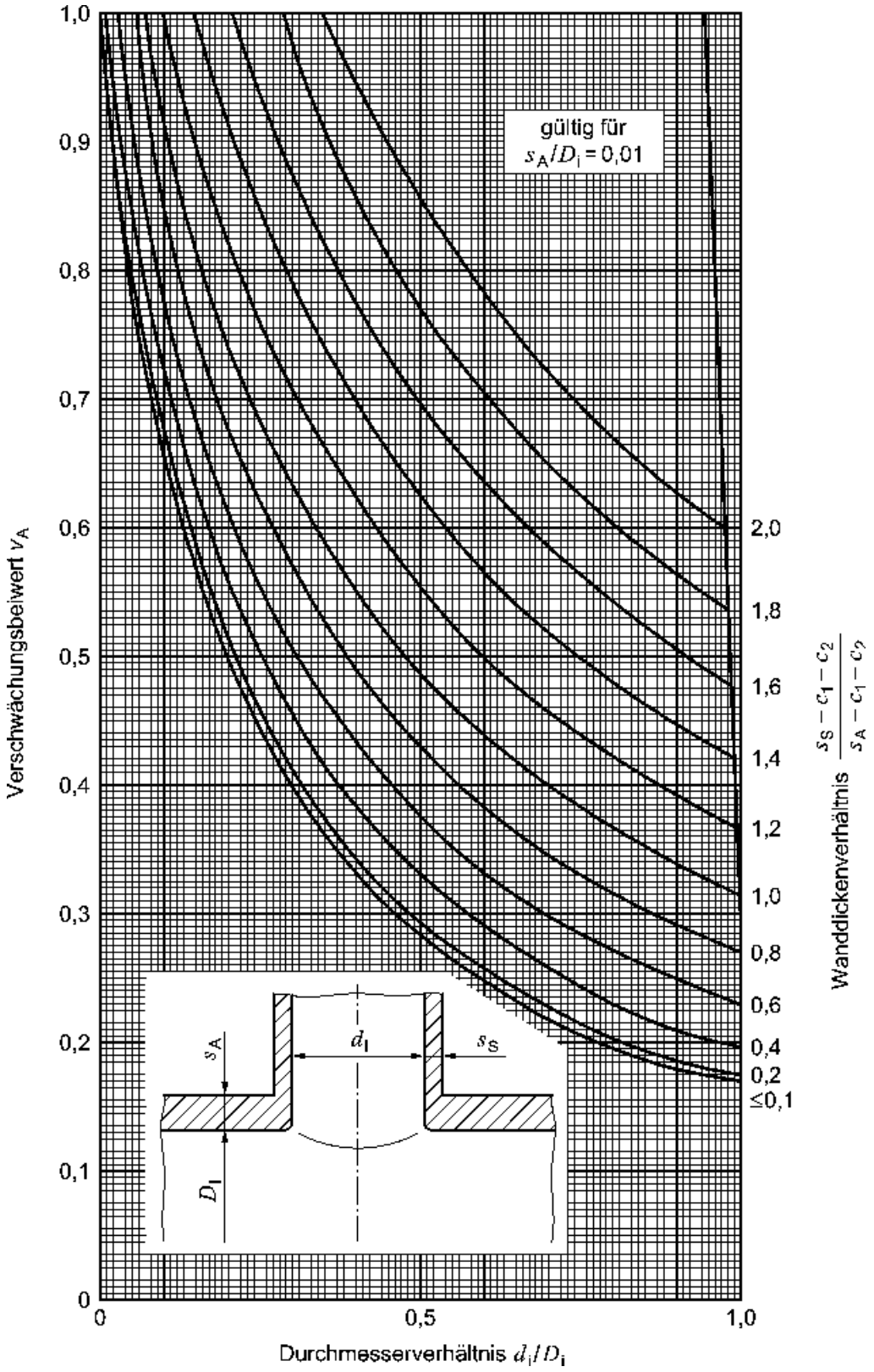


Bild 7 c — Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern ($S_A/D_i = 0{,}01$)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

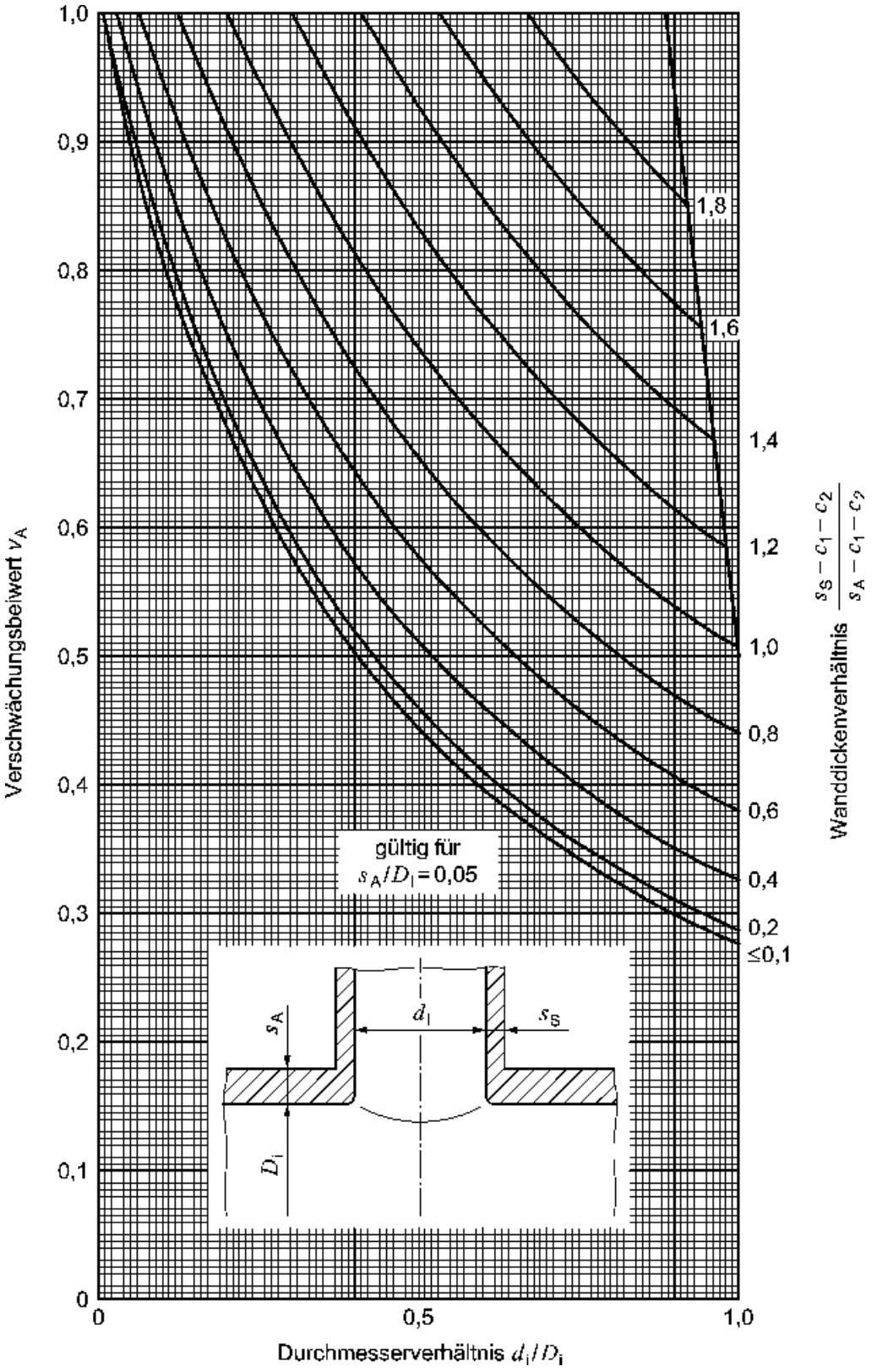


Bild 7 d — Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern ($S_A/D_i = 0{,}05$)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

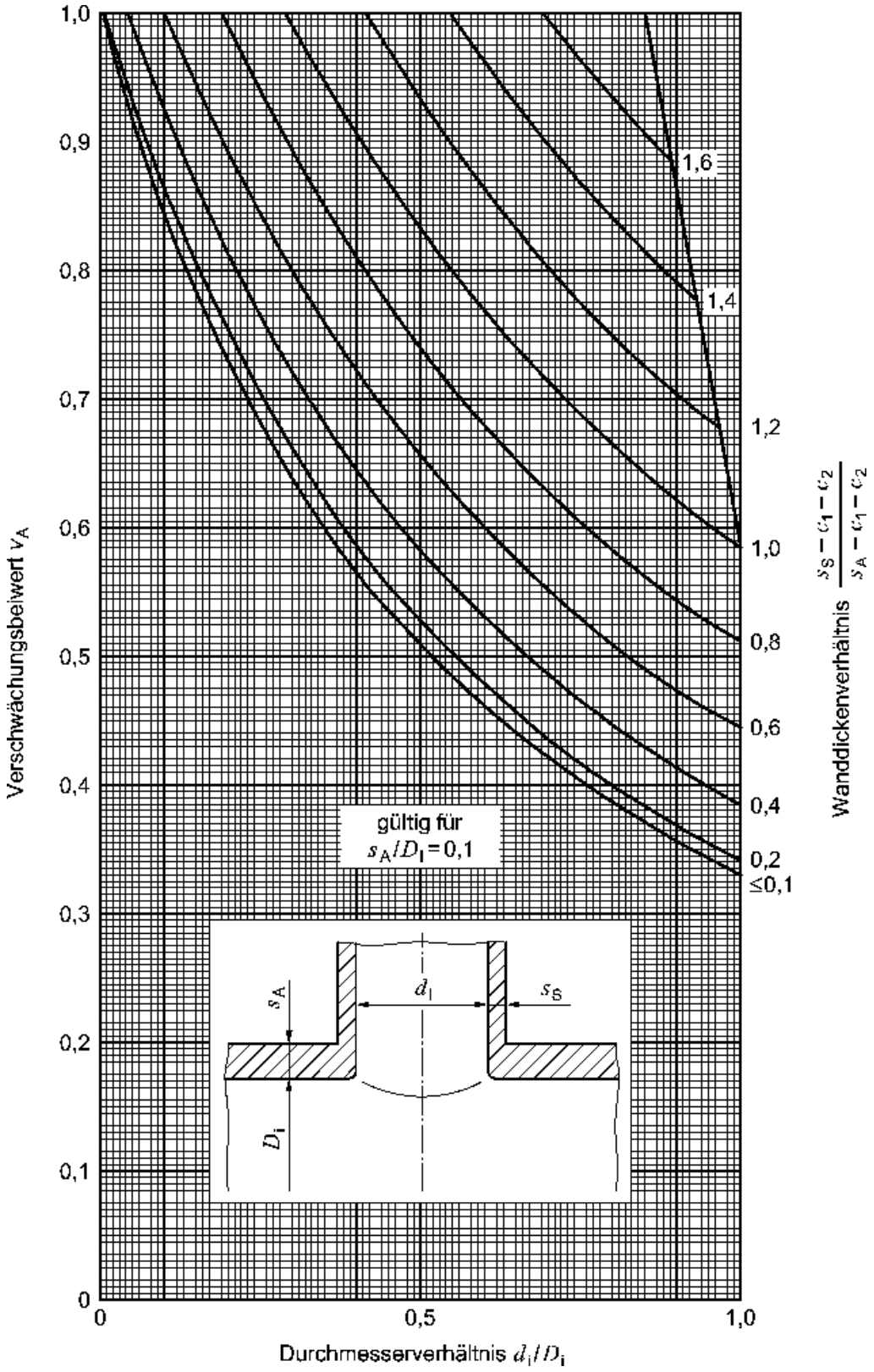


Bild 7 e — Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern ($S_A/D_i = 0,1$)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

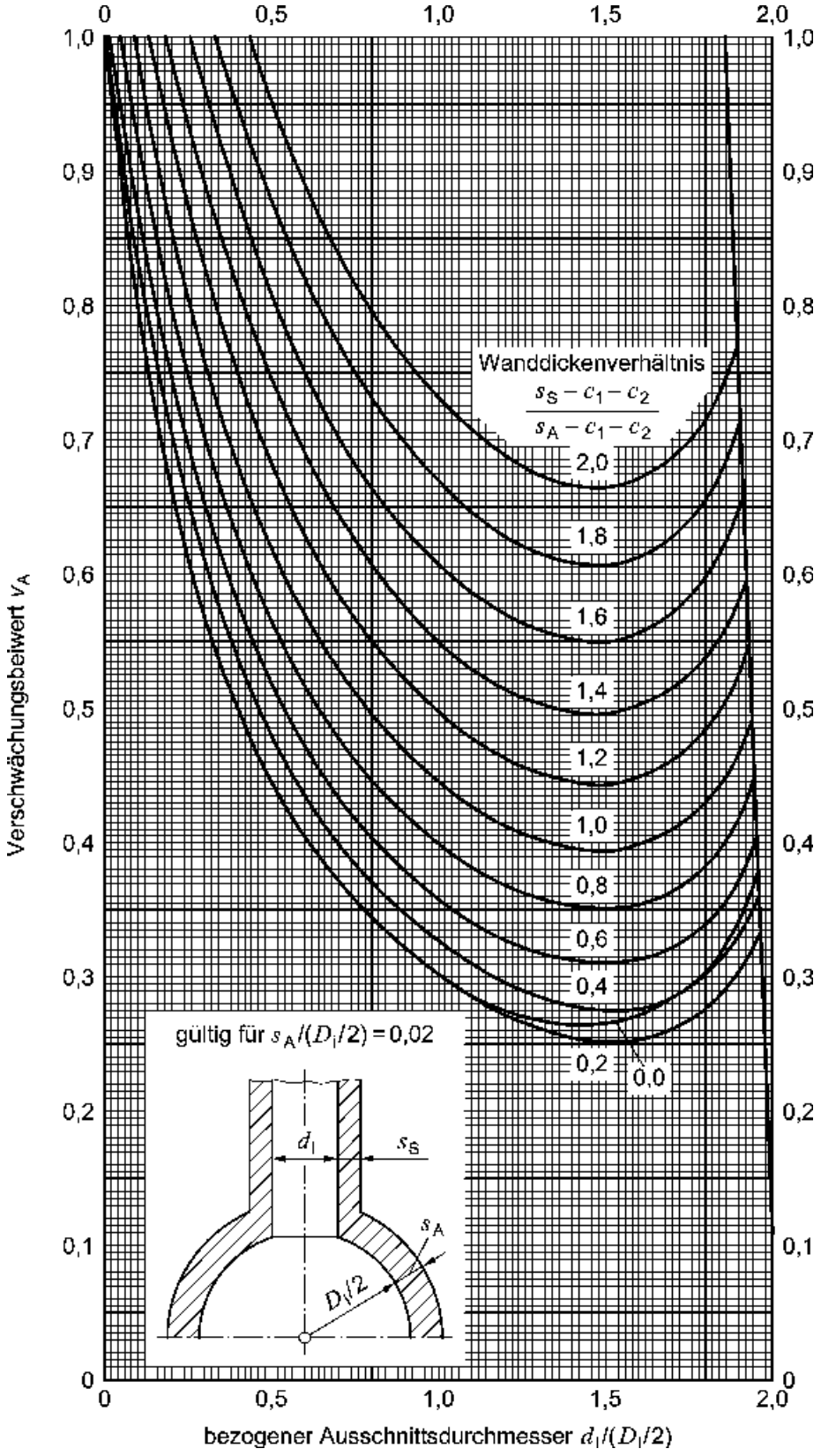


Bild 8 a — Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in kugeligen Grundkörpern $\left(s_A/\frac{D_i}{2} = 0{,}02\right)$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

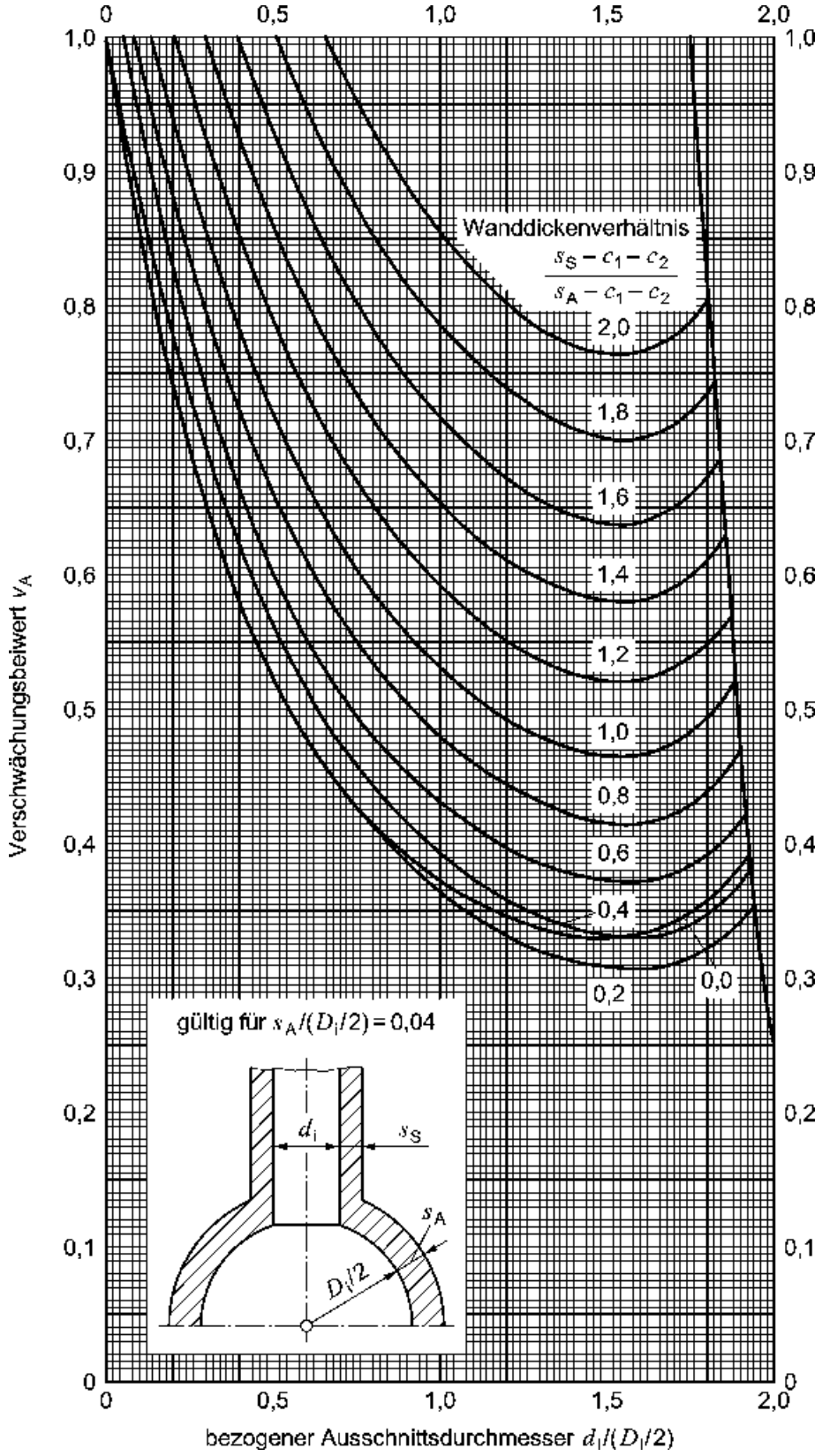


Bild 8 b — Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in kugeligen Grundkörpern $\left(s_A/\frac{D_i}{2} = 0{,}04\right)$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

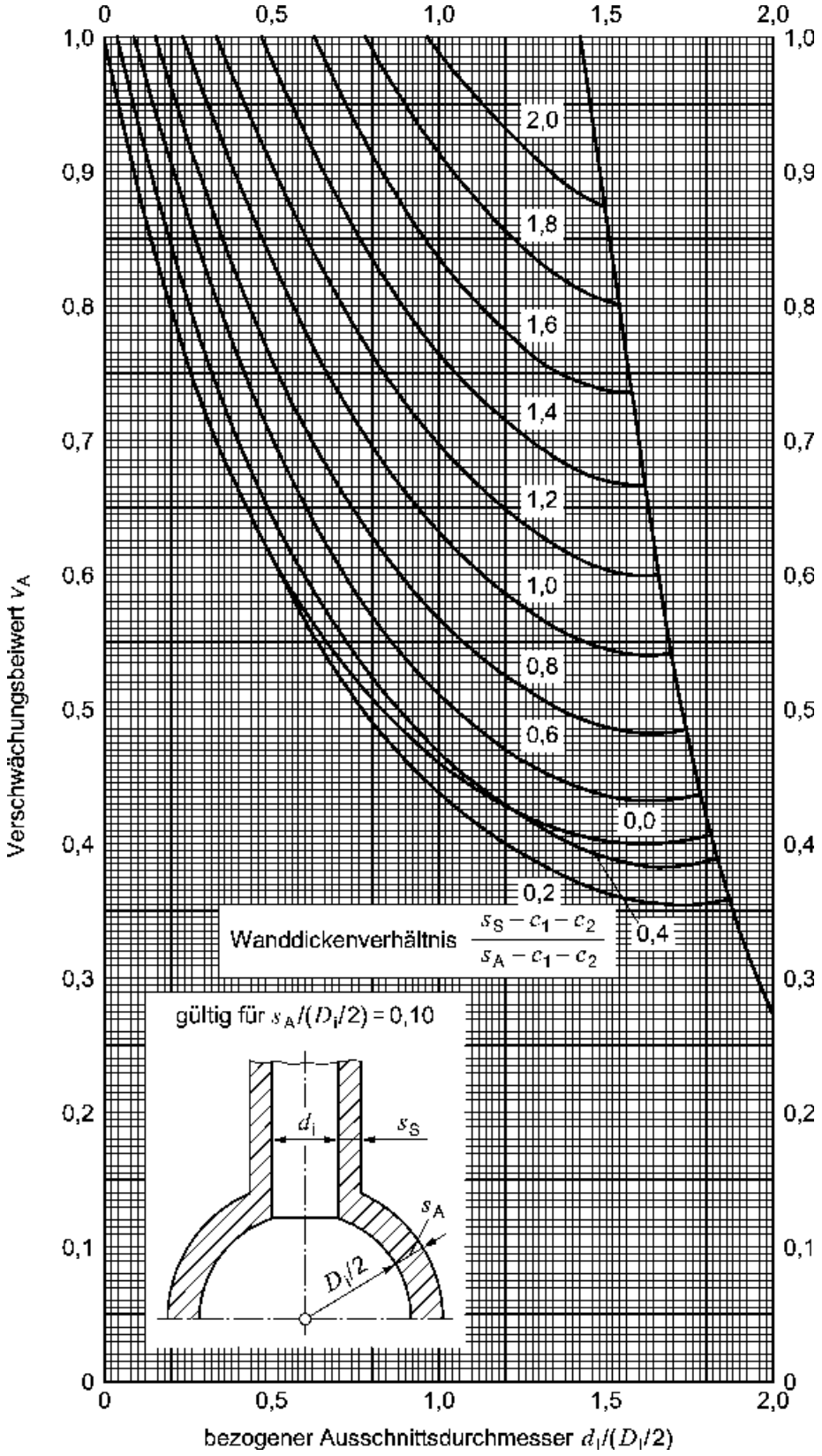


Bild 8 c — Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in kugeligen Grundkörpern $\left(s_A/\frac{D_i}{2} = 0{,}10\right)$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang zum AD 2000-Merkblatt B 9

Erläuterungen zu Abschnitt 1.1 des AD 2000-Merkblattes B 9

1. Untere Begrenzung des Wanddickenverhältnisses

Die nach diesem AD 2000-Merkblatt ermittelten Verschwächungsbeiwerte setzen im elastoplastischen Bereich eine Stützwirkung voraus, die bei dünnwandigen Behältern mit großen Ausschnitten wegen des hohen Membranspannungsanteils gegenüber dem Biegeanteil erheblich unterschritten wird.

2. Obere Begrenzung des Durchmesserverhältnisses

Wie die praktische Erfahrung bestätigt, treten bei großen Durchmesserverhältnissen in der Ebene senkrecht zur Behälterachse (Zwickelbereich) Beanspruchungen auf, die durch die Ausschnittsberechnung nach diesem AD 2000-Merkblatt nicht erfasst sind. Die bisher durchgeführten Untersuchungen reichen noch nicht aus, hierfür eine allgemein verbindliche Bemessungsregel anzugeben. In der Regel führen diese Beanspruchungen jedoch nicht zu Schäden, sofern kein Kriechen auftritt oder im Sinne von AD 2000-Merkblatt S 1 ein schädigender Einfluss durch pulsierende Beanspruchung nicht zu erwarten ist.

Erläuterungen zu Abschnitt 4.1 des AD 2000-Merkblattes B 9

Der Verschwächungsbeiwert kann bei gleicher zulässiger Spannung der Werkstoffe von Grundkörper und Abzweig für zylindrische Grundkörper auch errechnet werden zu

$$v_A = \frac{D_i \cdot A_\sigma}{2\, s_A \cdot A_p} = \frac{b + l_S \dfrac{s_S}{s_A} + s_S}{b + s_S + \dfrac{d_i}{D_i}\left(l_S + s_A\right) + \dfrac{d_i}{2}} \le 1{,}0 \qquad (10)$$

Die Kurven der Bilder 7 a bis e entsprechen der Formel (10) für $s_A/D_i = 0{,}002$ (Bild 7 a) bzw. 0,005 (Bild 7 b) bzw. 0,01 (Bild 7 c) bzw. 0,05 (Bild 7 d) bzw. 0,10 (Bild 7 e).

Es ist auf der sicheren Seite, jeweils eines der Bilder 7 a bis 7 e heranzuziehen, solange der aktuelle Wanddickenparameter s_A/D_i nicht kleiner als der in diesem Bild ausgewiesene ist.

Bestehen Grundkörper und Abzweig aus Werkstoffen mit unterschiedlichen zulässigen Spannungen, so ergibt sich in Übereinstimmung mit Formel (2) der Verschwächungsbeiwert zu

$$v_A = \frac{D_i\left(A_{\sigma 0} + \dfrac{K_1}{K} \cdot A_{\sigma 1}\right)}{s_A\left(2A_p + A_{\sigma 1} - \dfrac{K_1}{K} \cdot A_{\sigma 1}\right)} \qquad (10\ a)$$

Bei der Anwendung der Formeln (10) und (10 a) sind noch die Zuschläge c_1 und c_2 zu berücksichtigen.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Berechnung von Druckbehältern	**Dickwandige zylindrische Mäntel unter innerem Überdruck**	**AD 2000-Merkblatt B 10**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Sicherheitsbeiwert
5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung, Verschwächungen
6 Berechnung
7 Schrifttum

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für zylindrische Mäntel von Druckbehältern innerhalb der Grenzen[1]) $1{,}2 < D_a/D_i \leq 1{,}5$ unter der Voraussetzung, dass sie der vollen Axialbeanspruchung unterliegen und die Wandungen aus verformungsfähigen Werkstoffen bestehen.

[1]) Für dickwandigere Teile siehe Schrifttum, z. B. [5]

2 Allgemeines

Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

α	hier: lineare Wärmeausdehnungszahl	in $\frac{1}{K}$

4 Sicherheitsbeiwert

4.1 Siehe hierzu AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 7.

4.2 Für warmbetriebene Mäntel (über 200 °C) mit einem Durchmesserverhältnis von $D_a/D_i > 1{,}35$ ist im Einvernehmen mit dem Betreiber (Besteller) eine Herabsetzung des Sicherheitsbeiwertes bis zu $S = 1{,}4$ für den Betriebszustand zulässig, wenn die Gefahren für Bedienung und Umgebung durch besondere Maßnahmen verringert sind, z. B. durch Aufstellen in besonderen Kammern oder Räumen oder auf freiem, abgesperrtem Gelände mit Fernbedienung.

In diesem Falle ist der Nachweis einer 1,1-fachen Sicherheit gegen Überschreiten der Streckgrenze bei 20 °C bei der Wasserdruckprüfung gesondert zu erbringen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung, Verschwächungen

5.1 Entsprechend den Festlegungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe HP muss durch Herstellung und Prüfung eine volle Beanspruchbarkeit der Längsschweißnaht (v = 1) gewährleistet sein, um dieses AD 2000-Merkblatt anzuwenden.

5.2 Sind kleine radiale Bohrungen im Zylindermantel für Armaturen oder dergleichen notwendig, so ist die an den Bohrungsrändern auftretende Spannungserhöhung im Betriebszustand und bei der Wasserdruckprüfung zu berücksichtigen.

6 Berechnung

6.1 Wandungen ohne nennenswerte Temperaturdifferenz

6.1.1 Die erforderliche Wanddicke s beträgt

$$s = \frac{D_a \cdot p}{23\,\frac{K}{S} - p} + c_1 + c_2 \qquad (1)$$

6.1.2 Die vom Innendruck herrührende Vergleichsspannung an der Innenfaser σ_{vi} bzw. an der Außenfaser σ_{va} beträgt

$$\sigma_{vi} = \frac{p \cdot (D_a + s_e)}{23\,s_e} \qquad (2)$$

$$\sigma_{va} = \frac{p \cdot (D_a - 3 \cdot s_e)}{23\,s_e} \qquad (3)$$

6.2 Wandungen mit nennenswerter Temperaturdifferenz

6.2.1 Ist durch Heizen oder Kühlen von innen oder außen ein Wärmefluss durch die Zylinderwand zu erwarten, so sind die hierdurch entstehenden Vergleichsspannungen unter Berücksichtigung des Vorzeichens hinzuzurechnen[2]).

[2]) Streng genommen müssen die durch Innendruck und Wärmefluss hervorgerufenen Tangential-, Radial- und Axialspannungen jeweils algebraisch addiert werden und die so erhaltenen Tangential- (σ_t), Radial- (σ_r) und Axialgesamtspannungen (σ_l) zur Vergleichsspannung (σ_v) zusammengesetzt werden nach der Formel:

$$\sigma_v = 0{,}71\,\sqrt{(\sigma_t - \sigma_l)^2 + (\sigma_l - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_t)^2}$$

In der Praxis kann vereinfachend die durch Wärmefluss entstandene Zusatztangentialspannung algebraisch zur Vergleichsspannung, die vom Innendruck erzeugt wird, addiert werden.

6.2.2 Die Wärmespannungen betragen nach *Lorenz* an der Innenfaser

$$\sigma_{wi} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{1 - \nu} \cdot \alpha \cdot (\vartheta_a - \vartheta_i) \cdot A \qquad (4)$$

und an der Außenfaser

$$\sigma_{wa} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{1 - \nu} \cdot \alpha \cdot (\vartheta_a - \vartheta_i) \cdot B \qquad (5)$$

wobei ν = 0,3 für Stähle einzusetzen ist.

Für die Werte A und B gelten

$$A = \frac{2\,\eta^2}{\eta^2 - 1} - \frac{1}{\ln \eta} \qquad (6)$$

$$B = \frac{2}{\eta^2 - 1} - \frac{1}{\ln \eta} \qquad (7)$$

Sie können auch aus Tafel 1 entnommen werden.

Tafel 1. Hilfswerte A und B

$\eta = D_a / D_i$	1,2	1,3	1,4	1,5	(1,6)	(1,8)
A	1,06	1,09	1,11	1,13	1,15	1,20
B	-0,94	-0,91	-0,89	-0,87	-0,85	-0,80

6.2.3 Es ist nachzuprüfen, ob die maximale Spannung an der Innenfaser σ_i bzw. an der Außenfaser σ_a die zulässige Spannung K nicht übersteigt.

$$\sigma_i = \sigma_{wi} + \sigma_{vi} \qquad (8)$$

$$\sigma_a = \sigma_{wa} + \sigma_{va} \qquad (9)$$

Für σ_{vi} und σ_{va} gelten die Formeln (2) und (3).

7 Schrifttum

[1] *Siebel, E.:* Die Festigkeit dickwandiger Hohlzylinder. Konstruktion **3** (1951) Nr. 5, S. 137/41.

[2] *Class, I.:* Stellungnahme zum Aufsatz „Die Festigkeit dickwandiger Hohlzylinder“ von E. Siebel. Konstruktion **4** (1952) Nr. 1, S. 25.

[3] *Siebel, E., Schwaigerer, S.,* u. *E. Kopf:* Berechnung dickwandiger Hohlzylinder. Die Wärme **65** (1942) Nr. 51/52, S. 440/45.

[4] *Lorenz, R.:* Temperaturspannungen in Hohlzylindern. VDI-Z **51** (1907) Nr. 19, S. 743/47.

[5] *Buchter H. H.:* Apparate und Armaturen der Chemischen Hochdrucktechnik. Springer Verlag 1967.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juli 2012**

Berechnung von Druckbehältern	**Einwandige Balgkompensatoren**	**AD 2000-Merkblatt B 13**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e. V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Allgemeines 2
3 Formelzeichen und Einheiten 3
4 Sicherheitsbeiwert 4
5 Zuschläge 4
6 Berechnung 4
7 Schrifttum 9
Anhang 1: Erläuterungen 34

Ersatz für Ausgabe Februar 2010; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsgrundlagen gelten für metallische[1)] einwandige Balgkompensatoren mit parallelen oder leicht lyraförmig gebogenen Wellenflanken (Bilder 1 und 2) in folgenden Grenzen:

$3 \leq d/h \leq 100$

$0{,}1 \leq r/h \leq 0{,}5$

$0{,}018 \leq s/h \leq 0{,}1$

Hinweise für die Berechnung von Balgkompensatoren außerhalb des genannten Geltungsbereiches (Mehrlagigkeit, Geometrieparameter) können z. B. [1, 2, 3, 4, 5, 6] entnommen werden.

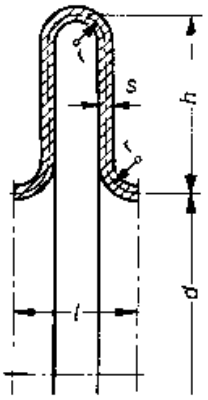


Bild 1 — Balgkompensator mit parallelen Wellenflanken

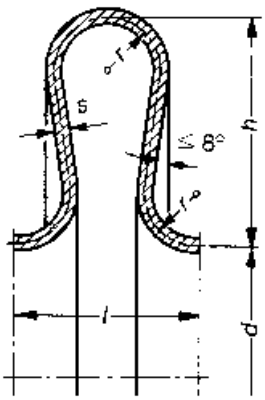


Bild 2 — Balgkompensator mit leicht lyraförmig gebogenen Wellenflanken
(Flankenwinkel ≤ 8°)

$$b \leq \frac{1}{2}\sqrt{d \cdot s}$$

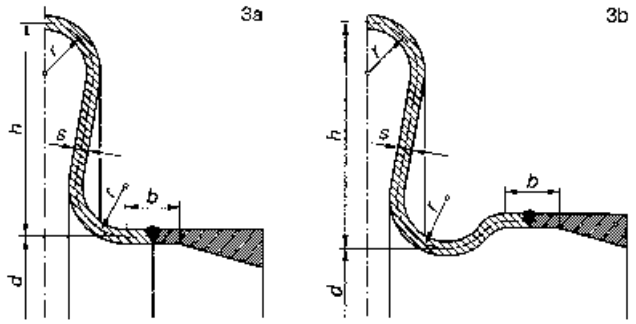
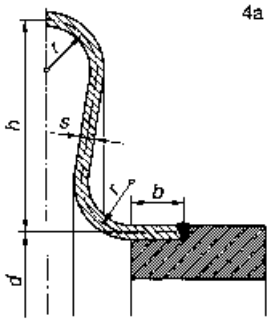


Bild 3 — Stumpfnaht



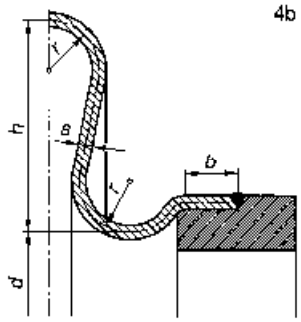
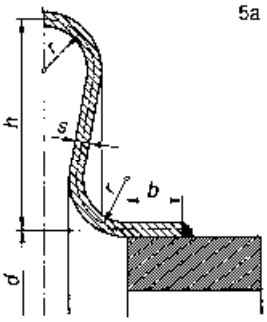


Bild 4 — Eingelassene Stumpfnaht



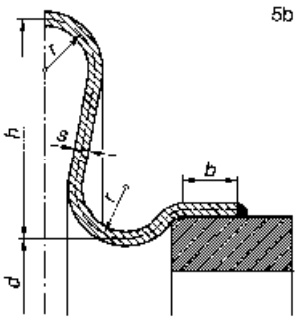


Bild 5 — Überlappnaht

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Dieses AD 2000-Merkblatt berücksichtigt Balgkompensatoren, die durch Druck und Zwangsbewegung (axial, angular und lateral) beansprucht werden und im Betrieb einer Wechselbeanspruchung unterliegen.

1) Siehe Erläuterungen im Anhang 1 zu diesem AD 2000-Merkblatt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.3 Kompensatorbälge sind nicht für die Aufnahme nennenswerter Kräfte und Momente geeignet. Deshalb ist durch konstruktive Maßnahmen wie z. B. Führungen, Einbauten, Stützkonstruktionen sicherzustellen, dass derartige Belastungen vom Kompensatorbalg ferngehalten werden. Da jedoch Torsionsmomente nicht in allen Fällen vermieden werden können, sind in diesem Merkblatt Beziehungen zu ihrer Berücksichtigung enthalten.

2.4 Kompensatorbälge können durch stumpfgeschweißte Rundnähte mit den anschließenden Bauteilen verschweißt werden (Bild 3). Bei Wanddickenunterschieden zwischen Kompensatorbalg und Anschlussstücken sind die Abschnitte 2.7 und 2.8 des AD 2000-Merkblattes HP 5/1 zu beachten.

Auch andere als stumpfgeschweißte Verbindungen, z. B. nach den Bildern 4 und 5, sind zulässig.

2.5 Wenn mit Korrosionen zu rechnen ist, muss für den Kompensatorbalg ein im Hinblick auf Korrosionen geeigneter Werkstoff zwischen Hersteller und Besteller/Betreiber vereinbart werden. Der Korrosion am Balg durch einen Wanddickenzuschlag zu begegnen, ist nicht zweckmäßig.

2.6 Der Abstand zwischen Kompensator-Anschweißende und dem Radiusauslauf der Kompensatorkrempe darf nicht kleiner sein als der größte Wert der drei Einzelbeträge $3\,s$, 10 mm und $0{,}25 \cdot \sqrt{d \cdot s}$, wenn eine Berücksichtigung der Schweißnaht bei der Ermüdungsbetrachtung unterbleiben soll.

Zusätzlich gilt $b \leq \frac{1}{2}\sqrt{d \cdot s}$

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

b	zylindrische Balgbordlänge	mm
c_α	Biegefederkonstante einer Balgwelle	Nm/Grad
c_w	Axialfederkonstante einer Balgwelle	N/mm
C_f	Berechnungsbeiwert für Säuleninstabilität	–
C_p	Berechnungsbeiwert für Welleninstabilität	–
d	mittlerer Innendurchmesser eines Kompensators	mm
c'_λ	Lateralfederkonstante eines Kompensatorbalges oder eines Kompensators aus zwei gleichen Bälgen mit Zwischenrohr	N/mm
d_i	Innendurchmesser der Innenwelle ($d - s$)	mm
d_m	mittlerer Durchmesser des Kompensators ($d + h$)	mm
f_1	Wechselfestigkeitsbeiwert für Rundnähte im Balg	–
f_2	Kennwert für teilplastische Verformung	–
h	Wellenhöhe	mm
I_XX	Flächenträgheitsmoment einer Welle	mm^4
l	Wellenlänge, gemessen in neutraler Lage	mm
n	hier: Stützziffer	–
n_1	Stützziffer bei Verwendung der 1-%-Dehngrenze	–
$n_{0,2}$	Stützziffer bei Verwendung der 0,2-%-Dehngrenze	–
r	Krempenradius (bei unterschiedlichen Radien an der Innen- bzw. Außenkrempe gilt das arithmetische Mittel)	mm
s^*	Berechnungswanddicke nach der Umformung	mm
s_eq	Äquivalentwanddicke	mm
w	einseitiger Axialweg einer Balgwelle, gemessen aus der neutralen Lage	mm
w_α	äquivalenter Axialweg einer Balgwelle für den Biegewinkel α	mm
w_λ	äquivalenter Axialweg der höchstbeanspruchten Balgwelle für den Lateralweg λ' des Kompensators	mm
z	Wellenzahl des Kompensatorbalges	–
z_I	Wellenzahl eines Kompensatorbalges eines Kompensators aus zwei gleichen Bälgen mit Zwischenrohr	–
C_3, C_4	Geometriebeiwerte für Säuleninstabilität	–
E_{20}	Elastizitätsmodul bei 20 °C	$\mathrm{N/mm}^2$
L_1	Baulänge eines Kompensatorbalges (Bild 6)	mm
L_z	Länge des Zwischenrohres (Bild 6)	mm
M_T	auf den Kompensatorbalg wirkendes Torsionsmoment	Nm
N	hier: Lastspielzahl	–
N_zul	zulässige Lastspielzahl	–
$P_\mathrm{s,c}$	zulässiger Druck aufgrund Säuleninstabilität	bar

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

$P_{s,i}$	zulässiger Druck aufgrund Welleninstabilität	bar
R	hier: Rechenstützwert	–
$R_{(c_w)}$	Rechenstützwert für Axialfederkonstante	–
$R_{(p)}$	Rechenstützwert für Druckbeanspruchung	–
$R_{(w)}$	Rechenstützwert für Axialbeanspruchung	–
S_{um}	Sicherheitsbeiwert für die Umfangsspannung	–
S_{vp}	Sicherheitsbeiwert für die Vergleichsspannung	–
α	hier: einseitiger Biegewinkel einer Balgwelle, gemessen von der geraden Lage aus	Grad
β	Spannungsfaktor der Welleninstabilität	–
δ	Spannungsverhältnis der Welleninstabilität	–
λ'	einseitiger Lateralweg eines Kompensators mit einem Balg bzw. mit 2 gleichen Bälgen und Zwischenrohr, gemessen von der geraden Lage aus (Bild 6)	mm
$2 \cdot \varepsilon_{ages}$	effektive Gesamtdehnungsschwingbreite	%
$\Delta\sigma_{vges}$	Gesamtvergleichsspannungsschwingbreite	N/mm²
$\Delta\sigma_{v(w)}$	Vergleichsspannungsschwingbreite durch Axialbewegung, z. B. $\Delta\sigma_{v(w)} = 2\ \sigma_{v(w)}$ für Axialbewegung $\pm w$	N/mm²
$\Delta\sigma_{v(\alpha)}$	Vergleichsspannungsschwingbreite durch Biegung, z. B. $\Delta\sigma_{v(\alpha)} = 2\ \sigma_{v(\alpha)}$ für Biegung $\pm \alpha$	N/mm²
$\Delta\sigma_{v(\lambda)}$	Vergleichsspannungsschwingbreite durch Lateralbewegung, z. B. $\Delta\sigma_{v(\lambda)} = 2\ \sigma_{v(\lambda)}$ für Lateralbewegung $\pm \lambda$	N/mm²
$\Delta\sigma_{v(p)}$	Vergleichsspannungsschwingbreite durch wechselnden Überdruck, z. B. $\Delta\sigma_{v(p)} = \sigma_{v(p)}$ für Druckwechsel $0 + p$	N/mm²
$\Delta\sigma_{v(T)}$	Vergleichsspannungsschwingbreite durch wechselndes Torsionsmoment, z. B. $\Delta\sigma_{v(T)} = 2\ \sigma_{v(T)}$ für Torsionsmoment $\pm M_T$	N/mm²
σ_{um}	mittlere Umfangsspannung	N/mm²
σ_v	größte Vergleichsspannung	N/mm²
$\sigma_{v(\alpha)}$	größte Vergleichsspannung durch Biegung	N/mm²
$\sigma_{v(T)}$	größte Vergleichsspannung durch Torsionsmoment	N/mm²
$\sigma_{v(p)}$	größte Vergleichsspannung durch inneren oder äußeren Überdruck	N/mm²
$\sigma_{v(w)}$	größte Vergleichsspannung durch Axialbewegung	N/mm²
ν	Poissonzahl	–

4 Sicherheitsbeiwert

Abweichend von AD 2000-Merkblatt B 0 gelten die Festlegungen in Abschnitt 6.

5 Zuschläge

Abweichend von AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 9 werden Zuschläge nicht berücksichtigt.

6 Berechnung

Bei Rechnen gegen inneren oder äußeren Überdruck und Torsionsbeanspruchung ist die minimale, und bei Rechnen gegen Axial-, Angular- und Lateralbewegung die maximale Wanddicke des Balges einzusetzen. Minimale und maximale Wanddicke sind hierbei unter Berücksichtigung der Toleranzen entsprechend den Halbzeugnormen gemäß AD 2000-Merkblättern Reihe W einzusetzen, jeweils vermindert bzw. vermehrt um die durch den Umformvorgang ggf. auftretende Wanddickenveränderung.

Zur Berücksichtigung der durch den Umformvorgang ggf. auftretenden Wanddickenveränderung ist von der zuständigen unabhängigen Stelle bei der Berechnung das vom jeweiligen Hersteller verwendete Fertigungsverfahren in Betracht zu ziehen.

Es kann auch der unter Punkt 6.6 angegebene Anhaltswert für die Berechnungswanddicke nach der Umformung verwendet werden.

6.1 Spannungen, Federkonstanten

6.1.1 Beanspruchung durch inneren oder äußeren Überdruck

Größte Vergleichsspannung:

$$\sigma_{v(p)} = R_{(p)} \cdot p \qquad (1)$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.1.2 Beanspruchung durch Torsionsmoment

Größte Vergleichsspannung:

$$\sigma_{v(T)} = \frac{4\, M_T \cdot 10^3}{\pi d^2 s} \text{ mit } M_T \text{ in Nm} \tag{2}$$

6.1.3 Beanspruchung durch Axialbewegung

Größte Vergleichsspannung:

$$\sigma_{v(w)} = 2{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{E}{h} \cdot R_{(w)} \cdot w \tag{3}$$

Axialfederkonstante:

$$c_w = 0{,}15 \cdot 10^{-4} \cdot (d + h) \cdot E \cdot R_{(c_w)} \tag{4}$$

6.1.4 Beanspruchung durch Angularbewegung

Die Werte für Biegebeanspruchung lassen sich aus denen der Axialbeanspruchung ermitteln.

Äquivalenter Axialweg der Welle für den Biegewinkel:

$$w_\alpha = \frac{d + 2\,h}{1{,}15 \cdot 10^2} \cdot \alpha \tag{5}$$

Größte Vergleichsspannung:

$$\sigma_{v(\alpha)} = 2{,}1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{E}{h} \cdot R_{(w)} \cdot (d + 2\,h) \cdot \alpha \tag{6}$$

Biegefederkonstante:

$$c_\alpha = 2{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot (d + 2\,h)^2 \cdot c_w \tag{7}$$

6.1.5 Beanspruchung durch Lateralbewegung

Abweichend von den Formeln (3) bis (7), die für die Einzelwelle gelten, gelten die Formeln (8) bis (13) für den gesamten Kompensator.

6.1.5.1 Lateralkompensator mit einem Balg

Eine laterale Bewegung dieses Kompensators ist nur möglich, wenn der Balg mindestens zweiwellig ausgeführt ist.

Äquivalenter Axialweg der höchstbeanspruchten Welle für den Lateralweg des Kompensators:

$$w_\lambda = 3 \cdot \frac{d + 2\,h}{l \cdot z} \cdot \frac{\lambda'}{z} \tag{8}$$

Größte Vergleichsspannung:

$$\sigma_{v(\lambda)} = 2{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{E}{h} \cdot R_{(w)} \cdot w_\lambda \tag{9}$$

Lateralfederkonstante des Kompensators:

$$c'_\lambda = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{d + 2\,h}{l \cdot z}\right)^2 \cdot \frac{c_w}{z} \tag{10}$$

6.1.5.2 Lateralkompensator mit zwei gleichen Bälgen mit ungeführtem Zwischenrohr

Äquivalenter Axialweg der höchstbeanspruchten Welle für den Lateralweg des Kompensators:

$$w_\lambda = \frac{2 \cdot \left(\frac{L_z}{L_1} + 2\right)}{\left(\frac{L_z}{L_1}\right)^2 + 2 \cdot \frac{L_z}{L_1} + \frac{4}{3}} \cdot \frac{d + 2\,h}{2\,L_1} \cdot \frac{\lambda'}{2\,z_1} \tag{11}$$

Größte Vergleichsspannung:

$$\sigma_{v(\lambda)} = 2{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{E}{h} \cdot R_{(w)} \cdot w_\lambda \tag{12}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lateralfederkonstante des Kompensators:

$$c'_{\lambda} = \frac{2}{\left(\frac{L_z}{L_1}\right)^2 + 2 \cdot \frac{L_z}{L_1} + \frac{4}{3}} \cdot \left(\frac{d + 2\,h}{2\,L_1}\right)^2 \cdot \frac{c_w}{2\,z_1} \tag{13}$$

Diese Beziehungen gelten für den Lateralkompensator gemäß Bild 6, bei dem die Kompensatorverankerung nur eine Parallelführung der Kompensatorenden, jedoch keine Führung des Zwischenrohres bewirkt.

6.1.5.3 Lateralkompensator mit zwei gleichen Bälgen und geführtem Zwischenrohr

Die beiden Einzelbälge sind nach Abschnitt 6.1.4 zu berechnen.

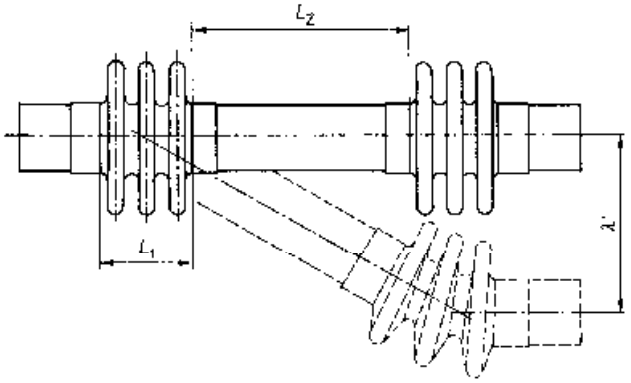


Bild 6 — Lateralkompensator mit Zwischenrohr

6.1.6 Rechenstützwerte R

Die für die Formeln (1), (3), (4), (6), (9) und (12) benötigten Rechenstützwerte $R_{(p)}$, $R_{(w)}$ und $R_{(c_w)}$ sind aus den Tafeln 2 bis 25 für abgestufte Parameter zu entnehmen. Zwischenwerte sind linear zu interpolieren. Siehe hierzu Abschnitt 6.5.

6.2 Berechnung gegen statische Beanspruchung

6.2.1 Überdruck und Torsion

$$\sigma_{v(T)} \cdot \frac{n}{S_{vp}} \cdot 1{,}5 + \sigma_{v(p)} \leq \frac{n}{S_{vp}} \cdot K \tag{14}$$

Hierbei ist $\sigma_{v(p)}$ elastisch zu ermitteln, wie in Abschnitt 6.1.1 angegeben.

Die Stützziffer n ist mit

$$n_{0,2} = 1{,}55 - 2{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot K \tag{15}$$

oder $n_1 = 1{,}55$ einzusetzen, die Sicherheit mit $S_{vp} = 1{,}2$.

Ferner gilt für die mittlere Umfangsspannung infolge Überdruck und Torsionsmoment

$$\frac{(d + h) \cdot l \cdot p}{40 \cdot s \cdot (1{,}14\, r + h) \cdot v} + \sigma_{v(T)} \leq \frac{K}{S_{um}} \tag{16}$$

mit $S_{um} = 1{,}5$

Für den Nachweis im Prüfzustand kann für die Sicherheitsbeiwerte $S_{vp} = 1{,}05$ und $S_{um} = 1{,}05$ eingesetzt werden (siehe auch AD 2000-Merkblatt B 0, Tafel 2).

6.2.2 Nachweise gegen Instabilität

Die im Folgenden aufgeführten Nachweise gelten vorwiegend für Kompensatorbälge mit mehr als einer Welle.

6.2.2.1 Durch Innendruck verursachte Instabilität

Zulässiger Auslegungsdruck gegen **Säuleninstabilität**:

$$P_{s,c} = 3{,}4 \cdot \frac{\pi^2}{2 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{(d + h) \cdot E}{z^2 \cdot l \cdot c_f} \left(\frac{s^*}{h}\right)^3 \tag{17a}$$

Dabei ist c_f zu ermitteln nach Anhang 1 unter Berücksichtigung von s^* nach Abschnitt 6.6.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Zulässiger Auslegungsdruck gegen **Welleninstabilität**:

$$P_{s,i} = 10\frac{(\pi - 2)\cdot A \cdot R_e^*}{d_m \cdot l \cdot \sqrt{\beta}} \qquad (17b)$$

Dabei ist R_e^* die effektive Streckgrenze des Balgwerkstoffes bei Auslegungstemperatur im umgeformten oder im geglühten Zustand. Wenn in den Werkstoffnormen für R_e^* keine Werte festgelegt sind, sind für austenitischen Stahl und andere gleichwertige Werkstoffe die folgenden Werte einzusetzen:

a) $R_e^* = K_d \cdot R_{p1,0/T}$ für Bälge im umgeformten Zustand (mit Kaltverfestigung)

b) $R_e^* = 0{,}75 \cdot R_{p1,0/T}$ für geglühte Bälge (ohne Kaltverfestigung)

Dabei ist

$R_{p1,0/T}$ die 1-%-Dehngrenze bei Auslegungstemperatur

K_d der Verfestigungsfaktor

$1 + 5 \cdot s_d$ wenn $s_d \le 0{,}2$

$K_d = 2{,}0$ wenn $s_d > 0{,}2$

Für nicht austenitischen Stahl ist $R_e^* = R_{p0,2/T}$.

Der Umformgrad s_d hängt ab von der Biegekomponente s_b und der Umfangskomponente s_θ:

$$s_d = 1{,}04 \cdot \sqrt{(s_\theta^2 + s_b^2)}$$

$$s_b = \ln\,[1 + s/(2\,r + s)]$$

Maßgebend für die Umfangskomponente ist das gewählte Umformverfahren:

— Für hydraulische oder ähnliche Verfahren, bei denen die Umformung vom Ausgangszylinder ausgehend zu 100 % nach außen erfolgt:

$$s_\theta = \ln\,[1 + 2 \cdot h/d_i]$$

— Für Rollformverfahren mit Umformung 50 % nach innen und 50 % nach außen vom Ausgangszylinder ausgehend:

$$s_\theta = \ln\,[1 + h/d_i]$$

— Für Halbwellen, hergestellt durch Rollbiegen oder andere Verfahren aus Kreisringplatten mit dem maximalen Umformgrad an der Innenkrempe:

$$s_\theta = -\ln\left[1 - \frac{(\pi/2 - 1)\cdot(2\cdot r + s)}{(d_i + s)}\right]$$

mit

$$\beta = 1 + 2\cdot\delta^2 + \sqrt{(1 - 2\,\delta^2 + 4\,\delta^4)}$$

und

$$\delta = \frac{A \cdot C_p}{3 \cdot d_m \cdot l} \cdot \left(\frac{h}{s^*}\right)^2$$

mit C_p nach Anhang 1 unter Berücksichtigung von s^* nach Abschnitt 6.6

und

$$A = [(\pi - 2)/2 \cdot l + 2 \cdot h] \cdot s^*$$

6.2.2.2 Durch Außendruck verursachte Instabilität

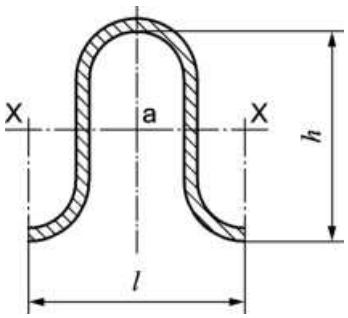
Das Instabilitätsverhalten in Umfangsrichtung eines Kompensatorbalges mit mehreren Wellen ist durch die folgende Analogiebetrachtung zu überprüfen.

Es ist eine Außendruckberechnung eines äquivalenten Zylinders nach AD 2000-Merkblatt B 6 durchzuführen, wobei als Berechnungsdurchmesser der Außendurchmesser der Innenkrempe des Kompensators, als Länge die Gesamtlänge des Kompensators zwischen den anschließenden Versteifungen und als Äquivalentwanddicke der folgende Wert s_{eq} zu verwenden sind:

$$s_{eq} = \sqrt[3]{12 \cdot \left(1 - \nu^2\right) \cdot \frac{I_{xx}}{l}} \qquad (17c)$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

mit $I_{xx} = s^* \cdot \left[\frac{(2 \cdot h - l)^3}{48} + 0{,}4 \cdot l \cdot (h - 0{,}2 \cdot l)^2 \right]$



6.3 Berechnung gegen veränderliche[2)] Beanspruchung

Die effektive Gesamtdehnungsschwingbreite errechnet sich aus

$$2 \cdot \varepsilon_{ages} = \frac{\Delta\sigma_{vges} \cdot f_2}{E} \cdot f_1 \cdot 10^2 \qquad (18)$$

$\Delta\sigma_{vges}$ setzt sich aus dem veränderlichen Teil der Beanspruchung durch Axialverschiebung, Biegung, Lateralbewegung, Innendruck und Torsionsbeanspruchung zusammen und muss aus der Summe der daraus resultierenden, zeitlich korrespondierenden Spannungskomponenten ermittelt werden.

Näherungsweise kann $\Delta\sigma_{vges}$ durch Addition der einzelnen Vergleichsspannungsanteile $\Delta\sigma_v$ ermittelt werden aus:

$$\Delta\sigma_{vges} = \Delta\sigma_{v(p)} + \Delta\sigma_{v(w)} + \Delta\sigma_{v(\alpha)} + \Delta\sigma_{v(T)} + \Delta\sigma_{v(\lambda)} \qquad (19)$$

Die teilplastischen Verformungen werden durch den Faktor f_2 berücksichtigt.

Er ergibt sich aus:

$$f_2 = 1 + C \left(\frac{\Delta\sigma_{vges}}{K} - 2 \right) + 0{,}1 \cdot B \qquad (20)$$

B ist der größere Wert aus $\frac{\sigma_{v(p)}}{\frac{n}{S_{vp}} \cdot K}$ und $\frac{\sigma_{um}}{\frac{K}{S_{um}}}$

Die Formel (20) gilt für:

$$\frac{\Delta\sigma_{vges}}{K} \geq 2$$

Für $\frac{\Delta\sigma_{vges}}{K} < 2$ ist $f_2 = 1$

Die C-Werte für Axial-, Angular- und Lateralbewegung sind Tafel 1 zu entnehmen.

Tafel 1 — C-Werte

Werkstoffgruppe	C (eingeklammerte Werte gelten für Biegung, d. h. für angulare und laterale Bewegung)					
	Bälge mit Rundnähten in hochbeanspruchter Zone		Bälge ohne Rundnähte in hochbeanspruchter Zone			
			kalt verfestigt		warm umgeformt bzw. normalisiert	
Austenit	0,127	(0,101)	0,105	(0,086)	0,085	(0,067)
Ferrit	0,155	(0,127)	0,155	(0,127)	0,133	(0,109)

Bei kombinierter Beanspruchung wird $\Delta\sigma_{vges} \cdot f_2$ wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{vges} \cdot f_2 = & \left[\left(\Delta\sigma_{v(p)} + \Delta\sigma_{v(T)} \right) \frac{\Delta\sigma_{v(w)}}{\Delta\sigma_{v(w)} + \Delta\sigma_{v(\alpha)} + \Delta\sigma_{v(\lambda)}} + \Delta\sigma_{v(w)} \right] f_{2(w)} \\ & + \left[\left(\Delta\sigma_{v(p)} + \Delta\sigma_{v(T)} \right) \frac{\Delta\sigma_{v(\alpha)} + \Delta\sigma_{v(\lambda)}}{\Delta\sigma_{v(w)} + \Delta\sigma_{v(\alpha)} + \Delta\sigma_{v(\lambda)}} + \Delta\sigma_{v(\alpha)} + \Delta\sigma_{v(\lambda)} \right] f_{2(\alpha)} \end{aligned} \qquad (21)$$

$f_{2(w)}$ bzw. $f_{2(\alpha)}$ sind die jeweiligen Faktoren f_2 mit den C-Werten für Axial- bzw. Angularbewegung gemäß Formel (20).

2) Die veränderlichen Spannungsanteile werden mit Δ gekennzeichnet.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die effektive Gesamtdehnungsschwingbreite an der höchstbeanspruchten Stelle ist in Verbindung mit den Tafeln 2 bis 13 und $f_1 = 1{,}0$ zu bilden.

Bei Kompensatorbälgen mit Rundnaht in der Innenkrempe ist zusätzlich die Ermüdungssicherheit der Rundnaht zu prüfen. Hierfür ist die effektive Gesamtdehnungsschwingbreite an der Rundnaht (Innenkrempe) mit den Beiwerten aus den Tafeln 14 bis 25 sowie dem Beiwert $f_1 = 2$, der die geringere Wechselfestigkeit der Schweißnaht berücksichtigt, zu ermitteln.

Für die Bestimmung der Bruchlastspielzahl ist der größere Wert für $2 \cdot \varepsilon_{ages}$ maßgebend.

Bei höherer Temperatur ist die effektive Gesamtdehnungsschwingbreite $2 \cdot \varepsilon_{ages}$ mit E_{20}/E zu multiplizieren.

Die zu erwartende Bruchlastspielzahl (bis zum Beginn der Leckage) ergibt sich aus:

$$N = \left(\frac{10}{2 \cdot \varepsilon_{ages}} \right)^{3{,}45} \quad \text{für } 500 \le N \le 10^6 \tag{22}$$

Die zulässige Lastspielzahl ergibt sich aus:

$$N_{zul} \le \frac{N}{S_L} \text{ mit } S_L = 2{,}0 \tag{23}$$

Voraussetzung für $S_L = 2{,}0$ ist, dass durch repräsentative Lebensdauerversuche am Bauteil unter Berücksichtigung der Werkstoffe und Herstellungsverfahren nachgewiesen wurde, dass die Bruchlastspielzahl N nach Formel (22) für mindestens 95 % der Kompensatoren erreicht wird. Anderenfalls ist in Formel (23) $S_L = 5{,}0$ einzusetzen.

Bei ungleichförmiger Beanspruchung (variabler Amplitude) ist der Erschöpfungsgrad der einzelnen Kollektive linear zu akkumulieren.

$$D = \sum \frac{n_i}{N_i} \le 1 \tag{24}$$

wobei n_i die Zahl der Lastspiele in den jeweiligen Kollektiven, N_i die dafür zulässige Zahl ist.

6.4 Hohe Temperaturen

Im Temperaturbereich der Zeitstandwerte[3)] ist die Stützziffer kleiner als die für gleiche Grenzverformung bei Raumtemperatur. Für Temperaturen ≥ 500 °C ist in Formel (14) sowie bei der Ermittlung von B (siehe Abschnitt 6.3) die Stützziffer $n = 1{,}28$ einzusetzen. Werte für Temperaturen zwischen 350 °C und 500 °C sind linear zu interpolieren zwischen n nach Formel (15) und 1,28.

6.5 Rechenstützwerte

Die Zahlenwerte für $R_{(p)}$, $R_{(w)}$ und $R_{(c_w)}$ werden den Tafeln 2 bis 13 bzw. 14 bis 25 entnommen. Zwischenwerte sind linear zu interpolieren[4)].

6.6 Berechnungswanddicke nach der Umformung

Ist die nach dem Umformen vorhandene Kompensatorwanddicke nicht bekannt, so kann für den Innendrucknachweis folgender Berechnungswert verwendet werden:

$$s^* = s \cdot \sqrt{\frac{d_i}{d_m}}$$

7 Schrifttum

[1] *Friedrich, W.*: Festigkeitsberechnung einwandiger Balgkompensatoren. Technisch-wissenschaftliche Berichte der Staatlichen Materialprüfungsanstalt an der Universität Stuttgart; (1973) Heft 73-01.

[2] *Wellinger, K.*; *Dietmann, H.*: Festigkeitsberechnung von Wellrohrkompensatoren. Technisch-wissenschaftliche Berichte der Staatlichen Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart; (1964) Heft 64-01.

[3] *Anderson, W. F.*: Analysis of Stresses in Bellows NAA-SR-4527; USAEC, October 1964.

[4] EN 13445-3, Ausgabe Mai 2002 mit Ergänzung A4 (Juli 2005)

[5] Standards of EJMA, Edition 2005

[6] DIN EN 14917, Ausgabe 2004 (Entwurf)

3) Siehe hierzu die Erläuterung im Anhang 1.

4) Die Interpolationsgleichungen im Anhang 1 zu diesem AD 2000-Merkblatt können angewendet werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	3,0	r/h										
		0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	30,04	30,87	32,45	34,30	37,56	43,56	50,32	59,11	68,31	80,16	117,5
		265,8	239,9	220,7	201,3	184,4	156,7	134,9	116,6	100,3	87,62	91,60
		8,494	6,549	5,155	4,088	3,298	2,236	1,580	1,145	0,841	0,639	0,559
	0,020	26,30	26,76	28,10	28,50	32,24	37,14	42,66	49,83	57,08	67,88	97,03
		274,9	247,1	229,1	210,3	193,8	165,9	143,2	123,7	106,4	94,03	103,8
		10,35	8,078	6,423	5,142	4,179	2,865	2,036	1,478	1,089	0,843	0,753
	0,023	21,76	22,15	23,22	24,18	26,35	30,11	34,36	39,72	44,87	55,30	74,71
		286,2	256,4	239,8	222,1	206,0	178,0	154,1	132,9	114,7	103,5	121,7
		13,45	10,66	8,582	6,950	5,703	3,961	2,832	2,063	1,535	1,221	1,129
	0,026	18,44	18,78	19,65	20,46	22,11	25,07	28,43	32,50	36,22	45,60	59,07
		295,3	266,4	248,8	232,1	216,4	188,1	163,2	140,9	122,5	113,5	139,2
		16,91	13,57	11,04	9,023	7,459	5,233	3,762	2,754	2,076	1,698	1,614
	0,030	15,20	15,49	16,18	16,85	18,02	20,25	22,77	25,64	28,10	35,87	44,81
		304,3	278,3	258,6	242,9	227,7	199,3	173,2	150,1	132,3	131,1	162,2
		22,05	17,93	14,75	12,18	10,14	7,193	5,207	3,846	2,962	2,508	2,456
	0,035	12,35	12,59	13,12	13,66	14,46	16,07	17,88	19,77	21,28	27,30	33,88
		314,1	293,2	274,1	254,8	238,6	210,1	183,3	160,1	145,0	158,6	190,4
		29,25	24,09	20,03	16,69	14,01	10,05	7,344	5,510	4,368	3,846	3,870
	0,040	10,31	10,51	10,94	11,38	11,93	13,13	14,45	15,72	16,68	21,77	26,51
		324,2	304,4	285,8	266,9	249,1	218,3	191,6	169,4	159,1	185,4	218,2
		37,21	30,96	25,96	21,60	18,41	13,34	9,864	7,539	6,154	5,599	5,747
	0,045	08,78	08,96	09,03	09,67	10,05	10,95	11,93	12,79	14,19	17,91	21,32
		331,6	312,9	294,8	276,2	258,6	226,5	199,7	180,6	176,9	211,7	245,7
		45,85	38,46	32,47	27,44	23,31	17,07	12,79	9,975	8,374	7,828	8,153
	0,050	07,59	07,75	08,03	08,34	08,61	09,29	10,02	10,62	12,19	14,98	17,53
		336,9	319,2	301,7	283,5	266,2	234,6	208,8	191,8	201,8	237,4	272,8
		55,11	46,55	39,59	33,61	28,70	21,25	16,15	12,86	11,08	10,59	11,15
	0,060	05,88	06,00	06,20	06,42	06,53	06,93	07,36	07,66	09,24	10,94	
		343,6	327,5	311,3	294,3	278,0	248,7	226,1	216,1	250,2	287,6	
		75,32	64,36	55,24	47,46	40,97	31,05	24,34	20,19	18,17	17,96	
	0,070	04,71	04,81	04,95	05,10	05,17	05,39	05,63	06,16	07,24	08,35	
		349,2	332,6	317,9	302,3	287,5	261,5	245,4	260,6	297,1	336,6	
		97,70	84,32	73,06	63,42	55,33	42,98	34,77	29,91	27,87	28,19	
	0,080	03,88	03,94	04,04	04,16	04,21	04,33	04,45	05,08	05,83		
		358,1	341,3	325,7	310,8	297,7	277,8	271,2	304,3	342,6		
		122,3	106,5	93,14	81,66	72,02	57,35	47,79	42,42	40,60		
	0,090	03,27	03,31	03,37	03,46	03,49	03,55	03,79	04,27	04,80		
		366,1	350,9	337,0	323,8	312,5	296,6	311,8	346,9	387,0		
		149,2	131,1	115,7	102,4	91,31	74,49	63,76	58,12	56,79		
	0,100	02,81	02,84	02,86	02,93	02,95	02,99	03,29	03,64			$R_{(p)}$
		373,8	360,3	348,1	336,8	327,4	321,1	351,5	388,9			$R_{(w)}$
		178,8	158,4	141,0	126,0	113,5	94,72	83,06	77,41			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h		r/h										
	3,5	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	32,96	33,41	34,95	36,92	40,14	46,23	53,17	61,97	70,91	84,70	119,2
		246,2	219,0	202,3	185,8	171,2	146,5	126,3	108,8	93,29	82,57	92,30
		7,485	5,843	4,647	3,721	3,025	2,075	1,474	1,069	0,786	0,609	0,546
	0,020	28,59	28,95	30,28	31,79	34,49	39,47	45,11	52,24	59,16	72,51	97,86
		253,8	227,0	209,4	193,6	179,3	154,5	133,4	114,8	98,72	88,83	104,0
		9,123	7,203	5,784	4,672	3,826	2,649	1,891	1,374	1,018	0,805	0,741
	0,023	23,67	23,99	25,05	26,09	28,24	32,04	36,28	41,58	46,37	58,15	74,87
		263,2	237,4	218,4	203,5	189,7	164,6	142,4	122,6	106,3	98,55	121,2
		11,85	9,493	7,713	6,298	5,201	3,643	2,615	1,909	1,435	1,171	1,114
	0,026	20,07	20,35	21,21	22,01	23,71	26,70	30,01	33,96	37,32	47,34	58,95
		270,3	245,6	225,8	211,7	198,2	172,9	149,8	129,3	113,6	112,0	138,1
		14,88	12,06	9,897	8,149	6,776	4,768	3,455	2,541	1,944	1,635	1,596
	0,030	16,56	16,80	17,48	18,13	19,34	21,56	24,00	26,71	28,85	36,79	45,10
		277,1	254,3	237,2	220,3	207,1	181,7	158,0	137,4	123,1	133,6	160,3
		19,38	15,90	13,17	10,94	9,163	6,540	4,757	3,544	2,783	2,429	2,433
	0,035	13,46	13,66	14,18	14,69	15,51	17,08	18,79	20,52	21,75	27,85	33,95
		283,4	265,8	249,2	232,3	216,6	190,0	166,2	146,5	137,1	160,0	187,6
		25,63	21,27	17,80	14,92	12,58	9,078	6,684	5,083	4,128	3,744	3,840
	0,040	11,23	11,40	11,81	12,22	12,78	13,92	15,13	16,25	17,68	22,28	26,49
		290,6	273,9	257,9	241,3	225,7	197,3	173,7	157,1	156,4	185,7	214,6
		32,50	27,23	22,95	19,37	16,44	12,00	8,966	6,976	5,850	5,474	5,709
	0,045	09,55	09,70	10,03	10,36	10,74	11,58	12,45	13,18	14,88	18,22	21,26
		295,4	279,7	264,2	248,1	232,8	205,0	182,5	168,1	180,8	210,9	241,3
		39,92	33,70	28,60	24,29	20,73	15,32	11,63	9,269	8,005	7,676	8,105
	0,050	08,25	08,38	08,64	08,92	09,17	09,79	10,43	10,90	12,67	15,16	17,45
		298,7	283,8	269,0	253,5	238,6	211,9	191,1	179,2	204,7	235,7	267,8
		47,85	40,66	34,71	29,65	25,46	19,06	14,73	12,01	10,64	10,42	11,09
	0,060	06,37	06,47	06,64	06,82	06,93	07,27	07,62	08,01	09,49	11,01	
		302,3	289,1	275,7	261,6	248,2	224,6	208,4	220,8	251,2	284,3	
		65,16	55,99	48,32	41,76	36,28	27,92	22,35	19,03	17,60	17,73	
	0,070	05,08	05,16	05,27	05,40	05,44	05,62	05,81	06,41	07,38	08,37	
		310,7	295,7	281,8	268,6	257,0	239,4	236,6	264,2	296,3	331,8	
		84,40	73,27	63,88	55,84	49,09	38,86	32,19	28,44	27,15	27,89	
	0,080	04,16	04,22	04,29	04,39	04,41	04,49	04,64	05,25	05,91		
		318,3	304,9	292,7	281,3	271,4	257,8	276,8	306,2	340,2		
		105,7	92,67	81,62	72,13	64,19	52,21	44,61	40,64	39,72		
	0,090	03,50	03,52	03,57	03,64	03,65	03,68	03,95	04,38	04,85		
		330,1	316,7	305,2	295,0	288,4	290,5	316,0	347,1	383,1		
		129,3	114,4	101,8	90,92	81,85	68,31	59,98	56,01	55,75		
	0,100	02,99	03,01	03,02	03,07	03,08	03,15	03,41	03,72			$R_{(p)}$
		344,3	333,3	324,3	316,8	312,3	326,9	354,1	387,1			$R_{(w)}$
		155,5	138,8	124,6	112,5	102,4	87,51	78,67	74,97			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 4 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	4,0	r/h										
		0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	35,49	35,99	37,37	39,44	42,64	48,80	55,99	64,62	73,18	89,62	120,1
		229,0	204,8	186,7	172,6	159,8	137,5	118,6	101,8	87,41	78,71	92,47
		6,680	5,270	4,229	3,414	2,795	1,934	1,379	1,001	0,740	0,584	0,538
	0,020	30,79	31,15	32,39	33,99	36,67	41,71	47,43	54,43	60,93	75,90	98,19
		235,4	212,0	192,8	179,3	166,8	144,3	124,6	107,0	92,44	84,92	103,8
		8,141	6,493	5,257	4,279	3,526	2,461	1,762	1,283	0,958	0,775	0,732
	0,023	25,52	25,77	26,81	27,93	30,06	33,88	38,13	43,24	47,61	60,11	74,81
		243,0	220,9	200,9	187,7	175,5	152,7	132,1	113,7	99,64	97,99	120,4
		10,57	8,542	6,994	5,749	4,773	3,365	2,423	1,777	1,353	1,133	1,109
	0,026	21,65	21,87	22,72	23,53	25,25	28,23	31,46	35,24	38,22	48,49	58,93
		248,5	227,2	208,2	194,3	182,4	159,5	138,3	119,7	106,7	114,0	136,9
		13,26	10,83	8,947	7,411	6,190	4,401	3,189	2,362	1,838	1,588	1,583
	0,030	17,87	18,06	18,73	19,35	20,59	22,77	25,10	27,62	29,45	37,34	45,26
		259,5	233,4	218,3	203,1	189,3	166,5	145,0	127,0	117,3	134,9	158,5
		17,22	14,23	11,86	9,903	8,326	5,978	4,374	3,296	2,644	2,370	2,417
	0,035	14,51	14,68	15,18	15,66	16,48	18,00	19,58	21,14	22,48	28,48	33,97
		267,1	242,0	227,5	212,5	198,5	173,0	152,1	136,9	135,3	160,4	185,2
		22,69	18,95	15,94	13,42	11,36	8,259	6,136	4,741	3,945	3,670	3,819
	0,040	12,10	12,24	12,62	13,00	13,55	14,62	15,71	16,69	18,45	22,65	26,45
		262,0	247,8	233,8	219,4	205,6	180,7	160,6	147,7	159,4	185,3	211,6
		28,68	24,16	20,47	17,35	14,79	10,89	8,237	6,535	5,623	5,384	5,682
	0,045	10,27	10,39	10,69	10,99	11,36	12,13	12,89	13,50	15,40	18,44	21,20
		265,0	251,7	238,4	224,5	211,2	187,4	169,0	158,7	183,0	209,8	237,7
		35,13	29,81	25,41	21,69	18,60	13,90	10,71	8,726	7,732	7,572	8,072
	0,050	08,86	08,96	09,19	09,43	09,68	10,22	10,76	11,15	13,03	15,31	17,39
		266,9	254,4	241,8	228,6	216,0	193,7	177,3	180,6	206,1	233,9	263,7
		42,01	35,88	30,78	26,43	22,81	17,30	13,61	11,36	10,33	10,29	11,05
	0,060	06,80	06,88	07,03	07,18	07,27	07,56	07,84	08,32	08,68	11,06	
		273,8	258,6	246,8	235,3	224,4	206,2	200,7	223,9	251,1	281,2	
		57,06	49,31	42,78	37,21	32,54	25,46	20,82	18,17	17,19	17,56	
	0,070	05,41	05,47	05,56	05,66	05,68	05,82	05,97	06,60	07,48	08,39	
		282,0	268,2	256,5	246,0	237,0	225,4	240,8	265,8	294,8	327,6	
		73,93	64,58	56,67	49,89	44,22	35,68	30,25	27,37	26,63	27,68	
	0,080	04,41	04,46	04,52	04,59	04,59	04,64	04,83	05,37	05,97		
		295,9	283,6	273,0	263,7	257,5	258,4	279,8	306,4	337,5		
		92,82	81,92	72,67	64,76	58,16	48,31	42,25	39,34	39,10		
	0,090	03,70	03,71	03,75	03,80	03,79	03,79	04,08	04,47	04,89		
		310,3	300,3	292,2	285,4	281,7	294,5	317,7	346,1	379,4		
		114,0	101,6	91,10	82,13	74,67	63,69	57,20	54,49	55,01		
	0,100	03,16	03,16	03,17	03,21	03,19	03,28	03,51	03,78			$R_{(p)}$
		328,8	320,0	314,2	310,9	310,7	329,8	354,7	384,9			$R_{(w)}$
		137,7	123,9	112,2	102,3	94,07	82,16	75,46	73,22			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 5 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	r/h										
	5,0	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	40,31	40,90	42,00	44,25	47,41	53,69	60,87	69,27	76,84	96,11	120,7
		200,2	181,3	164,7	151,0	140,8	122,0	105,1	90,14	78,35	75,17	92,14
		5,476	4,396	3,579	2,927	2,420	1,697	1,217	0,887	0,667	0,549	0,529
	0,020	35,01	35,44	36,44	38,19	40,82	45,91	51,62	58,19	63,72	80,18	98,19
		204,6	186,4	170,2	155,8	145,8	126,9	109,5	94,25	82,99	85,26	102,9
		6,666	5,402	4,433	3,651	3,035	2,143	1,544	1,133	0,866	0,733	0,721
	0,023	29,05	29,31	30,19	31,41	33,48	37,28	41,39	46,01	49,52	62,44	74,64
		209,4	192,1	176,4	161,5	151,8	132,7	115,0	99,83	90,06	100,8	118,9
		8,628	7,075	5,860	4,867	4,073	2,902	2,106	1,566	1,231	1,081	1,090
	0,026	24,65	24,80	25,58	26,45	28,11	31,00	33,99	37,30	39,57	49,75	59,41
		212,5	196,1	180,8	167,9	156,2	137,2	119,5	105,0	98,31	115,9	134,7
		10,78	8,924	7,448	6,226	5,238	3,764	2,757	2,084	1,684	1,526	1,567
	0,030	20,32	20,43	21,05	21,61	22,86	24,91	26,95	29,07	30,84	38,33	42,42
		214,7	199,4	186,7	174,5	162,9	142,0	124,8	113,0	115,9	135,7	155,5
		13,92	11,63	9,787	8,243	6,979	5,073	3,772	2,922	2,447	2,293	2,397
	0,035	16,46	16,56	17,01	17,42	18,22	19,57	20,87	22,10	24,14	29,30	33,96
		217,2	203,3	192,0	180,2	169,0	148,9	133,1	123,7	139,4	160,0	181,3
		18,22	15,37	13,04	11,07	9,442	6,974	5,300	4,241	3,693	3,574	3,793
	0,040	13,67	13,75	14,08	14,38	14,90	15,80	16,65	17,36	19,54	23,12	26,38
		221,3	206,1	195,5	184,4	173,8	155,1	141,3	142,5	162,2	183,8	206,9
		22,89	19,47	16,64	14,23	12,23	9,191	7,153	5,906	5,315	5,268	5,649
	0,045	11,56	11,63	11,87	12,09	12,43	13,03	13,59	14,00	16,12	18,72	21,11
		224,8	210,6	198,0	187,7	178,0	161,1	149,8	164,1	184,6	207,2	232,3
		27,92	23,92	20,58	17,73	15,36	11,76	9,374	7,966	7,368	7,435	8,030
	0,050	09,93	09,98	10,16	10,33	10,53	10,94	11,31	11,61	13,53	15,49	17,30
		228,1	215,0	203,1	192,0	182,3	168,5	167,3	185,2	206,5	230,3	257,5
		33,31	28,73	24,89	21,60	18,86	14,71	12,01	10,47	9,904	10,13	11,00
	0,060	07,57	07,60	07,70	07,79	07,86	08,04	08,19	08,79	09,95	11,13	
		237,2	225,9	216,1	207,5	200,3	192,4	206,6	226,3	249,4	276,0	
		45,23	39,51	34,69	30,56	27,12	21,95	18,70	17,02	16,64	17,36	
	0,070	05,98	06,01	06,06	06,11	06,11	06,17	06,23	06,89	07,64	08,42	
		250,8	241,1	233,1	227,0	222,4	227,8	244,8	266,1	291,3	320,9	
		58,88	52,07	46,31	41,39	37,30	31,25	27,59	25,94	25,96	27,41	
	0,080	04,86	04,88	04,91	04,94	04,90	04,91	05,13	05,57	06,08		
		267,9	260,2	254,4	250,6	250,1	263,1	281,8	304,9	332,4		
		74,52	66,68	60,04	54,40	49,73	42,94	39,07	37,64	38,30		
	0,090	04,06	04,06	04,07	04,09	04,05	04,06	04,31	04,62	04,97		
		288,1	282,7	280,3	279,1	282,2	297,6	317,9	342,9	372,9		
		92,43	83,63	76,20	69,91	64,74	57,40	53,48	52,50	54,06		
	0,100	03,47	03,44	03,44	03,45	03,42	03,52	03,69	03,90			$R_{(p)}$
		312,8	309,5	307,8	307,6	314,1	331,2	353,2	380,2			$R_{(w)}$
		112,9	103,2	95,09	88,23	82,66	74,94	71,21	70,93			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 6 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	r/h										
	7,0	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	49,27	49,95	50,62	53,08	56,13	62,34	69,16	76,31	81,70	102,1	120,3
		157,9	145,4	133,8	122,5	112,3	98,09	84,92	73,85	68,75	78,08	90,85
		3,966	3,259	2,704	2,248	1,883	1,343	0,975	0,727	0,576	0,511	0,520
	0,020	42,80	43,28	43,92	45,80	48,29	53,18	58,37	63,68	67,33	83,84	98,29
		159,7	147,7	136,5	125,4	115,4	100,7	87,66	77,30	75,28	87,85	101,1
		4,802	3,976	3,319	2,775	2,335	1,677	1,228	0,929	0,755	0,688	0,711
	0,023	35,46	35,73	36,31	37,58	39,47	42,93	46,41	49,87	52,75	64,17	75,47
		161,0	149,8	139,2	128,7	119,2	103,8	91,44	83,47	88,43	102,2	116,3
		6,160	5,147	4,329	3,646	3,086	2,242	1,667	1,294	1,089	1,026	1,077
	0,026	30,01	30,12	30,65	31,50	32,96	35,44	37,80	40,11	42,41	51,56	59,79
		162,9	151,0	141,0	131,0	122,5	107,8	96,28	91,34	102,1	116,4	131,4
		7,629	6,423	5,437	4,607	3,922	2,886	2,184	1,740	1,511	1,461	1,551
	0,030	24,61	24,58	25,04	25,53	26,58	28,20	29,61	30,98	33,69	39,90	45,53
		166,0	154,5	144,2	134,5	126,0	112,5	103,1	106,3	119,9	135,0	151,4
		9,745	8,274	7,058	6,028	5,173	3,876	3,009	2,480	2,232	2,215	2,377
	0,035	19,77	19,73	20,03	20,26	20,96	21,91	22,68	23,38	26,08	30,17	33,94
		169,0	158,7	149,3	140,5	132,9	120,8	116,0	127,3	141,7	157,8	176,3
		12,63	10,82	9,317	8,035	6,967	5,351	4,290	3,674	3,427	3,478	3,767
	0,040	16,28	16,23	16,42	16,56	16,98	17,53	17,95	18,29	20,79	23,64	26,31
		171,9	162,7	154,3	146,5	140,3	131,8	135,0	147,7	162,9	180,4	201,0
		15,79	13,65	11,85	10,32	9,047	7,126	5,891	5,214	4,996	5,154	5,616
	0,045	13,66	13,62	13,73	13,80	14,05	14,37	14,58	14,96	16,98	19,06	21,03
		177,2	168,8	161,5	155,1	149,8	144,6	154,2	167,7	183,9	202,8	225,8
		18,23	16,77	14,69	12,92	11,45	9,242	7,859	7,148	6,995	7,300	7,990
	0,050	11,65	11,61	11,67	11,70	11,84	12,00	12,10	12,64	14,15	15,71	17,22
		183,8	176,1	169,6	164,4	160,9	162,0	173,0	187,3	204,5	224,9	251,9
		23,01	20,22	17,87	15,87	14,21	11,74	10,24	9,528	9,477	9,976	10,95
	0,060	08,80	08,76	08,77	08,76	08,77	08,78	08,75	09,42	10,31	11,26	
		200,3	194,6	190,8	188,6	188,5	197,1	209,7	225,7	245,2	268,8	
		31,65	28,27	25,41	22,98	20,98	18,08	16,42	15,82	16,10	17,15	
	0,070	06,93	06,89	06,87	06,85	06,81	06,75	06,85	07,33	07,89	08,51	
		222,3	219,6	218,1	217,5	220,5	231,0	245,3	263,2	285,2	314,5	
		42,02	38,08	34,76	31,97	29,68	26,47	24,82	24,49	25,31	27,15	
	0,080	05,64	05,60	05,57	05,54	05,48	05,39	05,80	05,90	06,27		
		248,8	246,7	245,9	247,5	252,0	264,1	280,1	300,0	324,6		
		54,40	49,96	46,25	43,15	40,66	37,28	35,79	35,92	37,51		
	0,090	04,70	04,67	04,64	04,60	04,53	04,56	04,69	04,88	05,13		
		274,9	273,5	273,5	277,4	282,7	296,4	314,2	336,2	366,5		
		69,10	64,23	60,19	56,85	54,22	50,84	48,70	50,52	53,14		
	0,100	04,03	03,98	03,95	03,91	03,92	03,94	04,02	04,13			$R_{(p)}$
		300,8	300,3	301,7	306,7	312,8	328,2	347,7	371,9			$R_{(w)}$
		86,42	81,18	76,89	73,39	70,70	67,50	66,91	68,67			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 7 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	10	r/h 0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	61,15	61,77	62,00	64,39	67,08	72,51	78,01	82,96	87,49	104,8	121,5
		117,5	109,2	101,9	94,54	87,78	76,16	67,78	63,96	69,46	79,08	89,20
		2,709	2,272	1,917	1,619	1,374	1,003	0,752	0,592	0,507	0,486	0,514
	0,020	52,93	53,29	53,49	55,27	57,38	61,40	65,30	68,70	72,18	86,23	99,23
		119,2	110,5	102,7	95,83	89,40	78,37	71,45	69,92	78,28	88,25	99,05
		3,250	2,742	2,326	1,975	1,685	1,246	0,950	0,766	0,675	0,659	0,704
	0,023	43,55	43,65	43,84	44,94	46,43	49,02	51,37	53,33	56,93	66,90	75,98
		121,0	113,1	105,8	99,02	93,03	83,51	78,01	81,85	91,25	101,8	113,8
		4,120	3,506	2,997	2,565	2,206	1,663	1,303	1,087	0,991	0,992	1,069
	0,026	36,57	36,49	36,67	37,33	38,40	40,06	41,48	42,62	46,26	53,44	60,05
		122,6	115,3	108,7	102,5	97,03	88,93	86,08	94,10	104,0	115,3	128,4
		5,060	4,336	3,735	3,222	2,796	2,151	1,731	1,409	1,395	1,421	1,542
	0,030	29,68	29,46	29,62	29,92	30,62	31,55	32,22	32,76	36,16	41,05	45,64
		124,7	118,3	112,5	107,5	103,4	98,01	101,4	110,1	120,7	133,0	147,8
		6,425	5,560	4,834	4,216	3,701	2,929	2,436	2,171	2,093	2,167	2,366
	0,035	23,57	23,34	23,41	23,45	23,88	24,29	24,50	24,65	27,63	30,87	33,97
		131,0	125,3	120,5	116,2	113,6	113,0	120,1	129,6	141,2	155,0	172,0
		8,329	7,280	6,415	5,671	5,052	4,133	3,568	3,292	3,257	3,420	3,752
	0,040	19,24	19,04	19,02	18,94	19,20	19,34	19,31	19,70	21,86	24,12	26,33
		138,2	133,7	130,1	127,5	126,3	130,5	138,4	148,7	161,4	176,8	196,7
		10,48	9,277	8,261	7,398	6,683	5,637	5,020	4,760	4,797	5,085	5,597
	0,045	16,05	15,88	15,82	15,70	15,83	15,82	15,66	16,23	17,77	19,41	21,04
		147,6	144,3	142,0	141,4	141,8	147,6	156,3	167,5	181,4	198,4	222,1
		12,92	11,56	10,41	9,437	8,636	7,484	6,840	6,622	6,765	7,220	7,966
	0,050	13,64	13,49	13,40	13,28	13,32	13,22	13,03	13,65	14,77	15,99	17,23
		159,3	157,4	158,4	156,1	157,8	164,4	173,9	186,1	201,2	219,9	247,6
		15,69	14,17	12,90	11,83	10,95	9,718	9,074	8,930	9,216	9,883	10,92
	0,060	10,30	10,18	10,08	09,95	09,91	09,73	09,61	10,12	10,75	11,47	
		186,1	184,9	184,6	186,0	189,0	197,3	208,4	222,6	240,3	264,2	
		22,34	20,55	19,07	17,83	16,84	15,52	14,97	15,08	15,78	17,03	
	0,070	08,15	08,05	07,95	07,84	07,75	07,55	07,61	07,88	08,25	08,68	
		212,5	212,0	212,8	215,7	219,5	229,3	242,3	258,6	279,0	310,5	
		30,73	28,73	27,08	25,73	24,68	23,40	23,07	23,60	24,91	27,00	
	0,080	06,66	06,59	06,49	06,39	06,29	06,17	06,24	06,37	06,58		
		238,8	239,0	241,0	244,7	249,3	260,7	275,5	294,1	320,7		
		41,18	39,01	37,25	35,85	34,80	33,68	33,74	34,88	37,04		
	0,090	05,62	05,55	05,46	05,37	05,31	05,25	05,25	05,29	05,41		
		265,0	266,0	268,8	273,3	278,6	291,7	308,3	330,0	363,4		
		53,97	51,69	49,88	48,49	47,52	46,73	47,36	49,31	52,58		
	0,100	04,88	04,82	04,75	04,69	04,64	04,56	04,51	04,50			$R_{(p)}$
		291,3	293,1	296,1	301,3	307,4	322,1	340,7	369,6			$R_{(w)}$
		69,40	67,07	65,29	63,98	63,16	62,87	64,27	67,30			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 8 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	s/h	r/h = 0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
15	0,018	77,05	77,10	76,80	76,56	80,36	83,06	87,01	89,13	94,50	109,2	122,7
		83,84	78,92	74,45	70,26	66,61	61,29	59,74	64,77	71,22	78,70	87,50
		1,669	1,430	1,231	1,062	0,922	0,709	0,571	0,492	0,462	0,471	0,511
	0,020	66,11	65,98	65,51	66,78	68,05	70,34	72,27	73,44	78,70	89,81	100,2
		84,74	80,28	76,23	72,49	69,61	65,67	67,15	72,65	79,45	87,46	97,10
		1,989	1,717	1,488	1,294	1,132	0,889	0,734	0,649	0,622	0,642	0,700
	0,023	53,73	53,37	52,99	53,63	54,38	55,55	56,40	56,77	61,57	69,23	76,51
		88,07	84,06	80,64	77,64	75,36	73,96	78,30	84,25	91,64	100,5	111,5
		2,514	2,191	1,920	1,689	1,497	1,211	1,034	0,945	0,928	0,971	1,064
	0,026	44,65	44,17	43,85	44,12	44,56	45,09	45,35	45,30	49,56	55,09	60,43
		91,78	88,45	85,91	83,84	82,67	84,43	89,21	95,66	103,7	113,5	125,8
		3,098	2,727	2,414	2,149	1,928	1,604	1,410	1,322	1,323	1,397	1,536
	0,030	35,87	35,33	35,08	35,07	35,26	35,32	35,17	34,89	38,44	42,20	45,92
		98,97	96,62	95,00	94,48	94,67	98,07	103,5	110,6	119,6	130,7	144,8
		3,983	3,550	3,185	2,876	2,622	2,254	2,046	1,971	2,007	2,139	2,359
	0,035	28,29	27,82	27,55	27,37	27,41	27,18	26,80	27,00	29,26	31,71	34,20
		111,1	109,9	109,4	109,3	110,5	114,7	120,9	129,1	139,3	152,0	169,3
		5,285	4,780	4,356	4,000	3,709	3,302	3,093	3,051	3,154	3,386	3,744
	0,040	23,04	22,65	22,37	22,11	22,07	21,72	21,24	21,64	23,12	24,79	28,53
		124,6	123,8	123,7	124,3	126,0	131,1	138,1	147,3	158,8	173,2	194,1
		6,841	6,271	5,796	5,399	5,081	4,651	4,461	4,478	4,877	5,044	5,586
	0,045	19,26	18,92	18,65	18,36	18,28	17,88	17,36	17,83	18,83	18,99	21,24
		138,0	137,6	137,8	139,2	141,3	147,2	155,1	165,3	178,1	194,4	219,0
		8,689	8,062	7,543	7,115	6,778	6,346	6,198	6,300	6,628	7,172	7,952
	0,050	16,43	16,14	15,89	15,59	15,49	15,06	14,54	15,02	15,69	16,51	17,43
		151,3	151,2	152,0	153,9	156,4	163,0	171,9	183,2	197,4	216,6	244,0
		10,87	10,19	9,637	9,187	8,841	8,428	8,349	8,567	9,080	9,829	10,91
	0,060	12,57	12,35	12,12	11,86	11,71	11,29	11,07	11,22	11,51	11,92	
		177,8	178,4	180,2	182,8	186,1	194,3	205,0	218,5	235,5	261,7	
		16,36	15,62	15,02	14,56	14,23	13,93	14,08	14,63	15,58	16,96	
	0,070	10,10	09,92	09,71	09,49	09,33	08,95	08,84	08,83	08,91	09,09	
		204,2	205,6	207,8	211,2	215,2	225,1	237,7	253,5	276,9	307,0	
		23,63	22,85	22,27	21,84	21,58	21,51	22,01	23,06	24,67	26,91	
	0,080	08,40	08,25	08,07	07,88	07,72	07,49	07,32	07,21	07,16		
		230,8	232,8	235,7	239,1	243,9	255,5	270,0	290,5	318,5		
		32,96	32,20	31,68	31,34	31,20	31,50	32,62	34,26	36,76		
	0,090	07,22	07,07	06,94	06,80	06,67	06,43	06,22	06,06	05,96		
		257,4	260,2	263,7	267,8	272,6	285,5	303,3	329,1	360,2		
		44,64	43,96	43,56	43,37	43,43	44,24	45,96	48,60	52,26		
	0,100	06,40	06,26	06,13	05,99	05,87	05,62	05,39	05,21			$R_{(p)}$
		284,1	287,6	291,9	296,8	302,4	316,0	339,4	367,9			$R_{(w)}$
		58,97	58,43	58,21	58,25	58,58	60,09	62,70	66,49			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 9 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	r/h										
	20	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	99,16	98,60	97,62	96,77	95,66	91,44	92,80	93,12	98,71	111,9	123,6
		67,37	64,44	61,94	59,77	58,42	58,02	61,25	65,72	71,31	78,08	86,53
		1,165	1,017	0,893	0,787	0,699	0,569	0,489	0,449	0,443	0,465	0,510
	0,020	76,03	75,36	74,32	75,05	75,56	76,42	76,94	76,71	82,66	91,91	100,9
		69,87	67,52	65,65	64,14	63,44	64,93	68,45	73,25	79,28	86,67	96,01
		1,395	1,228	1,088	0,969	0,870	0,725	0,639	0,600	0,601	0,636	0,699
	0,023	61,40	60,61	59,76	59,98	60,13	60,21	60,04	59,39	64,42	70,77	77,05
		75,43	73,76	72,67	72,41	72,62	75,09	79,07	84,41	91,14	99,50	110,2
		1,783	1,590	1,427	1,289	1,176	1,012	0,919	0,886	0,903	0,963	1,063
	0,026	50,84	50,02	49,32	49,25	49,21	48,89	48,37	47,58	51,77	56,31	60,89
		82,72	81,82	81,42	81,40	82,09	85,06	89,52	95,44	102,9	112,3	124,3
		2,231	2,012	1,829	1,674	1,548	1,370	1,277	1,255	1,295	1,388	1,534
	0,030	40,81	40,01	39,45	39,19	39,01	38,43	37,69	37,47	40,17	43,19	46,31
		93,64	93,03	92,93	93,34	94,52	98,11	103,3	110,0	118,5	129,2	143,7
		2,935	2,686	2,477	2,304	2,164	1,974	1,888	1,892	1,974	2,128	2,356
	0,035	32,28	31,62	31,11	30,74	30,50	29,79	28,96	29,03	30,64	32,53	34,56
		107,1	106,8	107,1	108,2	109,8	114,2	120,2	128,0	137,8	150,3	168,2
		4,015	3,732	3,499	3,307	3,156	2,965	2,904	2,958	3,115	3,373	3,740
	0,040	26,44	25,90	25,42	25,02	24,75	24,01	23,16	23,36	24,32	25,52	26,86
		120,4	120,5	121,3	122,8	124,8	130,0	136,9	145,8	157,0	171,3	192,7
		5,353	5,042	4,790	4,587	4,433	4,256	4,242	4,370	4,631	5,029	5,582
	0,045	22,25	21,79	21,36	20,95	20,68	19,95	19,12	19,34	19,89	20,65	21,55
		133,7	134,2	135,4	137,3	139,6	145,6	153,5	163,5	176,1	193,4	217,4
		6,985	6,655	6,392	6,186	6,037	5,897	5,949	6,177	6,576	7,155	7,947
	0,050	19,13	18,74	18,34	17,94	17,68	16,97	16,30	16,38	16,66	17,12	17,72
		146,9	147,8	149,3	151,6	154,3	161,1	169,9	181,1	195,1	215,6	242,1
		8,949	8,607	8,342	8,142	8,008	7,925	8,069	8,428	9,002	9,808	10,90
	0,060	14,86	14,55	14,22	13,85	13,60	12,95	12,56	12,39	12,36	12,46	
		173,5	176,0	177,2	179,8	183,3	191,8	202,5	215,9	235,1	260,2	
		14,02	13,68	13,44	13,29	13,21	13,32	13,74	14,46	15,51	16,93	
	0,070	12,10	11,85	11,56	11,26	11,00	10,51	10,15	09,86	09,67	09,59	
		200,1	202,4	205,2	208,5	212,3	222,1	234,7	252,3	276,0	305,0	
		20,87	20,58	20,40	20,34	20,38	20,79	21,61	22,86	24,59	26,87	
	0,080	10,19	09,98	09,73	09,51	09,29	08,87	08,48	08,14	07,87		
		226,8	229,8	233,4	237,4	242,0	253,1	268,0	290,2	317,1		
		29,79	29,58	29,53	29,61	29,82	30,67	32,05	34,02	36,65		
	0,090	08,91	08,71	08,49	08,28	08,07	07,66	07,27	06,91	06,60		
		253,7	257,4	261,6	266,4	271,8	284,7	303,5	328,4	358,5		
		41,06	41,00	41,13	41,42	41,87	43,30	45,43	48,33	52,13		
	0,100	07,93	07,73	07,53	07,33	07,14	06,74	06,35	05,99			$R_{(p)}$
		280,7	285,0	290,0	295,5	301,7	316,3	339,2	366,7			$R_{(w)}$
		54,98	55,13	55,51	56,07	56,84	59,03	62,11	66,18			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 10 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	30	r/h 0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	107,5	105,9	103,9	103,9	103,5	102,7	101,6	99,64	106,5	115,6	125,2
		57,01	56,47	56,27	56,32	56,80	58,77	61,75	65,74	70,80	77,19	85,46
		0,723	0,653	0,595	0,546	0,506	0,449	0,421	0,415	0,429	0,460	0,509
	0,020	91,40	89,87	87,98	87,84	87,21	86,02	84,61	82,49	88,29	95,19	102,3
		62,50	62,10	62,05	62,28	63,00	65,27	68,59	72,98	78,56	85,64	94,83
		0,885	0,808	0,744	0,691	0,647	0,589	0,562	0,561	0,585	0,631	0,698
	0,023	73,88	72,42	70,91	70,45	69,73	68,24	66,58	65,01	68,94	73,48	78,30
		70,61	70,44	70,61	71,20	72,15	74,89	78,74	83,77	90,15	98,27	109,0
		1,172	1,086	1,015	0,956	0,909	0,849	0,828	0,841	0,865	0,957	1,061
	0,026	61,46	60,12	58,87	58,26	57,51	55,92	54,18	53,13	55,63	58,67	62,02
		78,65	78,70	79,13	80,00	81,18	84,40	88,80	94,47	101,7	110,9	123,4
		1,521	1,427	1,350	1,287	1,239	1,182	1,172	1,203	1,273	1,381	1,533
	0,030	49,80	48,64	47,60	46,91	46,18	44,58	42,85	42,15	43,47	45,25	47,35
		89,30	89,65	90,42	91,59	93,08	96,96	102,1	108,7	117,0	127,6	142,9
		2,094	1,992	1,910	1,846	1,799	1,753	1,766	1,831	1,949	2,120	2,354
	0,035	39,96	39,03	38,13	37,42	36,74	35,21	33,55	33,04	33,51	34,36	35,50
		102,6	103,3	104,4	105,9	107,8	112,5	118,6	126,6	136,0	148,8	167,0
		3,013	2,905	2,823	2,761	2,722	2,703	2,759	2,887	3,086	3,364	3,738
	0,040	33,23	32,45	31,66	30,97	30,34	28,90	27,34	26,91	26,89	27,18	27,74
		115,8	116,9	118,3	120,1	122,4	127,9	134,9	143,8	154,9	170,7	191,3
		4,191	4,084	4,007	3,956	3,931	3,956	4,075	4,287	4,597	5,018	5,579
	0,045	28,37	27,71	27,00	26,34	25,76	24,42	23,10	22,56	22,25	22,19	22,38
		129,1	130,5	132,3	134,4	136,8	143,2	151,2	161,2	174,2	192,5	215,7
		5,665	5,565	5,502	5,468	5,466	5,554	5,759	6,083	6,537	7,142	7,943
	0,050	24,73	24,15	23,51	22,89	22,35	21,10	20,01	19,34	18,85	18,57	18,51
		142,4	144,2	146,3	148,8	151,6	158,5	167,4	178,5	194,2	214,5	240,2
		7,472	7,388	7,346	7,339	7,370	7,541	7,858	8,324	8,958	9,793	10,89
	0,060	19,65	19,19	18,86	18,10	17,64	16,58	15,73	14,95	14,28	13,76	
		169,2	171,6	174,5	177,6	181,2	189,8	200,5	214,8	234,5	258,6	
		12,24	12,21	12,24	12,31	12,44	12,86	13,48	14,33	15,46	16,91	
	0,070	16,29	15,91	15,46	15,01	14,59	13,75	12,92	12,13	11,40	10,77	
		196,0	199,1	202,7	206,6	211,0	221,3	234,0	252,2	274,9	303,0	
		18,77	18,84	18,98	19,20	19,47	20,24	21,31	22,71	24,52	26,85	
	0,080	14,04	13,67	13,29	12,91	12,52	11,74	10,96	10,18	09,44		
		223,1	226,8	231,1	235,7	240,9	252,9	268,4	289,7	315,6		
		27,38	27,60	27,91	28,30	28,78	30,04	31,71	33,85	36,58		
	0,090	12,35	12,01	11,67	11,32	10,96	10,24	09,50	08,76	08,04		
		250,2	254,6	259,6	265,0	270,9	284,7	303,5	327,5	356,5		
		38,35	38,76	39,30	39,94	40,70	42,59	45,04	48,13	52,04		
	0,100	11,02	10,71	10,39	10,07	09,75	09,07	08,38	07,68			$R_{(p)}$
		277,5	282,6	288,2	294,3	301,1	316,6	338,9	365,4			$R_{(w)}$
		51,87	52,64	53,48	54,43	55,53	58,24	61,67	65,96			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 11 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	45	r/h 0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	130,3	127,6	124,3	120,3	121,4	117,9	114,2	110,1	115,1	121,2	128,0
		54,27	54,36	54,69	55,29	56,09	58,29	61,30	65,19	70,13	76,45	84,71
		0,494	0,464	0,441	0,421	0,406	0,389	0,387	0,398	0,422	0,458	0,508
	0,020	111,6	109,1	106,4	105,2	103,3	99,82	96,14	92,80	95,90	100,0	104,8
		59,60	59,84	60,34	61,08	62,04	64,57	67,95	72,28	77,78	84,81	94,22
		0,625	0,594	0,569	0,549	0,535	0,521	0,524	0,543	0,577	0,628	0,697
	0,023	91,35	89,14	86,92	85,60	83,90	80,52	76,95	74,30	75,61	77,78	80,95
		67,57	68,03	68,73	69,70	70,89	73,91	77,86	82,88	89,22	97,32	108,6
		0,868	0,835	0,810	0,791	0,778	0,770	0,785	0,820	0,876	0,955	1,061
	0,026	77,02	75,08	73,20	71,86	70,29	67,08	63,68	61,42	61,66	62,60	64,14
		75,53	76,20	77,11	78,26	79,67	83,20	87,72	93,43	100,6	109,8	122,9
		1,172	1,139	1,115	1,098	1,089	1,092	1,122	1,179	1,269	1,378	1,532
	0,030	63,51	61,91	60,28	58,98	57,57	54,60	51,45	49,50	48,88	48,82	49,30
		86,14	87,09	88,29	89,67	91,31	95,51	100,8	107,4	115,8	126,9	142,1
		1,687	1,656	1,636	1,625	1,623	1,648	1,708	1,803	1,937	2,116	2,353
	0,035	51,98	50,67	49,27	48,05	46,80	44,13	41,26	39,53	38,35	37,59	37,29
		99,43	100,7	102,3	104,0	106,0	110,9	117,1	124,9	134,6	148,5	166,2
		2,533	2,509	2,499	2,501	2,515	2,579	2,691	2,853	3,072	3,359	3,737
	0,040	43,95	42,85	41,63	40,49	39,38	36,95	34,44	32,75	31,30	30,16	29,40
		112,7	114,4	116,3	118,4	120,8	126,5	133,7	142,5	154,3	170,2	190,3
		3,638	3,628	3,635	3,656	3,693	3,813	3,997	4,249	4,581	5,013	5,578
	0,045	38,06	37,11	36,03	34,98	33,97	31,75	29,62	27,89	26,31	24,96	23,94
		126,1	128,0	130,3	132,8	135,6	142,2	150,3	160,4	174,1	191,9	214,5
		5,040	5,050	5,082	5,130	5,197	5,393	5,671	6,040	6,519	7,136	7,941
	0,050	33,57	32,72	31,75	30,78	29,86	27,83	25,97	24,24	22,62	21,17	19,98
		139,5	141,8	144,4	147,2	150,4	157,8	167,0	178,2	194,0	213,7	238,8
		6,777	6,814	6,878	6,961	7,070	7,362	7,759	8,275	8,938	9,786	10,89
	0,060	27,17	26,48	25,68	24,84	24,06	22,43	20,81	19,18	17,58	16,07	14,74
		166,4	169,3	172,6	176,2	180,1	189,3	200,5	214,9	233,9	257,5	
		11,40	11,52	11,67	11,86	12,08	12,64	13,36	14,28	15,43	16,91	
	0,070	22,93	22,29	21,62	20,94	20,25	18,82	17,35	15,84	14,33	12,85	
		193,5	197,0	201,0	205,3	210,0	220,9	234,1	252,0	274,1	301,6	
		17,79	18,04	18,33	18,66	19,05	19,99	21,17	22,64	24,49	26,84	
	0,080	19,89	19,31	18,72	18,12	17,50	16,21	14,87	13,49	12,07		
		220,7	224,9	229,6	234,6	240,1	252,7	268,5	289,3	314,5		
		26,26	26,67	27,15	27,69	28,30	29,75	31,54	33,77	36,54		
	0,090	17,55	17,04	16,50	15,96	15,40	14,24	13,02	11,74	10,42		
		248,0	252,9	258,2	264,0	270,3	284,7	303,4	326,3	355,1		
		37,09	37,72	38,45	39,25	40,15	42,26	44,85	48,04	52,00		
	0,100	15,70	15,24	14,75	14,26	13,75	12,69	11,57	10,39			$R_{(p)}$
		275,5	281,0	287,1	293,5	300,6	316,8	338,5	364,4			$R_{(w)}$
		50,57	51,49	52,53	53,66	54,93	57,87	61,46	65,85			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 12 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	60	r/h 0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	152,6	149,0	144,9	142,8	139,7	133,9	127,8	122,1	123,8	126,9	131,1
		52,69	53,09	53,67	54,43	55,37	57,74	60,83	64,74	69,70	76,03	84,55
		0,407	0,393	0,382	0,374	0,369	0,367	0,375	0,392	0,419	0,457	0,508
	0,020	131,9	128,6	125,2	123,0	120,1	114,6	108,7	103,8	103,9	105,3	107,7
		57,99	58,53	59,26	60,13	61,22	63,93	67,40	71,78	77,30	84,35	94,06
		0,528	0,514	0,504	0,497	0,493	0,495	0,510	0,536	0,575	0,627	0,697
	0,023	109,4	106,5	103,6	101,5	98,95	93,80	88,37	84,09	82,88	82,63	83,29
		65,95	66,69	67,63	68,71	69,98	73,17	77,23	82,30	88,68	96,81	108,3
		0,755	0,742	0,734	0,729	0,729	0,741	0,769	0,812	0,873	0,954	1,061
	0,026	93,26	90,83	88,30	86,25	83,94	79,19	74,14	70,31	68,32	67,09	66,65
		73,90	74,85	78,01	77,31	78,80	82,43	87,01	92,78	100,0	109,6	122,7
		1,043	1,033	1,028	1,028	1,033	1,059	1,104	1,170	1,260	1,377	1,532
	0,030	77,89	75,86	73,67	71,76	69,72	65,44	60,86	57,44	54,90	52,92	51,61
		84,53	85,75	87,18	88,77	90,59	94,88	100,2	106,9	115,2	126,8	141,8
		1,537	1,533	1,535	1,544	1,559	1,609	1,687	1,793	1,933	2,115	2,353
	0,035	64,56	62,88	61,01	59,28	57,50	53,70	49,62	46,56	43,75	41,32	39,42
		97,85	99,39	101,2	103,1	105,3	110,5	116,8	124,7	134,8	148,3	165,8
		2,358	2,365	2,382	2,406	2,440	2,534	2,666	2,841	3,067	3,357	3,736
	0,040	55,14	53,70	52,07	50,49	48,92	45,52	42,06	39,07	36,20	33,59	31,38
		111,2	113,1	115,2	117,5	120,1	126,1	133,5	142,5	154,3	169,9	189,8
		3,438	3,462	3,500	3,547	3,606	3,761	3,969	4,235	4,576	5,011	5,577
	0,045	48,13	46,87	45,43	43,99	42,58	39,50	36,48	33,61	30,79	28,13	25,78
		124,6	126,8	129,3	131,9	134,9	141,8	150,1	160,4	174,0	191,6	213,9
		4,814	4,864	4,929	5,007	5,100	5,335	5,639	6,025	6,512	7,133	7,940
	0,050	42,71	41,59	40,30	38,97	37,70	34,99	32,21	29,48	26,75	24,11	21,72
		138,1	140,6	143,4	146,4	149,7	157,5	166,9	178,3	193,9	213,3	238,1
		6,525	6,607	6,708	6,825	6,962	7,297	7,723	8,258	8,930	9,784	10,89
	0,060	34,92	33,97	32,90	31,80	30,71	28,45	26,09	23,65	21,14	18,65	
		165,1	168,2	171,7	175,4	179,6	189,0	200,4	214,9	233,7	257,0	
		11,09	11,27	11,47	11,69	11,95	12,56	13,32	14,25	15,42	16,90	
	0,070	29,66	28,79	27,88	26,95	26,00	24,01	21,92	19,73	17,46	15,15	
		192,2	196,0	200,2	204,6	209,5	220,7	234,2	251,9	273,7	300,9	
		17,44	17,74	18,09	18,47	18,90	19,89	21,12	22,62	24,48	26,83	
	0,080	25,78	25,01	24,21	23,39	22,54	20,77	18,91	16,93	14,87		
		219,5	223,9	228,8	234,0	239,7	252,8	268,5	289,0	314,0		
		25,86	26,34	26,88	27,47	28,12	29,64	31,49	33,74	36,53		
	0,090	22,79	22,10	21,38	20,65	19,89	18,30	16,62	14,83	12,94		
		247,0	252,0	257,6	263,5	269,9	284,6	303,3	326,3	354,4		
		36,64	37,35	38,15	39,01	39,95	42,14	44,78	48,01	51,99		
	0,100	20,42	19,79	19,15	18,48	17,80	16,36	14,82	13,19			$R_{(p)}$
		274,5	280,2	286,5	293,1	300,3	316,8	338,3	363,9			$R_{(w)}$
		50,06	51,07	52,19	53,39	54,71	57,74	61,39	65,81			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 13 — Rechenstützwerte

(Vergleichsspannung an der höchstbeanspruchten Stelle der Balgwelle und Axialfederkonstante)

d/h	r/h										
	100	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	215,5	209,6	203,5	196,6	192,7	180,9	168,4	156,9	150,0	144,7	141,2
		50,69	51,42	52,29	53,24	54,33	56,92	60,13	64,12	68,13	75,49	84,38
		0,333	0,332	0,332	0,334	0,337	0,348	0,364	0,387	0,418	0,457	0,508
	0,020	189,4	184,3	178,7	174,1	168,8	157,9	146,3	135,8	128,3	122,0	117,2
		55,99	56,86	57,86	58,96	60,20	63,13	66,74	71,21	76,79	83,97	93,85
		0,445	0,445	0,448	0,452	0,457	0,474	0,498	0,531	0,572	0,627	0,697
	0,023	160,3	155,9	151,2	146,9	142,2	132,5	122,1	112,7	104,9	97,86	92,03
		63,96	65,02	66,23	67,54	69,01	72,45	76,66	81,84	88,31	96,74	108,1
		0,659	0,663	0,669	0,677	0,688	0,717	0,755	0,806	0,870	0,953	1,060
	0,026	139,0	135,2	131,0	127,1	122,9	114,2	104,8	96,26	88,46	81,16	74,81
		71,94	73,19	74,61	76,14	77,83	81,78	86,59	92,50	99,84	109,5	122,3
		0,934	0,943	0,955	0,969	0,986	1,031	1,089	1,163	1,257	1,376	1,532
	0,030	118,1	114,9	111,2	107,8	104,1	96,38	88,05	80,49	72,98	65,72	59,12
		82,61	84,11	85,80	87,61	89,62	94,25	99,86	106,7	115,3	126,6	141,4
		1,411	1,429	1,450	1,475	1,505	1,577	1,669	1,784	1,929	2,114	2,353
	0,035	99,48	96,77	93,67	90,59	87,45	80,72	73,62	66,77	59,78	52,83	46,27
		95,99	97,80	99,83	102,0	104,4	109,9	116,5	124,6	134,7	148,1	165,2
		2,210	2,243	2,282	2,326	2,376	2,496	2,646	2,831	3,063	3,356	3,736
	0,040	85,98	83,63	80,29	78,18	75,41	69,46	63,29	57,05	50,58	44,03	37,69
		109,4	111,5	113,9	116,4	119,2	125,5	133,2	142,4	154,3	169,6	189,2
		3,269	3,323	3,386	3,456	3,534	3,718	3,945	4,224	4,571	5,009	5,577
	0,045	75,73	73,65	71,25	68,78	66,32	60,99	55,51	49,80	43,82	37,69	31,64
		122,9	125,3	128,0	130,9	134,0	141,2	149,9	160,4	173,9	191,1	213,2
		4,624	4,707	4,801	4,904	5,019	5,286	5,612	6,011	6,507	7,132	7,940
	0,050	67,67	65,82	63,66	61,42	59,19	54,40	49,44	44,18	38,65	32,92	27,17
		136,4	139,1	142,2	145,4	148,9	157,0	166,7	178,4	193,7	212,8	237,3
		6,313	6,432	6,566	6,711	6,871	7,243	7,693	8,243	8,924	9,782	10,89
	0,060	55,96	54,29	52,50	50,64	48,75	44,79	40,57	36,07	31,28	26,25	
		163,5	166,9	170,6	174,5	178,8	188,6	200,3	214,9	233,3	256,3	
		10,84	11,06	11,30	11,56	11,84	12,49	13,28	14,24	15,42	16,90	
	0,070	47,70	46,23	44,70	43,12	41,50	38,07	34,40	30,47	26,27	21,81	
		190,8	194,8	199,2	203,8	208,9	220,4	234,2	251,7	273,2	300,0	
		17,15	17,50	17,89	18,31	18,77	19,82	21,07	22,60	24,47	26,83	
	0,080	41,57	40,27	38,93	37,55	36,11	33,10	29,86	26,39	22,65		
		218,2	222,8	227,9	233,3	239,1	252,4	268,5	288,7	313,3		
		25,52	26,06	26,65	27,29	27,98	29,55	31,44	33,71	36,52		
	0,090	36,82	35,67	34,47	33,24	31,96	29,27	26,38	23,26	19,91		
		245,7	251,0	256,8	262,9	269,5	284,6	303,2	325,8	353,6		
		36,26	37,03	37,89	38,80	39,79	42,05	44,73	47,98	51,97		
	0,100	33,04	32,00	30,93	29,82	28,67	26,24	23,62	20,80			$R_{(p)}$
		273,4	279,3	285,8	282,6	300,0	316,9	338,0	363,2			$R_{(w)}$
		49,64	50,72	51,90	53,16	54,52	57,63	61,32	65,78			$R_{(c_w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 14 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	3,0	r/h										
		0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	3,894	4,164	4,680	5,433	6,450	9,555	15,05	25,21	44,77	78,15	117,5
		33,75	31,85	31,85	32,49	33,54	37,60	41,62	42,78	42,85	62,79	91,60
	0,020	3,232	3,547	4,042	4,766	5,741	8,724	13,97	23,53	40,80	67,83	97,03
		43,39	41,45	41,10	41,12	41,45	45,74	48,23	47,99	51,30	74,21	103,8
	0,023	2,438	2,768	3,280	4,010	5,056	8,019	12,81	21,34	35,47	55,30	74,71
		58,54	55,89	54,57	53,43	54,61	57,10	57,24	55,42	65,09	91,46	121,7
	0,026	2,286	2,702	3,291	4,043	4,988	7,593	11,89	19,37	30,84	45,60	59,07
		73,27	69,58	67,11	66,61	67,23	67,36	65,35	62,82	79,76	108,6	139,2
	0,030	2,590	2,972	3,488	4,138	4,954	7,206	10,82	16,99	25,66	35,87	44,81
		91,30	86,13	84,19	83,31	82,36	79,45	75,27	78,42	100,1	131,1	162,2
	0,035	2,871	3,218	3,669	4,228	4,925	6,836	9,699	14,37	20,57	27,30	33,88
		110,9	106,5	104,2	101,4	98,64	92,61	87,19	100,1	125,9	158,6	190,4
	0,040	3,054	3,368	3,767	4,256	4,858	6,489	8,872	12,24	16,68	21,77	26,51
		129,7	125,1	121,2	116,8	112,6	104,5	104,9	122,8	151,5	185,4	218,2
	0,045	3,154	3,439	3,793	4,221	4,743	6,132	8,110	10,80	14,19	17,91	21,32
		147,0	141,1	135,8	130,2	124,9	116,0	124,7	146,1	176,9	211,7	245,7
	0,050	3,192	3,448	3,762	4,136	4,588	5,769	7,408	9,568	12,19	14,98	17,53
		162,0	155,0	148,6	142,1	136,3	132,5	145,2	169,4	201,8	237,4	272,8
	0,060	3,140	3,344	3,586	3,870	4,206	5,058	6,188	7,606	9,243	10,94	
		187,0	178,6	171,2	164,2	162,3	169,0	187,4	215,6	250,2	287,6	
	0,070	2,991	3,150	3,335	3,549	3,797	4,412	5,203	6,163	7,242	8,346	
		208,4	199,8	195,3	193,8	195,3	207,1	229,6	260,6	297,1	336,6	
	0,080	2,802	2,924	3,063	3,224	3,407	3,854	4,417	5,087	5,831		
		231,0	226,5	224,9	225,8	229,6	245,5	271,2	304,3	342,6		
	0,090	2,601	2,694	2,799	2,919	3,055	3,383	3,790	4,271	4,803		
		257,3	254,9	255,5	258,5	264,3	283,6	311,8	346,9	387,0		
	0,100	2,406	2,476	2,555	2,644	2,746	2,988	3,288	3,641			$R_{(p)}$
		284,2	283,9	286,5	291,4	298,9	321,1	351,5	388,3			$R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 15 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	r/h										
	3,5	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	3,580	4,017	4,705	5,693	7,007	10,96	17,81	30,09	51,75	84,70	119,2
		40,17	38,37	37,94	37,79	39,25	42,55	43,99	43,19	47,09	67,28	92,30
	0,020	2,880	3,350	4,066	5,065	6,435	10,29	16,74	27,95	46,48	72,51	97,86
		50,24	47,95	46,85	47,06	48,31	50,10	49,93	48,11	56,28	78,56	104,0
	0,023	2,729	3,292	4,069	5,049	6,268	9,595	15,41	25,01	39,60	58,15	74,87
		64,94	61,60	60,87	60,91	61,01	60,36	58,02	55,72	70,83	95,41	121,2
	0,026	3,066	3,575	4,260	5,119	6,190	9,126	14,22	22,34	33,82	47,34	58,95
		78,53	75,62	74,71	73,57	72,44	69,45	65,43	67,66	85,87	112,0	138,1
	0,030	3,413	3,869	4,466	5,207	6,129	8,654	12,74	19,17	27,59	36,79	45,10
		96,65	93,56	91,15	88,44	85,79	80,15	74,92	84,79	106,2	133,6	160,3
	0,035	3,699	4,102	4,616	5,247	6,025	8,129	11,21	15,85	21,69	27,85	33,95
		117,5	112,7	108,6	104,2	99,96	92,11	92,15	107,3	131,5	160,0	187,6
	0,040	3,849	4,207	4,653	5,194	5,853	7,606	10,09	13,47	17,68	22,28	26,49
		134,9	128,7	123,2	117,5	112,2	103,7	112,0	130,3	156,4	185,7	214,6
	0,045	3,898	4,214	4,600	5,064	5,622	7,079	9,089	11,72	14,88	18,22	21,26
		149,6	142,3	135,7	129,9	123,5	121,2	132,5	153,3	180,8	210,9	241,3
	0,050	3,876	4,153	4,486	4,882	5,353	6,562	8,189	10,26	12,67	15,18	17,45
		162,3	154,2	147,0	140,2	135,5	139,5	153,4	176,1	204,7	235,7	267,8
	0,060	3,702	3,911	4,156	4,442	4,776	5,611	6,690	8,008	9,492	11,01	
		184,1	175,5	169,9	167,9	168,5	177,3	195,3	220,8	251,2	284,3	
	0,070	3,446	3,600	3,779	3,984	4,221	4,802	5,534	6,409	7,379	8,369	
		206,5	202,0	200,0	200,2	202,9	215,5	236,6	264,2	296,3	331,8	
	0,080	3,169	3,282	3,410	3,558	3,727	4,135	4,644	5,248	5,911		
		233,6	231,0	231,0	233,1	237,6	253,4	276,8	306,2	340,2		
	0,090	2,900	2,982	3,074	3,180	3,301	3,591	3,952	4,379	4,852		
		261,3	260,6	262,4	266,2	272,2	290,5	316,0	347,1	383,1		
	0,100	2,652	2,710	2,776	2,852	2,938	3,147	3,408	3,718			$R_{(p)}$
		289,4	290,3	293,7	299,0	306,3	326,9	354,1	387,1			$R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 16 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	r/h										
	4,0	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	3,231	3,881	4,846	6,177	7,952	12,76	20,98	34,98	57,89	89,62	120,1
		45,55	43,42	43,14	43,81	44,63	45,70	45,12	43,23	51,02	70,57	92,47
	0,020	3,105	3,859	4,884	6,164	7,740	12,08	19,73	32,18	51,31	75,90	98,19
		55,37	53,25	53,21	53,14	53,17	52,58	50,53	48,10	60,63	81,64	103,8
	0,023	3,586	4,243	5,120	6,214	7,569	11,29	18,03	28,34	42,94	60,11	74,81
		70,38	68,44	67,31	66,02	64,80	61,81	57,99	59,74	75,49	97,99	120,4
	0,026	3,966	4,555	5,328	6,288	7,478	10,73	16,45	24,91	36,13	48,49	58,93
		85,25	82,24	79,94	77,44	75,03	69,96	65,08	72,46	90,55	114,0	136,9
	0,030	4,327	4,848	5,517	6,342	7,358	10,12	14,49	20,98	29,01	37,34	45,26
		102,7	98,30	94,54	90,58	86,82	79,70	77,89	90,21	110,6	134,9	158,5
	0,035	4,580	5,033	5,600	6,291	7,134	9,385	12,58	17,01	22,48	28,48	33,97
		121,0	115,0	109,7	104,4	99,42	91,10	97,48	113,0	135,3	160,4	185,2
	0,040	4,669	5,061	5,543	6,122	6,822	8,651	11,18	14,48	18,45	22,65	26,45
		136,0	128,8	122,5	116,2	110,7	108,3	117,9	135,8	159,4	185,3	211,6
	0,045	4,645	4,982	5,390	5,875	6,453	7,937	9,931	12,46	15,40	18,44	21,20
		148,6	140,7	133,7	127,1	123,2	126,7	138,7	158,3	183,0	209,8	237,7
	0,050	4,547	4,835	5,178	5,583	6,060	7,265	8,947	10,80	13,03	15,31	17,39
		159,7	151,4	144,2	140,2	139,8	145,5	159,6	180,6	206,1	233,9	263,7
	0,060	4,235	4,441	4,681	4,961	5,285	6,085	7,102	8,322	9,678	11,06	
		180,5	175,6	173,1	172,4	174,0	183,5	200,7	223,9	251,1	281,2	
	0,070	3,867	4,011	4,178	4,371	4,592	5,131	5,804	6,602	7,484	8,387	
		208,1	205,0	204,3	205,4	208,7	221,3	240,8	265,8	294,8	327,8	
	0,080	3,504	3,604	3,719	3,852	4,004	4,372	4,830	5,373	5,975		
		336,2	234,9	235,8	238,5	243,3	258,4	279,8	306,4	337,5		
	0,090	3,170	3,239	3,318	3,409	3,514	3,768	4,087	4,468	4,895		
		264,6	264,8	267,2	271,3	277,3	294,5	317,7	346,1	379,4		
	0,100	2,874	2,920	2,973	3,035	3,107	3,285	3,511	3,784			$R_{(p)}$
		292,9	294,6	298,3	303,6	310,7	329,8	354,7	384,9			$R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 17 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	r/h										
	5,0	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	4,559 55,71	5,621 53,89	7,016 52,86	8,737 51,79	10,84 50,84	17,20 48,57	27,69 45,54	44,00 45,61	67,65 57,41	96,11 74,72	120,7 92,14
	0,020	5,056 66,21	6,000 63,65	7,235 61,82	8,763 59,89	10,64 58,10	16,36 54,29	25,72 50,31	39,63 53,86	58,64 67,26	80,18 85,26	98,19 102,9
	0,023	5,637 80,44	6,458 76,74	7,519 73,72	8,830 70,59	10,45 67,65	15,15 61,97	22,94 58,18	33,84 66,84	47,72 82,06	62,44 100,8	74,64 118,9
	0,026	6,034 92,79	6,764 88,03	7,695 83,93	8,837 79,77	10,24 75,90	14,03 68,97	20,38 69,57	28,96 80,20	39,28 96,72	49,75 115,9	59,41 134,7
	0,030	6,327 106,6	6,959 100,7	7,748 95,41	8,708 90,23	9,876 85,53	12,97 79,49	17,37 85,50	23,66 98,20	30,84 116,9	38,33 136,7	45,42 156,6
	0,035	6,419 120,6	6,944 113,6	7,588 107,4	8,360 101,5	9,288 96,44	11,69 97,57	14,97 106,0	19,18 120,6	24,14 139,4	29,30 160,0	33,96 181,3
	0,040	6,313 132,2	6,747 124,6	7,269 118,0	7,889 113,4	8,624 112,6	10,49 116,3	12,96 126,6	16,03 142,5	19,54 162,2	23,12 183,8	26,38 206,9
	0,045	6,095 142,3	6,449 134,6	6,870 131,3	7,366 129,6	7,947 129,7	9,401 135,2	11,28 147,1	13,57 164,1	16,12 184,6	18,72 207,2	21,11 232,3
	0,050	5,816 153,5	6,104 149,3	6,442 146,9	6,838 146,1	7,298 147,0	8,435 154,1	9,882 167,3	11,61 185,2	13,53 206,5	15,49 230,3	17,30 257,5
	0,060	5,203 182,1	5,390 179,4	5,606 178,6	5,857 179,3	6,147 181,7	6,855 191,4	7,741 206,6	8,789 226,3	9,946 249,4	11,13 276,0	
	0,070	4,614 210,8	4,732 209,6	4,869 210,2	5,029 212,3	5,214 215,9	5,663 227,8	6,228 244,8	6,898 266,1	7,643 291,3	8,421 320,9	
	0,080	4,093 239,6	4,186 239,6	4,251 241,5	4,352 244,7	4,470 249,4	4,760 263,1	5,130 281,8	5,576 304,9	6,081 332,4		
	0,090	3,646 268,0	3,689 269,3	3,741 272,3	3,803 276,5	3,878 282,2	4,066 297,6	4,313 317,9	4,619 342,9	4,972 372,8		
	0,100	3,268 296,0	3,291 298,4	3,319 302,4	3,356 307,6	3,402 314,1	3,523 331,2	3,690 353,2	3,903 380,2			$R_{(p)}$ $R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 18 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	r/h										
	7,0	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	9,597	11,03	12,85	15,10	17,85	26,99	39,98	57,70	79,57	102,1	120,3
		66,26	62,59	59,51	56,43	53,59	48,42	47,12	53,93	64,98	78,08	90,85
	0,020	10,15	11,43	13,04	15,03	17,45	24,97	35,88	50,17	67,03	83,84	98,29
		74,06	69,69	65,92	62,20	58,80	52,95	54,89	62,77	74,46	87,85	101,1
	0,023	10,60	11,70	13,06	14,72	16,73	22,08	30,48	40,96	52,75	64,17	75,47
		83,93	78,70	74,11	69,68	65,74	62,36	66,92	76,02	88,43	102,2	116,3
	0,026	10,73	11,67	12,82	14,20	15,87	20,19	26,06	33,80	42,41	51,56	59,79
		92,08	86,24	81,11	76,28	72,39	73,36	79,12	89,14	102,1	116,4	131,4
	0,030	10,56	11,31	12,23	13,32	14,61	17,90	22,23	27,60	33,69	39,90	45,53
		101,1	94,84	89,38	86,87	85,97	88,33	95,38	106,3	119,9	135,0	151,4
	0,035	10,04	10,61	11,30	12,10	13,04	15,39	18,41	22,04	26,08	30,17	33,94
		110,8	106,8	104,5	103,2	103,3	107,1	115,4	127,3	141,7	157,8	176,3
	0,040	9,378	9,809	10,31	10,91	11,60	13,29	15,44	17,99	20,79	23,64	26,31
		125,3	122,2	120,5	119,8	120,6	125,7	135,0	147,7	162,9	180,4	201,0
	0,045	8,683	9,003	9,377	9,814	10,32	11,56	13,12	14,96	16,98	19,06	21,03
		140,0	137,5	136,5	136,6	137,9	144,0	154,2	167,7	183,9	202,8	225,8
	0,050	8,011	8,246	8,521	8,844	9,217	10,13	11,28	12,64	14,15	15,71	17,22
		154,7	152,8	152,4	153,0	154,9	162,0	173,0	187,3	204,5	224,9	251,9
	0,060	6,816	6,940	7,085	7,260	7,464	7,974	8,628	9,417	10,31	11,26	
		183,7	183,0	183,7	185,4	188,2	197,1	209,7	225,7	245,2	268,8	
	0,070	5,846	5,904	5,976	6,067	6,177	6,465	6,850	7,331	7,893	8,507	
		212,2	212,6	214,2	216,8	220,5	231,0	245,3	263,2	285,2	314,5	
	0,080	5,071	5,091	5,118	5,162	5,217	5,375	5,604	5,906	6,272		
		240,2	241,5	244,0	247,5	252,0	264,1	280,1	300,0	324,6		
	0,090	4,451	4,448	4,450	4,463	4,485	4,564	4,697	4,887	5,131		
		267,8	269,8	273,2	277,4	282,7	296,4	314,2	336,2	366,5		
	0,100	3,950	3,932	3,919	3,913	3,915	3,944	4,015	4,133			$R_{(p)}$
		294,5	297,5	301,7	306,7	312,8	328,2	347,7	371,9			$R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 19 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	r/h										
	10	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	19,18 65,73	21,07 61,32	23,40 57,46	26,22 53,82	29,61 50,67	39,98 50,58	52,93 54,22	69,41 60,81	87,49 69,46	104,8 79,08	121,5 89,20
	0,020	19,18 70,57	20,81 65,85	22,79 61,74	25,18 57,96	28,03 57,07	35,36 58,03	45,74 62,28	58,49 69,32	72,18 78,28	86,23 88,25	99,32 99,05
	0,023	18,67 76,78	19,97 71,84	21,53 69,23	23,39 67,88	25,58 67,47	31,10 69,26	38,29 74,26	47,08 81,85	56,93 91,25	66,90 101,8	75,98 113,8
	0,026	17,83 83,47	18,86 80,69	20,08 78,94	21,52 77,96	23,20 77,91	27,39 80,43	32,75 86,03	39,17 94,10	46,26 104,0	53,44 115,3	60,05 128,4
	0,030	16,49 95,52	17,24 93,17	18,11 91,87	19,14 91,35	20,33 91,75	23,27 95,10	26,97 101,4	31,35 110,1	36,16 120,7	41,05 133,0	45,64 147,8
	0,035	14,79 110,4	15,28 108,6	15,85 107,9	16,52 107,9	17,31 108,8	19,23 113,0	21,84 120,1	24,49 129,6	27,63 141,2	30,87 155,0	33,97 172,0
	0,040	13,21 125,1	13,53 123,8	13,90 123,6	14,35 124,1	14,86 125,4	16,14 130,5	17,76 138,4	19,70 148,7	21,86 161,4	24,12 176,8	26,33 196,7
	0,045	11,83 139,6	12,03 138,9	12,27 139,0	12,56 140,0	12,90 141,0	13,76 147,6	14,88 156,3	16,23 167,5	17,77 181,4	19,41 198,4	21,04 222,1
	0,050	10,65 153,8	10,76 153,5	10,91 154,2	11,09 155,6	11,32 157,8	11,90 164,4	12,68 173,9	13,65 186,1	14,77 201,2	15,99 219,9	17,23 247,6
	0,060	8,760 181,7	8,782 182,3	8,820 183,9	8,882 186,0	8,968 189,0	9,224 197,3	9,608 208,4	10,12 222,6	10,75 240,3	11,47 264,2	
	0,070	7,370 209,0	7,345 210,4	7,329 212,8	7,329 215,7	7,345 219,5	7,434 229,3	7,612 242,3	7,885 258,6	8,249 279,0	8,688 310,5	
	0,080	6,324 235,7	6,275 237,9	6,231 241,0	6,200 244,7	6,178 249,3	6,176 260,7	6,236 275,5	6,372 294,1	6,580 320,7		
	0,090	5,518 262,0	5,457 264,9	5,399 268,8	5,350 273,3	5,308 278,6	5,254 291,7	5,248 308,3	5,298 330,0	5,407 363,4		
	0,100	4,882 287,9	4,815 291,5	4,751 296,1	4,693 301,3	4,640 307,4	4,556 322,1	4,508 340,7	4,504 369,6			$\bar{R}_{(p)}$ $\bar{R}_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 20 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	r/h										
15	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h											
0,018	35,91	38,04	40,56	43,54	47,03	55,69	66,74	79,94	94,50	109,2	122,7
	58,54	56,57	55,32	54,58	54,47	55,99	59,56	64,77	71,22	78,70	87,50
0,020	33,95	35,63	37,60	39,94	42,65	49,33	57,76	67,74	78,70	89,81	100,2
	64,67	62,89	61,83	61,28	61,37	63,27	67,15	72,65	79,45	87,46	97,10
0,023	30,90	32,07	33,44	35,05	36,92	41,52	47,28	54,09	61,57	69,23	76,51
	73,73	72,24	71,47	71,21	71,57	73,96	78,30	84,25	91,64	100,5	111,5
0,026	28,01	28,81	29,75	30,87	32,17	35,38	39,43	44,23	48,56	55,09	60,43
	82,63	81,43	80,94	80,94	81,56	84,43	89,21	95,66	103,7	113,5	125,8
0,030	24,59	25,08	25,62	26,31	27,12	29,14	31,75	34,89	38,44	42,20	45,92
	94,28	93,45	93,30	93,65	94,59	98,07	103,5	110,6	119,6	130,7	144,8
0,035	21,06	21,28	21,56	21,92	22,36	23,51	25,06	27,00	29,26	31,71	34,20
	108,5	108,1	108,4	109,2	110,5	114,7	120,9	129,1	139,3	152,0	169,3
0,040	18,26	18,33	18,44	18,61	18,83	19,47	20,41	21,64	23,12	24,79	26,53
	122,5	122,5	123,2	124,3	126,0	131,1	138,1	147,3	158,8	173,2	194,1
0,045	16,02	16,00	16,01	16,07	16,16	16,49	17,04	17,83	18,83	19,99	21,24
	136,2	136,6	137,7	139,2	141,3	147,2	155,1	165,3	178,1	194,4	219,0
0,050	14,21	14,15	14,10	14,08	14,09	14,22	14,52	15,02	15,69	16,51	17,43
	149,7	150,5	152,0	153,9	156,4	163,0	171,9	183,2	197,4	216,8	244,0
0,060	11,52	11,40	11,29	11,20	11,12	11,04	11,07	11,22	11,51	11,92	
	176,4	177,9	180,2	182,8	186,1	194,3	205,0	218,5	235,5	261,7	
0,070	9,640	9,501	9,367	9,244	9,133	8,952	8,846	8,831	8,913	9,093	
	202,5	204,6	207,8	211,2	215,2	225,1	237,7	253,5	276,9	307,0	
0,080	8,262	8,120	7,979	7,846	7,720	7,496	7,322	7,214	7,180		
	228,3	231,3	235,0	239,1	243,9	255,5	270,0	290,5	318,5		
0,090	7,217	7,077	6,937	6,803	6,673	6,430	6,223	6,063	5,960		
	253,8	257,5	261,9	266,7	272,3	285,5	303,3	329,1	360,2		
0,100	6,399	6,264	6,129	5,997	5,868	5,620	5,397	5,208			$R_{(p)}$
	279,0	283,3	288,4	294,0	300,3	315,4	339,4	367,9			$R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 21 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	r/h										
	20	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	50,88 57,96	52,72 56,81	54,89 56,21	57,46 56,00	60,44 56,25	67,76 58,02	76,94 61,25	87,78 65,72	99,71 71,31	111,9 78,08	123,6 86,53
	0,020	46,65 63,89	47,98 62,92	49,55 62,49	51,42 62,45	53,59 62,86	58,95 64,93	65,72 68,45	73,75 73,25	82,66 79,28	91,91 86,67	100,9 96,01
	0,023	41,03 72,60	41,82 71,80	42,77 71,73	43,92 71,93	45,28 72,58	48,69 75,09	53,09 79,07	58,41 84,41	64,42 91,14	70,77 99,50	77,05 110,2
	0,026	36,29 81,14	36,74 80,70	37,28 80,77	37,98 81,21	38,82 82,09	41,02 85,06	43,84 89,52	47,58 95,44	51,77 102,9	56,31 112,3	60,89 124,3
	0,030	31,17 92,32	31,32 92,20	31,54 92,59	31,87 93,34	32,29 94,52	33,49 98,11	35,21 103,3	37,47 110,0	40,17 118,5	43,19 129,2	46,31 143,7
	0,035	26,26 106,0	26,22 106,3	26,22 107,1	26,28 108,2	26,41 109,8	26,91 114,2	27,78 120,2	29,03 128,0	30,64 137,8	32,53 150,3	34,56 168,2
	0,040	22,56 119,5	22,41 120,2	22,29 121,3	22,22 122,8	22,19 124,8	22,30 130,0	22,68 136,9	23,36 145,8	24,32 157,0	25,52 171,3	26,86 192,7
	0,045	19,70 132,8	19,50 133,9	19,31 135,4	19,16 137,3	19,05 139,6	18,94 145,6	19,02 153,5	19,34 163,5	19,89 176,1	20,65 193,4	21,55 217,4
	0,050	17,44 146,0	17,21 147,4	16,99 149,3	16,80 151,6	16,64 154,3	16,39 161,1	16,30 169,9	16,38 181,1	16,66 195,1	17,12 215,6	17,72 242,1
	0,060	14,13 172,1	13,89 174,2	13,65 176,8	13,43 179,8	13,21 183,3	12,84 191,8	12,56 202,5	12,39 215,9	12,36 235,1	12,46 260,2	
	0,070	11,84 197,9	11,61 200,6	11,37 204,0	11,14 207,7	10,92 211,9	10,51 222,1	10,15 234,7	9,862 252,3	9,672 276,0	9,589 305,0	
	0,080	10,18 223,3	9,954 226,8	9,729 230,8	9,509 235,2	9,290 240,2	8,869 252,0	8,481 268,0	8,143 290,2	7,973 317,1		
	0,090	8,914 248,5	8,705 252,6	8,494 257,3	8,284 262,4	8,074 268,1	7,663 282,6	7,270 303,5	6,911 328,4	6,599 358,5		
	0,100	7,925 273,4	7,730 278,1	7,532 283,5	7,334 289,3	7,136 296,5	6,740 316,1	6,354 339,2	5,989 366,7			$R_{(p)}$ $R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 22 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	30	r/h										
		0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	75,24	76,10	77,17	78,55	80,23	84,84	90,56	97,96	106,5	115,8	125,2
		56,28	55,95	55,97	56,24	56,80	58,77	61,75	65,74	70,80	77,19	85,46
	0,020	67,25	67,65	68,20	68,99	70,01	72,84	76,86	82,07	88,29	95,19	102,3
		61,85	61,68	61,86	62,28	63,00	65,27	68,59	72,98	78,56	85,64	94,83
	0,023	57,61	57,60	57,68	57,82	58,32	59,68	61,90	65,01	68,94	73,48	78,30
		70,08	70,15	70,55	71,20	72,15	74,89	78,74	83,77	90,15	98,27	109,0
	0,026	50,14	49,89	49,70	49,63	49,67	50,16	51,30	53,13	55,83	58,67	62,02
		78,19	78,49	79,13	80,00	81,18	84,40	88,80	94,47	101,7	110,9	123,4
	0,030	42,54	42,12	41,75	41,46	41,23	41,06	41,35	42,15	43,47	45,25	47,35
		88,89	89,49	90,42	91,59	93,08	96,96	102,1	108,7	117,0	127,6	142,8
	0,035	35,60	35,11	34,63	34,21	33,83	33,24	32,96	33,04	33,51	34,36	35,50
		102,1	103,1	104,4	105,9	107,8	112,5	118,6	126,3	136,0	148,8	167,0
	0,040	30,53	30,01	29,51	29,03	28,58	27,80	27,22	26,91	26,89	27,18	27,74
		115,2	116,5	118,2	120,1	122,4	127,9	134,9	143,8	154,9	170,7	191,3
	0,045	26,68	26,17	25,66	25,17	24,70	23,83	23,10	22,56	22,25	22,19	22,38
		128,3	129,9	131,9	134,2	136,9	143,2	151,2	161,2	174,2	192,5	215,7
	0,050	23,67	23,18	22,68	22,19	21,72	20,81	20,01	19,34	18,85	18,57	18,51
		141,2	143,2	145,5	148,2	151,2	158,4	167,4	178,5	194,2	214,5	240,2
	0,060	19,29	18,83	18,37	17,92	17,47	16,58	15,73	14,95	14,28	13,76	
		166,9	169,5	172,6	175,9	179,7	188,6	199,5	214,8	234,5	258,6	
	0,070	16,25	15,84	15,43	15,01	14,59	13,75	12,92	12,13	11,40	10,77	
		192,3	195,6	199,3	203,4	207,9	218,4	233,4	252,2	274,8	303,0	
	0,080	14,04	13,67	13,29	12,91	12,52	11,74	10,96	10,18	9,444		
		217,5	221,4	225,8	230,5	235,8	250,4	268,4	289,7	315,6		
	0,090	12,35	12,01	11,67	11,32	10,96	10,24	9,501	8,763	8,038		
		242,5	247,0	252,0	258,8	266,3	283,4	303,5	327,5	356,5		
	0,100	11,02	10,71	10,39	10,07	9,746	9,075	8,385	7,685			$R_{(p)}$
		267,5	274,2	281,5	289,2	297,6	316,6	338,9	365,4			$R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 23 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	45	r/h 0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	105,0	104,4	103,9	103,7	103,6	104,4	106,5	110,1	115,1	121,2	128,0
		54,05	54,26	54,69	55,29	56,09	58,29	61,30	65,19	70,13	76,45	84,71
	0,020	93,04	92,17	91,39	90,79	90,35	90,09	90,86	92,80	95,90	100,0	104,8
		59,40	59,75	60,34	61,08	62,04	64,57	67,95	72,28	77,78	84,81	94,22
	0,023	79,20	78,14	77,14	76,25	75,47	74,32	73,88	74,30	75,61	77,78	80,59
		67,36	67,93	68,73	69,70	70,89	73,91	77,86	82,88	89,22	97,32	108,6
	0,026	68,78	67,66	66,57	65,56	64,61	63,00	61,80	61,42	61,66	62,60	64,14
		75,26	76,05	77,07	78,26	79,67	83,20	87,72	93,43	100,6	109,8	122,9
	0,030	58,40	57,28	56,17	55,11	54,08	52,19	50,63	49,50	48,88	48,82	49,30
		85,75	86,80	88,11	89,59	91,31	95,61	100,8	107,4	116,8	126,9	142,1
	0,035	49,04	47,98	46,92	45,87	44,84	42,86	41,06	39,53	38,35	37,59	37,29
		98,77	100,2	101,8	103,7	105,8	110,8	117,1	124,9	134,6	148,5	166,2
	0,040	42,23	41,24	40,24	39,24	38,25	36,30	34,44	32,75	31,30	30,16	29,40
		111,7	113,4	115,4	117,6	120,1	126,0	133,2	142,2	154,3	170,2	190,3
	0,045	37,06	36,14	35,21	34,27	33,33	31,46	29,62	27,89	26,31	24,96	23,94
		124,6	126,7	129,0	131,6	134,4	141,1	149,3	159,7	174,1	191,9	214,5
	0,050	33,01	32,16	31,29	30,41	29,53	27,74	25,97	24,24	22,62	21,17	19,98
		137,5	139,8	142,5	145,4	148,6	156,2	165,4	176,1	194,0	213,7	238,8
	0,060	27,07	26,33	25,58	24,81	24,03	22,43	20,81	19,18	17,58	16,07	
		163,0	165,9	169,3	172,9	176,8	186,0	199,2	214,9	233,9	257,5	
	0,070	22,93	22,29	21,62	20,94	20,25	18,82	17,35	15,84	14,33	12,85	
		188,3	191,8	195,8	200,1	205,5	218,5	233,8	252,0	274,1	301,6	
	0,080	19,89	19,31	18,72	18,12	17,50	16,21	14,87	13,48	12,07		
		213,3	217,9	223,6	229,7	236,3	251,1	268,5	289,3	314,5		
	0,090	17,55	17,04	16,50	15,96	15,40	14,24	13,02	11,74	10,42		
		240,6	246,5	253,0	259,8	267,2	283,8	303,4	326,7	355,1		
	0,100	15,70	15,24	14,75	14,26	13,75	12,69	11,57	10,39			$R_{(p)}$
		268,8	275,4	282,5	290,1	298,3	315,8	338,5	364,4			$R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 24 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	r/h										
	60	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	132,2 52,56	130,3 53,02	128,5 53,66	126,8 54,43	125,4 55,37	123,1 57,74	121,9 60,83	122,1 64,74	123,8 69,70	126,9 76,03	131,1 84,55
	0,020	117,1 57,83	115,1 58,43	113,2 59,22	111,4 60,13	109,8 61,22	106,9 63,93	104,8 67,40	103,8 71,78	103,9 77,30	105,3 84,35	107,7 94,06
	0,023	99,83 85,70	97,89 86,51	95,86 87,51	94,10 88,65	92,30 89,96	88,97 73,17	86,17 77,23	84,09 82,30	82,88 88,68	82,63 96,81	83,29 108,3
	0,026	86,91 73,54	85,04 74,55	83,17 75,76	81,33 77,11	79,53 78,66	76,07 82,37	72,94 87,01	70,31 92,78	68,32 100,0	67,09 109,6	66,65 122,7
	0,030	74,05 83,96	72,31 85,23	70,56 86,72	68,81 88,35	67,07 90,20	63,65 94,59	60,40 100,0	57,44 106,7	54,90 115,1	52,92 126,8	51,61 141,8
	0,035	62,45 96,92	60,87 98,51	59,27 100,3	57,67 102,3	56,05 104,6	52,81 109,8	49,62 116,2	46,56 124,1	43,75 134,6	41,32 148,3	39,42 165,8
	0,040	53,96 109,8	52,54 111,7	51,08 113,9	49,61 116,2	48,12 118,8	45,10 124,9	42,06 132,3	39,07 141,7	36,20 154,3	33,59 169,9	31,38 188,8
	0,045	47,50 122,7	46,20 124,9	44,87 127,4	43,52 130,1	42,15 133,1	39,34 139,9	36,48 148,9	33,61 159,9	30,79 174,0	28,13 191,6	25,78 213,9
	0,050	42,41 135,5	41,22 138,0	40,00 140,8	38,76 143,9	37,50 147,2	34,89 154,9	32,21 165,3	29,48 178,2	26,75 193,9	24,11 213,3	21,72 238,1
	0,060	34,92 160,9	33,90 164,1	32,86 167,5	31,80 171,2	30,71 175,6	28,45 186,6	26,09 199,5	23,65 214,9	21,14 233,7	18,65 257,0	
	0,070	29,66 186,1	28,79 190,2	27,88 195,2	26,95 200,4	26,00 206,1	24,01 218,9	21,92 233,9	19,73 251,9	17,46 273,7	15,15 300,9	
	0,080	26,78 213,4	25,01 218,6	24,21 224,3	23,39 230,3	22,54 236,8	20,77 251,4	18,91 268,5	16,93 289,0	14,87 314,0		
	0,090	22,79 241,4	22,10 247,2	21,38 253,6	20,65 260,4	19,89 267,6	18,30 284,0	16,62 303,3	14,83 326,3	12,94 354,4		
	0,100	20,42 269,4	19,79 276,0	19,15 283,1	18,48 290,6	17,80 298,6	16,36 316,8	14,82 338,3	13,19 363,9			$R_{(p)}$ $R_{(w)}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 25 — Rechenstützwerte
(Vergleichsspannung in der Mitte der Welleninnenkrempe)

d/h	r/h										
	100	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,350	0,300	0,250	0,200	0,150	0,100
s/h	0,018	202,3	197,5	192,7	188,0	183,2	173,9	165,0	156,9	150,0	144,7	141,2
		50,48	51,23	52,12	53,09	54,19	56,81	60,05	64,07	69,09	75,49	84,38
	0,020	180,0	175,6	171,0	166,5	162,0	152,9	144,1	135,8	128,3	122,0	117,2
		55,70	56,59	57,61	58,72	59,98	62,93	66,56	71,05	76,65	83,97	93,85
	0,023	154,4	150,4	146,3	142,2	138,0	129,5	121,0	112,7	104,9	97,86	92,03
		63,52	64,59	65,82	67,14	68,62	72,08	76,30	81,50	87,97	96,74	108,1
	0,026	135,2	131,6	127,8	124,0	120,2	112,3	104,3	96,26	88,46	81,16	74,81
		71,32	72,58	74,00	75,54	77,25	81,20	86,02	91,92	99,51	109,5	122,3
	0,030	115,9	112,7	109,4	106,0	102,5	95,35	87,89	80,49	72,98	65,72	59,12
		81,68	83,19	84,89	86,70	88,70	93,33	98,93	105,9	115,1	126,6	141,4
	0,035	98,40	95,56	92,64	89,65	86,59	80,24	73,62	66,77	59,78	52,83	46,27
		94,60	96,42	98,44	100,6	103,0	108,4	115,0	123,9	134,7	148,1	165,2
	0,040	85,45	82,94	80,34	77,69	74,95	69,27	63,29	57,05	50,58	44,03	37,69
		107,5	109,6	111,9	114,4	117,2	123,5	131,8	142,0	154,3	169,6	189,2
	0,045	75,51	73,26	70,93	68,54	66,08	60,94	55,51	49,80	43,82	37,69	31,64
		120,3	122,7	125,4	128,2	131,3	139,2	148,7	160,1	173,9	191,1	213,2
	0,050	67,64	65,59	63,49	61,32	59,08	54,40	49,44	44,18	38,65	32,92	27,17
		133,0	135,8	138,8	142,2	146,2	155,2	165,7	179,3	193,7	212,8	237,3
	0,060	55,86	54,24	52,47	50,64	48,75	44,79	40,57	36,07	31,28	26,25	
		159,2	163,1	167,2	171,7	176,4	187,2	199,8	214,9	233,3	256,3	
	0,070	47,70	46,23	44,70	43,12	41,50	38,07	34,40	30,47	26,27	21,81	
		186,8	191,3	196,1	201,3	206,8	219,3	234,1	251,7	273,2	300,0	
	0,080	41,57	40,27	38,93	37,55	36,11	33,10	29,96	26,99	22,65		
		214,5	219,6	225,2	231,1	237,4	251,7	268,5	288,7	313,3		
	0,090	36,82	35,67	34,47	33,24	31,96	29,27	26,38	23,36	19,91		
		242,3	248,1	254,4	261,0	268,1	284,2	303,2	325,8	353,6		
	0,100	33,04	32,00	30,93	29,82	28,67	26,24	23,62	20,80			$R_{(p)}$
		270,3	276,8	283,7	291,1	299,0	316,9	338,0	363,2			$R_{(w)}$

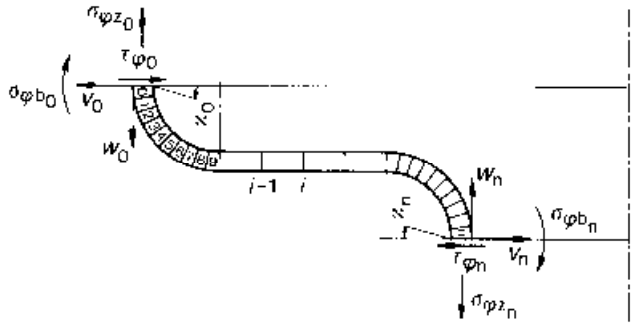
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1: Erläuterungen

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt B 13

Grundlage der Ausgabe des AD 2000-Merkblattes B 13 ist die Dissertation „Festigkeitsberechnung einwandiger Balgkompensatoren“ von Dr. Friedrich an der MPA Stuttgart. Die an 150 Kompensatoren empirisch ermittelten Untersuchungsergebnisse werden durch ein numerisches Berechnungsverfahren (Übertragungs-Matrizen) untermauert. Mit Hilfe der Finite-Element-Methode wird die Richtigkeit der Übertragungs-Matrizen-Methode bestätigt.

Für die mathematische Formulierung des Verfahrens wird von einem Torus-Schalenelement ausgegangen.



Es bedeuten:

$\sigma_{\varphi z}$ Membranspannung
$\sigma_{\varphi b}$ Biegespannung
τ_{φ} Schubspannung
v Verschiebung in Richtung der Schalennormalen
w Axialverschiebung einer Balgwelle (Verschiebung in Meridianrichtung)
$\varkappa$ Drehung der Schalennormale

Die Bezeichnung dieser Verschiebungs- und Beanspruchungsgrößen bezieht sich auf das oben dargestellte Rechenmodell der halben Kompensatorwelle. Die hier verwendeten Bezeichnungen und Größen stehen in keinem direkten Zusammenhang mit den im Merkblatt selbst verwendeten Bezeichnungen und Größen.

Aus diesem Element lässt sich mit Hilfe der Gleichgewichtsbedingungen, der geometrischen Beziehung zwischen Dehnungen und Verschiebungen sowie dem Hooke’schen Gesetz ein lineares Differenzialgleichungssystem formulieren. Dieses System ist im Prinzip lösbar, aber nicht als geschlossene Lösung, sondern als Näherungslösung, indem die Differentialgleichung in eine Differenzengleichung umgeformt wird. Das System der linearen Differenzengleichungen wird mit Hilfe der Matrizenrechnung gelöst. Die Methode des Übertragungs-Matrizen-Verfahrens ist an Rotationsform und Dünnwandigkeit des Bauteils gebunden. Diese Bedingungen sind beim Kompensator gegeben. Es wurde festgestellt, dass bei einem Verhältnis $\frac{\left(r+\frac{s}{2}\right)}{s} \geq 4$ kein Einfluss auf die Rechengenauigkeit analysierbar ist.

In jedem Punkt („Stufe“ $i = 0$ bis n) werden sowohl für die Dehnung*) als auch für den Innendruck*) die Spannungen $\sigma_{\varphi z}$, $\sigma_{\varphi b}$ und τ_{φ} ermittelt. Gesucht wird das Maximum im Profil. Mit Hilfe der Gestaltänderungs-Energie-Hypothese werden die einzelnen Spannungen zu einer Vergleichsspannung $\sigma_{v(p)}$ bzw. $\sigma_{v(w)}$ zusammengefasst.

Wegen der Darstellbarkeit müssen die vier variablen Größen eines Kompensators d, r, s und h auf drei Größen reduziert werden. Dies geschieht durch die Division durch h zu $\frac{d}{h}, \frac{r}{h}$ und $\frac{s}{h}$. Die Auswertung der Ergebnisse wurde mit folgenden Werten durchgeführt:

h = 50 mm
E_{20} = 2,1 · 10^5 N/mm^2
μ = 0,3

Die Wellentiefe h wurde mit $h = 50$ mm gewählt, da die meisten untersuchten Kompensatoren mit dieser Wellentiefe ausgeführt waren. Es wurde hier der lineare Zusammenhang zwischen äußerer Belastung und Spannungsverteilung geometrisch ähnlicher Bauteile ausgenützt. Es ist hierbei festzustellen, dass sich sämtliche geometrische Parameter auf die Schalenmitte beziehen.

*) Andere als in Abschnitt 2.2 dieses AD 2000-Merkblattes genannte Beanspruchungen werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Dieses Verfahren ist insbesondere auf Lateralbewegung nicht anwendbar.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Rechenstützwerte $R_{(p)}$, $R_{(w)}$ und $R_{(c_w)}$ haben folgende Bedeutung:

$R_{(p)}\left(\frac{d}{h}, \frac{s}{h}, \frac{r}{h}\right)$ Vergleichsspannung bei 1 bar Überdruck

$R_{(w)}\left(\frac{d}{h}, \frac{s}{h}, \frac{r}{h}\right)$ Vergleichsspannung bei 1 mm Axialverschiebung

$R_{(c_w)}\left(\frac{d}{h}, \frac{s}{h}, \frac{r}{h}\right)$ Axialkraft je mm mittleren Umfangs bei 1 mm Axialverschiebung

Erläuterung der Formel (3)

Da der Rechenstützwert $R_{(w)}$ auf eine Wellentiefe von $h = 50$ mm und auf einen E-Modul von 210 000 N/mm^2 bezogen ist, lautet die genaue Schreibweise dieser Gleichung

$$\sigma_{v(w)} \frac{50}{h} \cdot \frac{E}{210\,000} \cdot R_{(w)} \cdot w$$

Der Ausdruck 50/210 000 wurde zu dem Faktor $2{,}38 \cdot 10^{-4} \sim 2{,}4 \cdot 10^{-4}$ zusammengefasst.

Erläuterung der Formel (4)

Da der Rechenstützwert $R_{(c_w)}$ auf einen E-Modul von 210 000 N/mm^2 bezogen ist, lautet die genaue Schreibweise dieser Gleichung

$$c_w = \pi \cdot (d + h) \cdot \frac{E}{210\,000} \cdot R_{(c_w)}$$

wobei $\pi \cdot (d + h)$ der mittlere Umfang der Kompensatorwelle ist. Der Ausdruck π/210 000 wurde zu dem Faktor $0{,}15 \cdot 10^{-4}$ zusammengefasst.

Erläuterung zu Formel (5)

Die Beziehung zwischen Biegewinkel α in Grad und einer Axialverschiebung w lautet

$$\alpha = \frac{360 / \pi \cdot w}{d + 2\,h}$$

Der Ausdruck $360/\pi$ ergibt annähernd $1{,}15 \cdot 10^2$.

Erläuterung der Formel (6)

Die Formel (6) wird durch Einsetzen von

$$w = \frac{\pi}{360} \cdot (d + 2\,h) \cdot \alpha$$

aus Formel (3) ermittelt.

$$\sigma_{v(\alpha)} = 2{,}4 \cdot 10^{-4} \frac{E}{h} \cdot R_{(w)} \cdot \frac{\pi}{360} \cdot (d + 2\,h) \cdot \alpha$$

Der Ausdruck $2{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot \pi / 360$ ergibt den Faktor $2{,}1 \cdot 10^{-6}$.

Erläuterung der Formel (7)

Allgemein gilt

$$c_\alpha = \frac{M}{\alpha}$$

wobei $M = 0{,}125 \cdot (d + 2\,h)^2 \cdot \hat{\alpha} \cdot c_w$

Mit $\hat{\alpha} = \frac{\pi}{180} \cdot \alpha°$ folgt

$$M = \frac{\pi}{1440} \cdot (d + 2\,h)^2 \cdot c_w \cdot \alpha$$

$$c_\alpha = \frac{M}{\alpha} = \frac{\pi}{1440} \cdot (d + 2\,h)^2 \cdot c_w = 2{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot (d + 2\,h)^2 \cdot c_w \text{ [Nmm/°]}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

oder in [Nmm/°] ausgedrückt

$$c_\alpha = 2{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot (d + 2\,h)^2 \cdot c_w$$

Erläuterung der Formel (14)

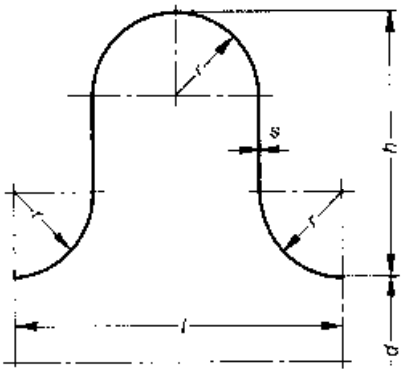
$$\sigma_{v(p)} = \frac{n}{S_{vp}} \cdot K = 1{,}5 \cdot \frac{n}{1{,}2} \cdot \frac{K}{1{,}5} = \frac{n}{1{,}2} \cdot K$$

mit $S_{vp} = 1{,}2$ und $S = 1{,}5$. Der effektive Stützfaktor beträgt $\frac{1{,}5}{1{,}2} = 1{,}25$ bei $n = 1{,}5$.

Erläuterung der Formel (15)

Die Stützziffer n ist von der Form und vom Werkstoff abhängig. Die Formabhängigkeit drückt sich in dem gegenüber einem Balken (mit $n = 1{,}5$) erhöhten Faktor 1,55 aus (s. Dissertation S. 44, Bild 33). Die Werkstoffabhängigkeit — hier ist speziell an hochfeste Werkstoffe gedacht — kommt im zweiten Teil der Formel zum Ausdruck. Mit zunehmender Streckgrenze nimmt die Stützziffer für gleiche plastische Dehnung ab. Die Formel gilt bis 350 °C, darüber ist Abschnitt 6.4 zu beachten.

Erläuterung der Formel (16)



Die mittlere Umfangsspannung nach der Flächenmethode beträgt

$$\sigma_{um} = \frac{A_p}{A_\sigma \cdot v} \cdot p$$

$$A_p = (d + 2\,h - 2\,r) \cdot 2\,r + 2\,r \cdot (d + 2\,r) = 4\,r \cdot (d + h)$$

$$A_\sigma = \left[(h - 2\,r) \cdot 4 + 8 \cdot \frac{2\,\pi \cdot r}{4} \right] \cdot s = \left[4\,h - 4\,r \cdot (2 - \pi) \right] \cdot s$$

$$\sigma_{um} = \frac{4\,r \cdot (d + h)}{\left[4\,h - 4\,r \cdot (2 - \pi) \right] \cdot s \cdot v} \cdot p \qquad \text{mit } p \text{ in bar}$$

$$\sigma_{um} = \frac{l \cdot (d + h)}{40 \cdot s \cdot (1{,}14\,r + h) \cdot v} \cdot p \quad \left[\text{N/mm}^2 \right]$$

Zur Bestimmung von c_f in (17a) und c_p in (17b):

$$C_3 = \frac{l}{2 \cdot h}$$

$$C_4 = \frac{l}{2{,}2 \cdot \sqrt{d_m \cdot s^*}}$$

Zur Formel (17a):

$$C_f = \beta_0 + \beta_1\,C_3 + \beta_2\,C_3^2 + \beta_3\,C_3^3 + \beta_4\,C_3^4 + \beta_5\,C_3^5$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Polynom Koeffizienten β_i zur Bestimmung von C_f

C_4	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
= 0,2	1,006	2,375	–3,977	8,297	–8,394	3,194
0,4	1,007	1,820	–1,818	2,981	–2,430	0,870
0,6	1,003	1,993	–5,055	12,896	–14,429	5,897
0,8	1,003	1,338	–1,717	1,908	0,020	–0,550
1	0,997	0,621	–0,907	2,429	–2,901	1,361
1,2	1,00	0,112	–1,410	3,483	–3,044	1,013
1,4	1,00	–0,285	–1,309	3,662	–3,467	1,191
1,6	1,001	–0,494	–1,879	4,959	–4,569	1,543
2	1,002	–1,061	–0,715	3,103	–3,016	0,990
2,5	1,00	–1,310	–0,829	4,116	–4,360	1,555
3	0,999	–1,521	–0,039	2,121	–2,215	0,770
3,5	0,998	–1,896	1,839	–2,047	1,852	–0,664
4	1,00	–2,007	1,620	–0,538	–0,261	0,249

zur Formel (17b):

$$C_p = \delta_0 + \delta_1 C_3 + \delta_2 C_3^2 + \delta_3 C_3^3 + \delta_4 C_3^4 + \delta_5 C_3^5$$

Polynom Koeffizienten δ_i zur Bestimmung von C_p für $C_3 \leq 0{,}3$

C_4	δ_0	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5
= 0,2	1,001	–0,448	–1,244	1,932	–0,398	–0,291
0,4	0,999	–0,735	0,106	–0,585	1,787	–1,022
0,6	0,961	–1,146	3,023	–7,488	8,824	–3,634
0,8	0,955	–2,708	7,279	14,212	–104,242	133,333
1	0,95	–2,524	10,402	–93,848	423,636	–613,333
1,2	0,95	–2,296	1,63	16,03	–113,939	240
1,4	0,95	–2,477	7,823	–49,394	141,212	–106,667
1,6	0,95	–2,027	–5,264	48,303	–139,394	160
2	0,95	–2,073	–3,622	29,136	–49,394	13,333
2,5	0,95	–2,073	–3,622	29,136	–49,394	13,333
3	0,95	–2,073	–3,622	29,136	–49,394	13,333
3,5	0,95	–2,073	–3,622	29,136	–49,394	13,333
4	0,95	–2,073	–3,622	29,136	–49,394	13,333

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Polynom Koeffizienten δ_i zur Bestimmung von C_p für $C_3 > 0{,}3$

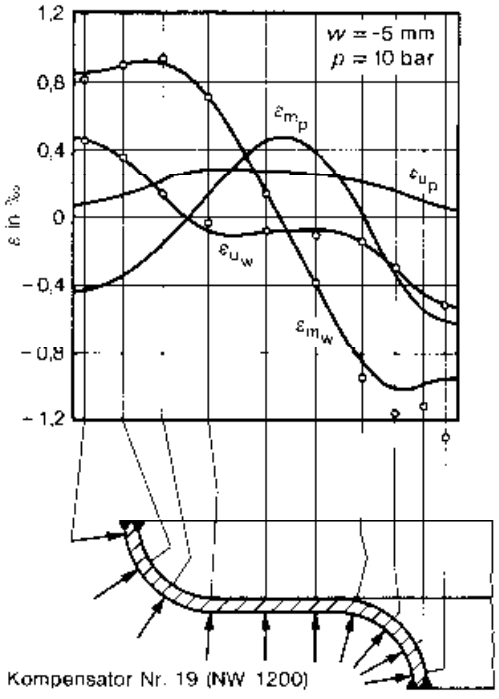
C_4	δ_0	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5
= 0,2	1,001	–0,448	–1,244	1,932	–0,398	–0,291
0,4	0,999	–0,735	0,106	–0,585	1,787	–1,022
0,6	0,961	–1,146	3,023	–7,488	8,824	–3,634
0,8	0,622	1,685	–9,347	18,447	–15,991	5,119
1	0,201	2,317	–5,956	7,594	–4,945	1,299
1,2	0,598	–0,990	3,741	–6,453	5,107	–1,527
1,4	0,473	–0,029	–0,015	–0,030	0,016	0,016
1,6	0,477	–0,146	–0,018	0,037	0,097	–0,067
2	0,935	–3,613	9,456	–13,228	9,355	–2,613
2,5	1,575	–8,646	24,368	–35,239	25,313	–7,157
3	1,464	–7,098	17,875	–23,778	15,953	–4,245
3,5	1,495	–6,904	16,024	–19,600	12,069	–2,944
4	2,037	–11,037	28,276	–37,655	25,213	–6,716

Erläuterung der Formel (18)

Diese Formel ist das Hooke'sche Gesetz, in dem durch den Faktor f_2 der teilplastischen Verformung und durch den Faktor f_1 einer Schweißnaht Rechnung getragen wird. Die Bedeutung der effektiven Gesamtdehnungsschwingbreite $2 \cdot \varepsilon_{ages}$ geht aus Bild 41 der Dissertation hervor. Sie kann direkt gemessen werden.

Unter den veränderlichen Spannungsanteilen Δ ist hier der Zustand des An- und Abfahrens gemeint, z. B. von 0 bar Überdruck bis zum zul. Betriebsüberdruck. Druckschwankungen (wie in AD 2000-Merkblatt S 1 oder S 2) können über die Formel (24) berücksichtigt werden. Eine zusätzliche Bedingung ist, dass nur Spannungsanteile mit in die Berechnung einbezogen werden können, die zeitlich gemeinsam auftreten.

Die Addition der Spannungen (Formel 19) ist gerechtfertigt, da die Versuche gezeigt haben, dass an der Stelle der höchsten Beanspruchung (Innenkrempe) die Spannungen aus Druck und Axialverschiebung bzw. Biegung gleichgerichtet sind und sich somit überlagern. Ist eine der Komponenten p, w oder α konstant, wird der betreffende Spannungsteil Δ gleich Null gesetzt.



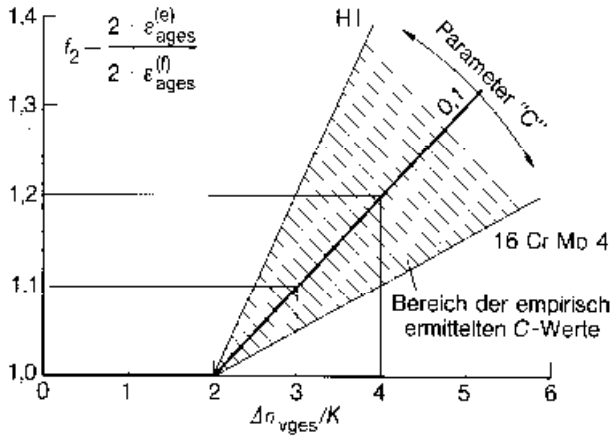
Dehnungsverlauf bei elastischer Beanspruchung in Umfangs- (Index $_u$) und Meridianrichtung (Index $_m$) bei Innendruckbelastung (Index $_p$) und axialer Zusammendrückung (Index $_w$).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Erläuterung der Formel (20)

Der Faktor f_2 berücksichtigt die teilplastische Verformung. Er wird nur ermittelt, wenn die Beanspruchung $\Delta\sigma_{vges}$ die doppelte Streckgrenze — das bedeutet den elastischen Anteil — überschritten hat. Dem wird in der Formel im zweiten Ausdruck durch die Subtraktion von 2 Rechnung getragen. Der dritte Ausdruck der Formel 0,1 B berücksichtigt eine schrittweise Verformungszunahme (fortschreitendes plastisches Versagen oder incremental collaps) in Meridianrichtung. Aus dem Buchstaben C im zweiten Ausdruck geht hervor, dass der Faktor f_2 nur bei Axialverschiebung bzw. Biegung (s. Tabelle) ermittelt wird.

Graphische Darstellung der Formel (20)

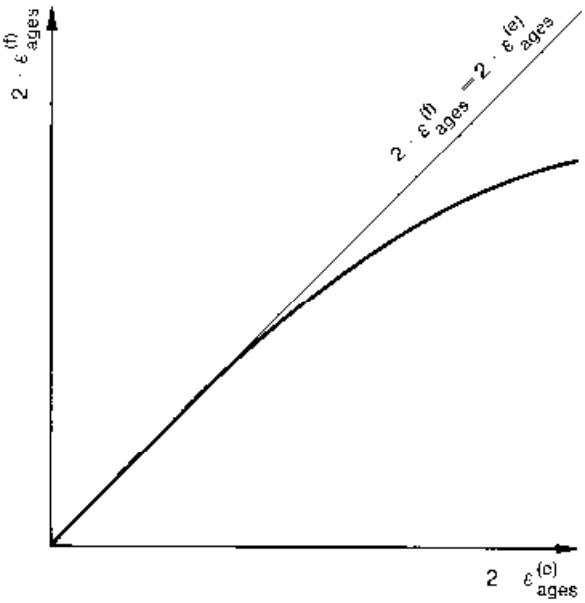


Es bedeuten:

$2 \cdot \varepsilon^{(e)}_{ages}$ effektive Dehnungsschwingbreite, maßgebend für das Versagen von schwingend beanspruchten Bälgen

$2 \cdot \varepsilon^{(f)}_{ages}$ fiktive = elastizitätstheoretische Dehnungsschwingbreite

Die Beziehung zwischen $2 \cdot \varepsilon^{(f)}_{ages}$ und $2 \cdot \varepsilon^{(e)}_{ages}$ kann graphisch folgendermaßen dargestellt werden:



Aufgrund des in den Versuchen ermittelten Streubereichs der C-Werte wurde im Mittel der Wert 0,1 für den dritten Ausdruck in der Formel (20) gewählt.

Bei Überlagerung der Axialverschiebung und Biegung wird Formel (21) verwendet. Hier ist der Spannungsanteil $\Delta\sigma_{v(p)}$ anteilmäßig dem Spannungsanteil $\Delta\sigma_{v(w)}$ bzw. $\Delta\sigma_{v(\alpha)}$ hinzugeschlagen worden.

Die Erläuterung zu Faktor f_1 ist auf Seite 54 der Dissertation gegeben. Er berücksichtigt die Oberfläche und das Gefüge der Schweißnaht. Die Schweißnaht liegt herstellungsbedingt in der Mitte der Außenkrempe und/oder der Innenkrempe. Durch die Versuche hat sich herausgestellt, dass die größere Beanspruchung in der Mitte der Innenkrempe liegt. Deswegen wurden zusätzlich die Tafeln 14 bis 25 geschaffen, die die Rechenstützwerte an dieser Stelle beinhalten. So kann dieser Punkt getrennt untersucht werden. Die Tafeln 2 bis 13 enthalten die Rechenstützwerte der höchstbeanspruchten Stelle des Profils. Wenn eine Rundnaht vorhanden ist, müssen beide Punkte (höchstbeanspruchte Stelle und Ort der Schweißnaht) untersucht werden. Der größere Wert von $2 \cdot \varepsilon_{ages}$ ist maßgebend.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Erläuterung der Formel (22)

Sie stellt die Gleichung der Geraden im doppeltlogarithmischen Diagramm dar (siehe Bilder 70 und 71 der Dissertation). Hiermit wird eine Beziehung zwischen der Lastwechselzahl N und der effektiven Gesamtdehnungsschwingbreite $2 \cdot \varepsilon_{ages}$ hergestellt.

Unterhalb der Lastspielzahl wird der durch Literatur belegte Erfahrungsbereich verlassen. Ziel der unteren Grenze für die Lastspielzahl ist

— eine Begrenzung des Steifigkeitsabfalls aus dem Federweg mit Hinblick auf die Stabilität,

— die Sicherstellung der Gültigkeit der Formel (11), die strenggenommen nur für das elastische Verhalten des Balges gültig ist, auch im elasto-plastischen Bereich.

Erläuterung zu Abschnitt 6.2.2, 2. Satz

Der Balg eines Angular- oder Lateralkompensators erfährt durch die Angularverdrehung bzw. den Lateralweg eine Biegung, die bei gleichzeitig wirkendem Innendruck zu einem seitlichen Ausweichen des Balges mit übermäßigen Verformungen führen kann.

Erläuterung zu Abschnitt 6.4

Die Stützziffer $n = 1{,}28$ bei hohen Temperaturen wurde aus den Versuchen ermittelt, wie aus der Dissertation auf Seite 65 zu entnehmen ist.

Für das vorliegende Berechnungsverfahren liegen im Bereich höherer Temperaturen nur Ergebnisse einzelner Kurzzeitversuche vor. Es ist beabsichtigt, damit Betriebserfahrungen zu sammeln. Zusätzliche Überwachungsmaßnahmen sind erforderlich.

Werkstoffe

Bei den Versuchen wurden Kompensatoren aus folgenden Werkstoffen verwendet:

MRSt 34-2	1.0108
H I	1.0345
H II	1.0425
16 CrMo 4	1.7242
X 10 Cr Ni Ti 18 9	1.4541

Die in der Tafel 1 angegebenen C-Werte beziehen sich auf diese Werkstoffe.

Interpolationsgleichungen

Die Zahlenwerte für $R_{(p)}$, $R_{(w)}$ und $R_{(c_w)}$ werden den Tafeln 2 bis 13 bzw. 14 bis 25 entnommen. Zwischenwerte sind linear nach folgendem Schema zu interpolieren:

$\frac{d_u}{h}$	$\frac{r_u}{h}$	$\frac{r_o}{h}$
$\frac{s_u}{h}$	R^u_{uu}	R^u_{uo}
$\frac{s_o}{h}$	R^u_{ou}	R^u_{oo}

$\frac{d_o}{h}$	$\frac{r_u}{h}$	$\frac{r_o}{h}$
$\frac{s_u}{h}$	R^o_{uu}	R^o_{uo}
$\frac{s_o}{h}$	R^o_{ou}	R^o_{oo}

$$\Delta\frac{s}{h} = \frac{\frac{s}{h} - \frac{s_u}{h}}{\frac{s_o}{h} - \frac{s_u}{h}}$$

$$\Delta\frac{r}{h} = \frac{\frac{r}{h} - \frac{r_u}{h}}{\frac{r_o}{h} - \frac{r_u}{h}}$$

$$\Delta\frac{d}{h} = \frac{\frac{d}{h} - \frac{d_u}{h}}{\frac{d_o}{h} - \frac{d_u}{h}}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

$$R_{\mathrm{u}}^{\mathrm{u}} = R_{\mathrm{uu}}^{\mathrm{u}} + \left(R_{\mathrm{ou}}^{\mathrm{u}} - R_{\mathrm{uu}}^{\mathrm{u}}\right) \cdot \Delta\frac{s}{h}$$

$$R_{\mathrm{o}}^{\mathrm{u}} = R_{\mathrm{uo}}^{\mathrm{u}} + \left(R_{\mathrm{oo}}^{\mathrm{u}} - R_{\mathrm{uo}}^{\mathrm{u}}\right) \cdot \Delta\frac{s}{h}$$

$$R_{\mathrm{u}}^{\mathrm{o}} = R_{\mathrm{uu}}^{\mathrm{o}} + \left(R_{\mathrm{ou}}^{\mathrm{o}} - R_{\mathrm{uu}}^{\mathrm{o}}\right) \cdot \Delta\frac{s}{h}$$

$$R_{\mathrm{o}}^{\mathrm{o}} = R_{\mathrm{uo}}^{\mathrm{o}} + \left(R_{\mathrm{oo}}^{\mathrm{o}} - R_{\mathrm{uo}}^{\mathrm{o}}\right) \cdot \Delta\frac{s}{h}$$

$$R^{\mathrm{u}} = R_{\mathrm{u}}^{\mathrm{u}} + \left(R_{\mathrm{o}}^{\mathrm{u}} - R_{\mathrm{u}}^{\mathrm{u}}\right) \cdot \Delta\frac{r}{h}$$

$$R^{\mathrm{o}} = R_{\mathrm{u}}^{\mathrm{o}} + \left(R_{\mathrm{o}}^{\mathrm{o}} - R_{\mathrm{u}}^{\mathrm{o}}\right) \cdot \Delta\frac{r}{h}$$

$$R = R^{\mathrm{u}} + \left(R^{\mathrm{o}} - R^{\mathrm{u}}\right) \cdot \Delta\frac{d}{h}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juni 2014**

Grundsätze	AD 2000-Regelwerk Aufbau, Anwendung, Verfahrens-richtlinien	AD 2000-Merkblatt G 1

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 AD 2000-Regelwerk 2
2 Träger des AD 2000-Regelwerkes 2
3 Aufbau des AD 2000-Regelwerkes 2
4 Anwendung des AD 2000-Regelwerkes 3
5 Verfahrensrichtlinien für die Aufstellung der AD 2000-Merkblätter 3
6 Veröffentlichung der AD 2000-Merkblätter 4
7 Anwendung von Entwürfen, Gültigkeit der AD 2000-Merkblätter 4

Ersatz für Ausgabe Februar 2004; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 AD 2000-Regelwerk

Die AD 2000-Merkblätter sind allgemein anerkannte Regeln der Technik für Druckbehälter und Rohrleitungen sowie deren Ausrüstungsteile. Sie enthalten sicherheitstechnische Anforderungen für

- Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung,
- Berechnung,
- Herstellung und Prüfung,
- Werkstoffe.

Das AD 2000-Regelwerk erfüllt die Anforderungen der ISO 16528-1 und ist in der offiziellen Bekanntmachung auf der Web-Seite des ISO/TC 11 aufgeführt.

2 Träger des AD 2000-Regelwerkes

Die AD 2000-Merkblätter werden von der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) aufgestellt. Träger und damit Mitglieder der AD sind die nachstehend genannten sieben Verbände (AD-Verbände):

- FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin
- Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main
- Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf
- VGB PowerTech e. V., Essen
- Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Federführender Verband ist der VdTÜV, der zugleich die Aufgaben der Geschäftsstelle wahrnimmt.

Die AD-Verbände stellen in einem ausgewogenen Verhältnis einen Zusammenschluss der Werkstoff- und Druckbehälter-Hersteller, der Betreiber, der gewerblichen Berufsgenossenschaften und der Technischen Überwachung dar. Aus der Kenntnis der beim Bau und Betrieb von Druckbehältern, Rohrleitungen und Ausrüstungsteilen auftretenden Fragen erarbeiten die AD-Verbände allgemein anerkannte Regeln der Technik für Druckbehälter, Rohrleitungen sowie Ausrüstungsteile und passen sie laufend dem Fortschritt der Technik an. Die AD zieht im Einzelfall Fachleute anderer Verbände oder Vertreter der Wissenschaft zur Lösung besonderer Fragen hinzu.

3 Aufbau des AD 2000-Regelwerkes

3.1 Einen Überblick über den Aufbau des Regelwerkes gibt Tafel 1.

3.2 Die AD 2000-Merkblätter stützen sich weitgehend auf DIN-Normen. Die im AD 2000-Regelwerk zitierten Normen sind im AD 2000-Merkblatt G 2 aufgelistet.

Tafel 1 — Überblick über den Aufbau des AD 2000-Regelwerkes

AD 2000-Regelwerk	
AD 2000-Merkblatt	**der Reihe**
Ausrüstung, Aufstellung, Kennzeichnung	A
Berechnung	B
Grundsätze	G
Herstellung und Prüfung	HP
Nichtmetallische Werkstoffe	N
Sonderfälle	S
Metallische Werkstoffe	W
Zusätzliche Hinweise	Z

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4 Anwendung des AD 2000-Regelwerkes

4.1 Voraussetzungen

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsbedingungen zu stellen sind. Vorausgesetzt werden eine einwandfreie Gestaltung, Herstellung und ein ordnungsmäßiges Betreiben der Druckbehälter, der Rohrleitungen und der Ausrüstungsteile einschließlich der erforderlichen Instandhaltung. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen der Druckbehälter, der Rohrleitungen und der Ausrüstungsteile zu erwarten, ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer anerkannter Regeln der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Zur Anwendung der AD 2000-Merkblätter ist ein großer Erfahrungsschatz einschließlich vorhandener Betriebserfahrungen erforderlich. Die Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter verbindet daher mit einer zuständigen unabhängigen Stelle besondere Anforderungen. Die vor dem 29.11.1999 nach dem AD-Regelwerk tätigen Sachverständigenorganisationen (TÜV, TÜH, AfA und Industrieüberwacherstellen) erfüllen diese Anforderungen.

4.2 Abweichungen von den AD 2000-Merkblättern

Wird von einzelnen Festlegungen des AD 2000-Regelwerkes abgewichen, ist dafür Sorge zu tragen, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalysen, Betriebserfahrungen. Im Zweifelsfall gilt die ingenieurmäßige Sorgfaltspflicht mit der sinngemäßen Anwendung der AD 2000-Merkblätter als erfüllt.

4.3 Ergänzende Regeln

Soweit die AD 2000-Merkblätter Einzelfragen nicht behandeln, ist auf andere allgemein anerkannte Regeln der Technik zurückzugreifen. Dabei ist dafür Sorge zu tragen, dass mindestens der sicherheitstechnische Maßstab des AD 2000-Regelwerkes eingehalten wird.

5 Verfahrensrichtlinien für die Aufstellung der AD 2000-Merkblätter

5.1 Vorarbeit der AD-Verbände

Die AD-Verbände arbeiten zunächst in ihren Reihen Beratungsunterlagen aus. Diese werden dem federführenden Verband, dem VdTÜV, übergeben.

5.2 AD 2000-Arbeitskreise

5.2.1 Zur Bearbeitung der unter Abschnitt 5.1 genannten Beratungsunterlagen und der damit im Zusammenhang stehenden oder sonstigen Sachfragen, die im AD 2000-Regelwerk behandelt werden sollen, werden AD 2000-Arbeitskreise gebildet. Die AD-Verbände delegieren in diese AD 2000-Arbeitskreise Fachleute.

5.2.2 Zu den Sitzungen der AD 2000-Arbeitskreise können Fachleute anderer Verbände und Vertreter der Wissenschaft hinzugezogen werden.

5.3 Arbeitsweise der AD 2000-Arbeitskreise

5.3.1 Die AD 2000-Arbeitskreise sind beschlussfähig, wenn mindestens vier AD-Verbände vertreten sind. Die Beschlüsse der AD 2000-Arbeitskreise sollen im gegenseitigen Einvernehmen gefasst werden. Ist in Einzelfällen eine einhellige Auffassung nicht zu erreichen, so gilt die Ansicht der Mehrheit der in den AD 2000-Arbeitskreisen vertretenen Verbände.

5.3.2 Die Beratungsergebnisse der AD 2000-Arbeitskreise werden schriftlich in Form von AD 2000-Entwürfen festgehalten und den AD-Verbänden mitgeteilt.

5.4 Verabschiedung von AD 2000-Entwürfen

5.4.1 Die aufgrund von Beratungsergebnissen eines AD 2000-Arbeitskreises entstandenen Texte (verabschiedungsreife AD 2000-Entwürfe) werden den AD-Verbänden mit einer Frist von sechs Wochen zur Zustimmung vorgelegt. Das Ergebnis dieser Umfrage wird den AD-Verbänden mitgeteilt.

5.4.2 Falls ein AD-Verband einem AD 2000-Entwurf nicht zustimmen kann, hat er die Möglichkeit, innerhalb von vier Wochen bei der AD-Geschäftsstelle zu beantragen, dass sein Anliegen in einer AD-Geschäftsführersitzung beraten wird.

5.4.3 Ein AD 2000-Entwurf gilt als endgültig verabschiedet, sofern

- ein Antrag zur Beratung in einer AD-Geschäftsführersitzung nicht fristgerecht vorliegt und mindestens fünf AD-Verbände dem AD 2000-Entwurf zugestimmt haben oder
- nach Abschluss einer beantragten Beratung in einer AD-Geschäftsführersitzung die AD-Geschäftsführer den AD 2000-Entwurf gebilligt haben.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.5 Behandlung von Anfragen und Anregungen

Anfragen und Anregungen zu dem AD 2000-Regelwerk sind im Allgemeinen über die AD-Verbände an den federführenden AD-Verband, den VdTÜV, zu richten. Anfragen und Anregungen können Ergänzungen und Änderungen des AD 2000-Regelwerkes bewirken.

6 Veröffentlichung der AD 2000-Merkblätter

6.1 Die nach Abschnitt 5.4 verabschiedeten AD 2000-Entwürfe werden im Rahmen des AD 2000-Regelwerkes durch den VdTÜV veröffentlicht. Hinweise auf Veränderungen des AD 2000-Regelwerkes erscheinen u. a. in folgenden Zeitschriften: BWK (Brennstoff – Wärme – Kraft), Chemie – Ingenieur – Technik, Die Berufsgenossenschaft, DIN-Mitteilungen, Stahl und Eisen, TÜ (Technische Überwachung), VGB KraftwerksTechnik.

6.2 AD 2000-Merkblätter werden als Weißdruck veröffentlicht.

7 Anwendung von Entwürfen, Gültigkeit der AD 2000-Merkblätter

7.1 Beratungsunterlagen, die den AD 2000-Arbeitskreisen nach Abschnitt 5.2.1 vorgelegt werden, erhalten die Bezeichnung

„AD 2000-Vorlage (Monat und Jahr)“

7.2 Mitteilungen von Beratungsergebnissen nach Abschnitt 5.3.2 erhalten die Bezeichnung

„AD 2000-Entwurf (Monat und Jahr)“

7.3 Die AD 2000-Merkblätter (Weißdrucke) können sofort nach ihrer Veröffentlichung angewendet werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2016**

Grundsätze	**Zusammenstellung aller im AD 2000-Regelwerk zitierten Normen**	**AD 2000-Merkblatt G 2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

Vorbemerkung 2
1 DIN-Normen 2
2 DIN-EN-Normen 31
3 DIN-EN-ISO-Normen 52
4 DIN-ISO-Normen 58
5 CR-ISO-Normen 58
6 EN-Normen 59
7 ISO-Normen 59
8 DIN-VDE-Normen/DIN-VDI-Richtlinien 60
9 VDMA-Normen 60

Ersatz für Ausgabe April 2015; vollständig überarbeitet

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Vorbemerkung

Nach AD 2000-Merkblatt G 1 Abschnitt 3.2 stützen sich die AD 2000-Merkblätter weitgehend auf Normen. In der nachfolgenden Zusammenstellung sind alle Normen mit Ausgabedatum aufgelistet, die im AD 2000-Regelwerk mit Stand September 2016 zitiert werden. Die Liste wird regelmäßig auf den neuesten Stand gebracht.

Wenn eine gelistete Norm zurückgezogen oder ersetzt wurde, wird in diesem Merkblatt auf das Nachfolgedokument hingewiesen.

Die in einem AD 2000-Merkblatt zitierte Norm ist so lange anzuwenden, bis die Nachfolgenorm in dem entsprechenden AD 2000-Merkblatt zitiert wird. Das Nachfolgedokument wird bei der nächsten regelmäßigen Aktualisierung des AD 2000-Merkblattes G 2 mit Ausgabedatum und Bezug (Merkblatt/Abschnitt) zitiert.

1 DIN-Normen

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
267-13	W 7	2008-05	2.2, 2.3, 3.1, 4.1.2, 5.1	Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen – Teil 13: Teile für Schraubenverbindungen mit besonderen mechanischen Eigenschaften zum Einsatz bei Temperaturen von −200 °C bis +700 °C	2007-05
444	A 5	2000-10	4.2	Augenschrauben	1983-04
1626	W 4	2008-05	2.2.1, 7.2.1, Tafel 2a, Tafel 2b, Tafel 3, Anh. 1	Geschweißte kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 3183 (2013-03) Erdöl- und Erdgasindustrie – Stahlrohre für Rohrleitungstransportsysteme DIN EN 10217-1 (2005-04) Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur DIN EN 10224 (2005-12) Rohre und Fittings aus unlegierten Stählen für den Transport von Wasser und anderen wässrigen Flüssigkeiten – Technische Lieferbedingungen DIN EN 10296-1 (2004-02) Geschweißte kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen	1984-10
1628	W 4	2008-05	2.2.2, 7.2.2, Tafel 2a, Tafel 2b, Tafel 3	Geschweißte kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besonders hohe Anforderungen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10217-1 (2005-04) Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur DIN EN 10296-1 (2004-02) Geschweißte kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen	1984-10
1629	W 4	2008-05	2.1.1, 7.1.1, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 3	Nahtlose kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besondere Anforderungen – Technische Lieferbedingungen	1984-10

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
1629 (Forts.)	W 12	2003-07	2.1.1, Tafel 1, Tafel 3	**NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 3183 (2013-03) Erdöl- und Erdgasindustrie – Stahlrohre für Rohrleitungstransportsysteme DIN EN 10216-1 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur DIN EN 10217-1 (2005-04) Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur DIN EN 10224 (2005-12) Rohre und Fittings aus unlegiertem Stahl für den Transport von Wasser und anderen wässrigen Flüssigkeiten – Technische Lieferbedingungen DIN EN 10297-1 (2003-06) Nahtlose kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen	
1630	HP 100 R W 4	2016-09 2008-05	5.2.1.1 2.1.2, 7.1.3, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 3	Nahtlose kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besonders hohe Anforderungen; Technische Lieferbedingungen **OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN**	1984-10
	W 12	2003-07	2.1.2, Tafel 1, Tafel 3		
1690-1	W 0 W 3/1 W 3/2	2006-07 2000-10 2000-10	3.5 4.1 4.1	Technische Lieferbedingungen für Gußstücke aus metallischen Werkstoffen; Allgemeine Bedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1559-1 (2011-05) Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Allgemeines	1985-05
1690-10	S 1 S 2	2005-02 2010-11	Anh. 3 Anh. 5, 1.3, 8.2.1, 8.2.2	Technische Lieferbedingungen für Gußstücke aus metallischen Werkstoffen; Ergänzende Festlegungen für Stahlguß für höher beanspruchte Armaturen **OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN**	1991-01
1691	W 3/1	2000-10	Anh. 1	Gußeisen mit Lamellengraphit (Grauguß); Eigenschaften **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1561 (2012-01) Gießereiwesen – Gusseisen mit Lamellengraphit	1985-05
1738	HP 0	2011-05	[2] zu Tafel 1a, [1] zu Tafel 2a, [1] zu Tafel 3a	Siehe CR ISO 15608:2000 **NACHFOLGEDOKUMENT:**	V 2000-07
	HP 2/1	2011-05	3.1	DIN CEN ISO/TR 15608 (2013-08) Schweißen – Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
2353	HP 100 R	2016-09	5.6.1, 7.4.1	Lötlose Rohrverschraubungen mit Schneidring – Vollständige Verschraubung und Übersicht	1998-12
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 2353 (2013-01) Lötlose Rohrverschraubungen mit Schneidring – Vollständige Verschraubung und Übersicht	
2401-1	W 3/2	2000-10	2.5, Tafel 1	Innen- oder außendruckbeanspruchte Bauteile; Druck- und Temperaturangaben, Begriffe, Nenndruckstufen	1977-05
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 764-1 (2015-06) Druckgeräte – Teil 1: Vokabular	
				DIN EN 1333 (2006-06) Flansche und ihre Verbindungen – Rohrleitungsteile; Definition und Auswahl von PN	
2413	B 1	2000-10	7	Stahlrohre; Berechnung der Wanddicke gegen Innendruck	1972-06
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 2413 (2011-06) Nahtlose Stahlrohre für öl- und wasserhydraulische Anlagen – Berechnungsgrundlage für Rohre und Rohrbögen bei schwellender Beanspruchung	
				DIN EN 13480-3 (2014-12) Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 3: Konstruktion und Berechnung	
2448	HP 801 Nr. 14	2004-02	4.9.1	Nahtlose Stahlrohre – Maße, längenbezogene Massen	1981-02
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10220 (2003-03) Nahtlose und geschweißte Stahlrohre – Allgemeine Tabellen für Maße und längenbezogene Masse	
2500	B 8	2007-05	6.1.2	Flansche; Allgemeine Angaben, Übersicht	1966-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 1092-1 (2013-04) Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 1: Stahlflansche	
				DIN EN 1092-2 (1997-06) Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 2: Gußeisenflansche	
2505	B 7 B 8 N 1 S 3/1	2016-09 2015-04 2014-06 2001-09	[1)] 8.4 4.5.7 6.2.1	Berechnung von Flanschverbindungen	V 1986-01
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 1591-1 (2014-04) Flansche und Flanschverbindungen – Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung – Teil 1: Berechnungsmethode	
				DIN EN 1591-2 (2008-09) Flansche und ihre Verbindungen – Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung – Teil 2: Dichtungskennwerte	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
2505-1	B 8	2015-04	8.5.3	Berechnung von Flanschverbindungen; Berechnung	1990-04
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
2510	B 7	2016-09	2.2.1, 2.3.1	Schraubenverbindungen mit Dehnschaft; Übersicht, Anwendungsbereich und Einbaubeispiele	1947-10
				TEILWEISER ERSATZ DURCH:	
				DIN 2510-1 (1974-09) Schraubenverbindungen mit Dehnschaft; Übersicht, Anwendungsbereich und Einbaubeispiele	
				DIN 2510-3 (1971-08) Schraubenverbindungen mit Dehnschaft; Schraubenbolzen	
				DIN 2510-5 (1971-08) Schraubenverbindungen mit Dehnschaft; Sechskantmuttern	
				DIN 2510-7 (1971-08) Schraubenverbindungen mit Dehnschaft; Dehnhülsen	
2519	B 8	2007-05	2.2.1	Stahlflansche – Technische Lieferbedingungen	1966-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 1092-1 (2013-04) Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 1: Stahlflansche	
2527	B 5	2016-09	2.2	Blindflansche – Nenndruck 6 bis 100	1972-04
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 1092-1 (2013-04) Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 1: Stahlflansche	
2605-1	B 1 Anl. 1	2006-05	1	Formstücke zum Einschweißen; Rohrbogen; Verminderter Ausnutzungsgrad	1991-02
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10253-2 (2008-09) Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	
				DIN EN 10253-4 (2008-06) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	
				DIN EN 10253-4 Berichtigung 1 (2009-11) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	
2605-2	B 1 Anl. 1	2006-05	1	Formstücke zum Einschweißen – Rohrbogen – Teil 2: Voller Ausnutzungsgrad	1995-06
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10253-2 (2008-09) Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	
				DIN EN 10253-4 (2008-06) (Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
2605-2 (Forts.)				DIN EN 10253-4 Berichtigung 1 (2009-11) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	
2609	HP 8/3 HP 100 R	2010-02 2016-09	Anhang 5.3.2	Formstücke zum Einschweißen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10253-2 (2008-09) Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen DIN EN 10253-4 (2008-06) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen DIN EN 10253-4 Berichtigung 1 (2009-11) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	1991-02
2615-1	HP 100 R	2016-09	6.2.1.3	Formstücke zum Einschweißen; T-Stücke; Verminderter Ausnutzungsgrad **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10253-2 (2008-09) Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen DIN EN 10253-4 (2008-06) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen DIN EN 10253-4 Berichtigung 1 (2009-11) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	1992-05
2615-2	HP 100 R	2016-09	6.2.1.3	Formstücke zum Einschweißen; T-Stücke; Voller Ausnutzungsgrad **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10253-2 (2008-09) Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen DIN EN 10253-4 (2008-06) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen DIN EN 10253-4 Berichtigung 1 (2009-11) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	1992-05
2617	HP 8/3	2010-02	1	Formstücke zum Einschweißen; Kappen; Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10253-2 (2008-09) Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen DIN EN 10253-4 (2008-06) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	1991-02

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
2617 (Forts.)				DIN EN 10253-4 Berichtigung 1 (2009-11) Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	
2695	B 7	2016-09	Tafel 1	Membran-Schweißdichtungen und Schweißring-Dichtungen für Flanschverbindungen	2002-11
2696	B 7	2016-09	Tafel 1	Flanschverbindungen mit Dichtlinse	1999-08
2697	B 7	2016-09	Tafel 1	Kammprofilierte Dichtringe und Dichtungen für Flanschverbindungen, Nenndruck 64 bis 400 **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1514-6 (2004-03) Flansche und ihre Verbindungen – Maße für Dichtungen für Flansche mit PN-Bezeichnung – Teil 6: Kammprofildichtungen für Stahlflansche	1972-01
3320-1	A 1	2006-10	[3], 7.2.2	Sicherheitsventile; Sicherheitsabsperrventile; Begriffe, Größenbemessung, Kennzeichnung **TEILWEISER ERSATZ DURCH:** DIN EN 764-1 (2015-06) Druckgeräte – Teil 1: Vokabular	1984-09
3381	A 403	2001-06	3.2.2	Sicherheitseinrichtungen für Gasversorgungsanlagen mit Betriebsdrücken bis 100 bar; Sicherheitsabblase- und Sicherheitsabsperreinrichtungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 14382 (2009-07) Sicherheitseinrichtungen für Gas-Druckregelanlagen und -einrichtungen – Gas-Sicherheitsabsperreinrichtungen für Eingangsdrücke bis 100 bar	1984-06
3394-1	HP 801 Nr. 25	2004-02	6.3.7	Automatische Stellgeräte – Teil 1: Stellgeräte zum Sichern, Abblasen und Regeln für Drücke über 4 bar bis 16 bar **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 16678 (2016-02) Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Gasbrenner und Gasbrennstoffgeräte – Automatische Absperrventile für einen Betriebsdruck über 500 kPa bis einschließlich 6 300 kPa	2004-05
3440	A 403 HP 801 Nr. 25	2001-06 2004-02	5.1, 6 6.2.13	Temperaturregel- und -begrenzungseinrichtungen für Wärmeerzeugungsanlagen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 14597 (2012-09) Temperaturregeleinrichtungen und Temperaturbegrenzer für wärmeerzeugende Anlagen	1984-07
3441-1	HP 120 R	2001-06	5.4.2	Armaturen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Anforderungen und Prüfung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 16135 (2006-06) Industriearmaturen – Kugelhähne aus Thermoplasten DIN EN ISO 16136 (2006-06) Industriearmaturen – Klappen aus Thermoplasten	1989-05

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
3441-1 (Forts.)	HP 120 R	2001-06	5.4.2	DIN EN ISO 16137 (2006-06) Industriearmaturen – Rückflussverhinderer aus Thermoplasten DIN EN ISO 16138 (2006-06) Industriearmaturen – Membranventile aus Thermoplasten DIN EN ISO 16139 (2006-06) Industriearmaturen – Schieber aus Thermoplasten DIN EN ISO 21787 (2006-06) Industriearmaturen – Ventile aus Thermoplasten	
3441-2	HP 120 R	2001-06	5.4.2	Armaturen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Kugelhähne, Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 16135 (2006-06) Industriearmaturen – Kugelhähne aus Thermoplasten	1984-08
3441-3	HP 120 R	2001-06	5.4.2	Armaturen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Membranarmaturen, Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 16138 (2006-06) Industriearmaturen – Membranventile aus Thermoplasten	1984-08
3441-4	HP 120 R	2001-06	5.4.2	Armaturen aus PVC hart (Polyvinylchlorid hart); Schrägsitzventile, Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 21787 (2006-06) Industriearmaturen – Ventile aus Thermoplasten	1978-06
3441-5	HP 120 R	2001-06	5.4.2	Armaturen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Absperrklappen PN 6 und PN 10 zum Einklemmen; Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 16136 (2006-06) Industriearmaturen – Klappen aus Thermoplasten	1984-01
3441-6	HP 120 R	2001-06	5.4.2	Armaturen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Schieber mit innenliegendem Spindelgewinde; Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 16139 (2006-06) Industriearmaturen – Schieber aus Thermoplasten	1988-03
3441-7	HP 120 R	2001-06	5.4.2	Armaturen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) für die Wasserversorgung; Anforderungen und Anerkennungsprüfung für Absperrarmaturen **OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN**	E 1990-12
3442-1	HP 120 R	2001-06	5.4.5	Armaturen aus Polypropylen (PP); Anforderungen und Prüfung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 16135 (2006-06) Industriearmaturen – Kugelhähne aus Thermoplasten DIN EN ISO 16136 (2006-06) Industriearmaturen – Klappen aus Thermoplasten DIN EN ISO 16137 (2006-06) Industriearmaturen – Rückflussverhinderer aus Thermoplasten	1987-05

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
3442-1 (Forts.)				DIN EN ISO 16138 (2006-06) Industriearmaturen – Membranventile aus Thermoplasten DIN EN ISO 16139 (2006-06) Industriearmaturen – Schieber aus Thermoplasten DIN EN ISO 21787 (2006-06) Industriearmaturen – Ventile aus Thermoplasten	
3442-2	HP 120 R	2001-06	5.4.5	Armaturen aus PP (Polypropylen); Kugelhähne, Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 16135 (2006-06) Industriearmaturen – Kugelhähne aus Thermoplasten	1980-10
3442-3	HP 120 R	2001-06	5.4.5	Armaturen aus Polypropylen (PP); Membranarmaturen, Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 16138 (2006-06) Industriearmaturen – Membranventile aus Thermoplasten	1987-07
3840	S 2	2010-11	5	Armaturengehäuse; Festigkeitsberechnung gegen Innendruck **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 12516-2 (2015-01) Industriearmaturen – Gehäusefestigkeit – Teil 2: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl	1982-09
3859	HP 100 R	2016-09	5.6.1	Rohrverschraubungen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 3859-1 (2005-09) Rohrverschraubungen – Teil 1: Technische Lieferbedingungen DIN EN ISO 8434-1 (2008-02) Metallische Rohrverschraubungen für Fluidtechnik und allgemeine Anwendung – Teil 1: Verschraubungen mit 24°-Konus	1984-03
4102-1	HP 801 Nr. 25	2004-02	7.2.1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen **TEILWEISER ERSATZ DURCH:** DIN EN 13238 (2010-06) Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Konditionierungsverfahren und allgemeine Regeln für die Auswahl von Trägerplatten	1998-05
4114-1	S 3/2 S 3/3	2004-02 2001-09	7 Tafel 1	Stahlbau; Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung), Berechnungsgrundlagen, Vorschriften **Bitte beachten:** DIN 4114 Teil 1 vom Juli 1952 und DIN 4114 Teil 2 vom Februar 1953 gelten noch bis zum Erscheinen einer EN-Norm über das Knicken von Stäben und Stabwerken von Stahlbauten. **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1993-1-1 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau DIN EN 1993-1-1/NA (2015-08) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau	1952-07

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
4114-1 (Forts.)				DIN EN 1993-1-3 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche DIN EN 1993-1-3/NA (2010-12) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche DIN EN 1993-1-5 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile DIN EN 1993-1-5/NA (2016-04) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile	
4114-2	S 3/2 S 3/3	2004-02 2001-09	7 Tafel 1	Stahlbau; Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung), Berechnungsgrundlagen, Richtlinien **Bitte beachten:** DIN 4114 Teil 1 vom Juli 1952 und DIN 4114 Teil 2 vom Februar 1953 gelten noch bis zum Erscheinen einer EN-Norm über das Knicken von Stäben und Stabwerken von Stahlbauten. **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1993-1-1 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau DIN EN 1993-1-1/NA (2015-08) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau DIN EN 1993-1-3 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche DIN EN 1993-1-3/NA (2010-12) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche DIN EN 1993-1-5 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile DIN EN 1993-1-5/NA (2016-04) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile	1953-02
4133	S 3/0	2016-09	Anhang 3	Schornsteine aus Stahl **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1993-3-2 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine – Schornsteine DIN EN 13084-1 (2007-05) Freistehende Schornsteine – Teil 1: Allgemeine Anforderungen	1991-11

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
4140	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.2	Dämmarbeiten an betriebs- und haustechnischen Anlagen; Ausführung von Wärme- und Kältedämmungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 4140 (2014-04) Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung – Ausführung von Wärme- und Kältedämmungen	1996-11
4226-1	HP 801 Nr. 25	2004-02	7.1	Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel – Teil 1: Normale und schwere Gesteinskörnungen **TEILWEISER ERSATZ DURCH:** DIN EN 12620 (2008-07) Gesteinskörnungen für Beton	1983-04
4680-1	A 5 Anl. 1 HP 801 Nr. 25	2000-10 2004-02	2.4.7 6.2.7	Ortsfeste Druckbehälter aus Stahl für Flüssiggas, für oberirdische Aufstellung; Maße, Ausrüstung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 12542 (2010-12) Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile – Ortsfeste, geschweißte zylindrische Behälter aus Stahl, die serienmäßig für die Lagerung von Flüssiggas (LPG) hergestellt werden, mit einem Fassungsvermögen bis 13 m^3 – Gestaltung und Herstellung	1992-05
4680-2	HP 801 Nr. 25	2004-02	6.2.7	Ortsfeste Druckbehälter aus Stahl für Flüssiggas, für halboberirdische Aufstellung; Maße, Ausrüstung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 12542 (2010-12) Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile – Ortsfeste, geschweißte zylindrische Behälter aus Stahl, die serienmäßig für die Lagerung von Flüssiggas (LPG) hergestellt werden, mit einem Fassungsvermögen bis 13 m^3 – Gestaltung und Herstellung	1992-05
4681-1	HP 801 Nr. 25	2004-02	6.2.7	Ortsfeste Druckbehälter aus Stahl für Flüssiggas für erdgedeckte Aufstellung; Maße, Ausrüstung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 12542 (2010-12) Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile – Ortsfeste, geschweißte zylindrische Behälter aus Stahl, die serienmäßig für die Lagerung von Flüssiggas (LPG) hergestellt werden, mit einem Fassungsvermögen bis 13 m^3 – Gestaltung und Herstellung	1988-01
4754	HP 801 Nr. 37	2002-05	3	Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern – Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 4754-1 (2015-03) Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern – Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung	1994-09
4787-1	A 404	2001-06	7.2	Ölzerstäubungsbrenner; Begriffe, Sicherheitstechnische Anforderungen; Prüfung, Kennzeichnung **TEILWEISER ERSATZ DURCH:** DIN EN 267 (2011-11) Automatische Brenner mit Gebläse für flüssige Brennstoffe	1981-09

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
4788-1	A 404	2001-06	7.2	Gasbrenner; Gasbrenner ohne Gebläse	1977-06
				TEILWEISER ERSATZ DURCH:	
				DIN EN 298 (2012-11) Feuerungsautomaten für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige oder flüssige Brennstoffe	
4788-2	A 404	2001-06	7.2	Gasbrenner; Gasbrenner mit Gebläse; Begriffe, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung	1990-02
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 676 (2008-11) Automatische Brenner mit Gebläse für gasförmige Brennstoffe	
4810	A 5 Anl. 1	2000-10	2.4.8	Druckbehälter aus Stahl für Wasserversorgungsanlagen	1991-09
6275	A 5 Anl. 1	2000-10	2.4.4	Verbrennungsmotoren für allgemeine Verwendung; Druckluftbehälter für zulässigen Betriebsüberdruck bis 30 bar	1982-04
7079-1	HP 801 Nr. 14	2004-02	4.9.2	Runde, metallverschmolzene Schauglasplatten für Druckbeanspruchung; für Fassungen mit Rücksprung	1999-05
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 7079-1 (2015-10) Runde, metallverschmolzene Schauglasplatten für Druckbeanspruchung – Teil 1: Für Fassungen mit Rücksprung	
7080	A 404 HP 801 Nr. 14 N 4	2001-06 2004-02 2003-07	5.2 4.9.2 [1]	Runde Schauglasplatten aus Borosilicatglas für Druckbeanspruchung ohne Begrenzung im Tieftemperaturbereich	2005-05
7081	A 404 N 4	2001-06 2003-07	5.2 [1]	Lange Schauglasplatten aus Borosilicatglas für Druckbeanspruchung ohne Begrenzung im Tieftemperaturbereich	1999-05
8061	HP 110 R HP 120 R	2001-06 2001-06	5.2.21 5.2.2	Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid; Allgemeine Qualitätsanforderungen	1994-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 8061 (2016-05) Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung	
8062	HP 120 R	2001-06	5.2.2	Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U, PVC-HI); Maße	1988-11
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 8062 (2009-10) Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) – Maße	
8063-1	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Muffen- und Doppelmuffenbogen, Maße	1986-12
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-2	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC hart); Bogen aus Spritzguß für Klebung, Maße	1980-07
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-3	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Rohrverschraubungen; Maße	2002-06
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
8063-4	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Bunde, Flansche, Dichtungen; Maße	1983-09
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-5	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Allgemeine Qualitätsanforderungen, Prüfung	1999-10
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-6	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Winkel aus Spritzguss für Klebung; Maße	2002-06
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-7	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC hart); T-Stücke und Abzweige aus Spritzguß für Klebung; Maße	1980-07
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-8	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 8: Muffen, Kappen und Nippel aus Spritzguss für Klebung; Maße	2002-06
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-9	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC hart); Reduzierstücke aus Spritzguß für Klebung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-10	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 10: Wandscheiben; Maße	2002-06
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-11	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC hart); Muffen mit Grundkörper aus Kupfer-Zink-Legierung (Messing) für Klebung; Maße	1980-07
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8063-12	HP 120 R	2001-06	5.3.2	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U); Flansch- und Steckmuffenformstücke; Maße	1987-01
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8074	HP 120 R	2001-06	5.2.4	Rohre aus Polyethylen (PE); PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD; Maße	1999-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 8074 (2011-12) Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 80, PE 100 – Maße	
				DIN 16842 (2013-05) Rohre aus Polyethylen (PE) – PE-HD für drucklose Anwendungen – Allgemeine Güteanforderungen, Maße und Prüfungen; Text Deutsch und Englisch	
8075	HP 110 R HP 120 R	2001-06 2001-06	5.2.4 5.2.4	Rohre aus Polyethylen (PE); PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD; Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen	1999-08

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
8075 (Forts.)				**NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 8075 (2011-12) Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 80, PE 100 – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen DIN 16842 (2013-05) Rohre aus Polyethylen (PE) – PE-HD für drucklose Anwendungen – Allgemeine Güteanforderungen, Maße und Prüfungen; Text Deutsch und Englisch	
8077	HP 120 R	2001-06	5.2.5	Rohre aus Polypropylen (PP) – PP-H, PP-B, PP-R, PP-RCT – Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 8077 (2008-09) Rohre aus Polypropylen (PP) – PP-H, PP-B, PP-R, PP-RCT – Maße	2007-05
8078	HP 110 R HP 120 R	2001-06 2001-06	5.2.2.1 5.2.5	Rohre aus Polypropylen (PP) – PP-H, PP-B, PP-R, PP-RCT – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 8078 (2008-09) Rohre aus Polypropylen (PP) – PP-H, PP-B, PP-R, PP-RCT – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung	2007-05
8079	HP 120 R	2001-06	5.2.3	Rohre aus chloriertem Polyvinylchlorid (PVC-C) – PVC-C 250 – Maße **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 8079 (2009-10) Rohre aus chloriertem Polyvinylchlorid (PVC-C) – Maße	1997-12
8080	HP 110 R HP 120 R	2001-06 2001-06	5.2.2.1 5.2.3	Rohre aus chloriertem Polyvinylchlorid (PVC-C), PVC-C 250 – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 8080 (2009-10) Rohre aus chloriertem Polyvinylchlorid (PVC-C) – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung	2000-08
8558-1	S 3/1 S 3/2 S 3/3 S 3/4	2001-09 2004-02 2001-09 2001-09	2 2.3.2 2 2	Richtlinien für Schweißverbindungen an Dampfkesseln, Behältern und Rohrleitungen aus unlegierten und legierten Stählen; Ausführungsbeispiele **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1708-1 (2010-05) Schweißen – Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl – Teil 1: Druckbeanspruchte Bauteile	1967-05
8558-2	S 3/0 S 3/1 S 3/2 S 3/3 S 3/4	2007-11 2001-09 2004-02 2001-09 2001-09	4.6 2 2.3.2 2 2	Gestaltung und Ausführung von Schweißverbindungen; Behälter und Apparate aus Stahl für den Chemie-Anlagenbau **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1708-1 (2010-05) Schweißen – Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl – Teil 1: Druckbeanspruchte Bauteile	1983-09
8902	A 404 N 4	2001-06 2003-07	5.2 [1)]	Runde Schauglasplatten aus Natron-Kalk-Glas für Druckbeanspruchung ohne Begrenzung im Tieftemperaturbereich	1996-02
8903	A 404 N 4	2001-06 2003-07	5.2 [1)]	Lange Schauglasplatten aus Natron-Kalk-Glas für Druckbeanspruchung ohne Begrenzung im Tieftemperaturbereich	1996-02

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
8975-2	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.1	Kälteanlagen – Sicherheitstechnische Anforderungen für Gestaltung, Ausrüstung, Aufstellung und Betreiben – Werkstoffauswahl für Kälteanlagen	1978-05
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8975-5	HP 801 Nr. 14	2004-02	4.8	Kälteanlagen – Sicherheitstechnische Grundsätze für Gestaltung, Ausrüstung und Aufstellung – Prüfung vor Inbetriebnahme	1988-02
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8975-7	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.1	Kälteanlagen – Sicherheitstechnische Grundsätze für Gestaltung, Ausrüstung und Aufstellung – Sicherheitseinrichtungen in Kälteanlagen gegen unzulässige Druckbeanspruchungen	1989-02
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
8975-8	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.1	Kälteanlagen – Sicherheitstechnische Grundsätze für Gestaltung, Ausrüstung, Aufstellung und Betreiben – Füllstandsanzeige-Einrichtungen für die Kältemittelbehälter, Flüssigkeitsstandanzeiger	1979-04
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
12116	N 4	2003-07	Tafel 1	Prüfung von Glas – Beständigkeit gegen eine siedende wässrige Salzsäurelösung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung	2001-03
12476	N 4	2003-07	1	Laborgeräte aus Glas; Saugflaschen, konische Form	1983-06
				NACHFOLGEDOKUMENT: DIN EN ISO 6556 (2013-02) Laborgeräte aus Glas – Saugflaschen	
12491	N 4	2003-07	1	Laborgeräte aus Glas – Vakuum-Exsikkatoren	1998-07
				NACHFOLGEDOKUMENT: DIN EN ISO 13130 (2011-10) Laborgeräte aus Glas – Exsikkatoren	
14406-1	HP 801 Nr. 18	2002-05	2.2	Tragbare Feuerlöscher; Begriffe, Bauarten, Anforderungen	1983-02
				NACHFOLGEDOKUMENT: DIN EN 3-7 (2007-10) Tragbare Feuerlöscher – Teil 7: Eigenschaften, Leistungsanforderungen und Prüfungen	
14406-3	HP 801 Nr. 18	2002-05	2.2	Tragbare Feuerlöscher; Löschmittelbehälter für Aufladelöscher und Löscher mit chemischer Druckerzeugung, Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung	1981-04
				NACHFOLGEDOKUMENT: DIN EN 3-8 (2007-02) Tragbare Feuerlöscher – Teil 8: Zusätzliche Anforderungen zu EN 3-7 an die konstruktive Ausführung, Druckfestigkeit, mechanische Prüfungen für tragbare Feuerlöscher mit einem maximal zulässigen Druck kleiner gleich 30 bar DIN EN 3-9 (2007-02) Tragbare Feuerlöscher – Teil 9: Zusätzliche Anforderungen zu EN 3-7 an die Druckfestigkeit von Kohlendioxid-Feuerlöschern	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
14675	HP 801 Nr. 25	2004-02	7.1.8	Brandmeldeanlagen; Aufbau und Betrieb	2003-11
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 14675 (2012-04) Brandmeldeanlagen – Aufbau und Betrieb	
15018-1	S 2	2010-11	Anh. 1	Krane; Grundsätze für Stahltragwerke; Berechnung	1984-11
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 13001-3-1 (2013-12) Krane – Konstruktion allgemein – Teil 3-1: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Stahltragwerken	
16831-1	HP 120 R	2001-06	5.3.5	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polybuten (PB) – PB 125 – Teil 1: Winkel aus Spritzguss für Muffenschweißung; Maße	2003-05
16831-2	HP 120 R	2001-06	5.3.5	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polybuten (PB) – PB 125 – Teil 2: T-Stücke aus Spritzguss für Muffenschweißung; Maße	2003-05
16831-3	HP 120 R	2001-06	5.3.5	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polybuten (PB) – PB 125 – Teil 3: Muffen und Kappen aus Spritzguss für Muffenschweißung; Maße	2003-05
16831-4	HP 120 R	2001-06	5.3.5	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polybuten (PB) – PB 125 – Teil 4: Reduzierstücke aus Spritzguss für Muffenschweißung; Maße	2003-05
16831-5	HP 120 R	2001-06	5.3.5	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polybuten (PB) – PB 125 – Teil 5: Allgemeine Qualitätsanforderungen, Prüfung	1999-10
16831-6	HP 120 R	2001-06	5.3.5	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polybuten (PB) – PB 125 – Teil 6: Heizwendel-Schweißfittings; Maße	2003-09
16831-7	HP 120 R	2001-06	5.3.5	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polybuten (PB) – PB 125 – Teil 7: Bunde, Flansche, Dichtringe für Muffenschweißung; Maße	2004-02
16867	HP 110 R	2001-06	5.2.1.1	Rohre, Formstücke und Verbindungen aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF) für Chemierohrleitungen; Technische Lieferbedingungen	1982-07
16868-1	HP 110 R	2001-06	5.2.1.1	Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) – Teil 1: Gewickelt, gefüllt; Maße	1994-11
16868-2	HP 110 R	2001-06	5.2.1.1	Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) – Teil 2: Gewickelt, gefüllt; Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung	1994-11
16870-1	HP 110 R	2001-06	5.2.1.3	Rohre aus glasfaserverstärktem Epoxidharz (EP-GF), gewickelt; Maße	1987-01
16871	HP 110 R	2001-06	5.2.1.3	Rohre aus glasfaserverstärktem Epoxidharz (EP-GF); geschleudert, Maße	1982-02
16962-1	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; In Segmentbauweise hergestellte Rohrbogen für Stumpfschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
16962-2	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP); Typ 1 und 2; In Segmentbauweise und durch Aushalsen hergestellte T-Stücke und Abzweige für Stumpfschweißung; Maße	1983-02
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-3	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; Aus Rohr geformte Rohrbogen für Stumpfschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-4	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP); Typ 1 und 2; Bunde für Heizelement-Stumpfschweißung, Flansche, Dichtungen; Maße	1988-11
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-6	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; Winkel aus Spritzguß für Muffenschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-7	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; T-Stücke aus Spritzguß für Muffenschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-8	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; Muffen und Kappen aus Spritzguß für Muffenschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-9	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP); Typ 1 und 2; Reduzierstücke und Nippel aus Spritzguß für Muffenschweißung; Maße	1983-06
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-10	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP); Typ 1, Typ 2 und Typ 3; Fittings aus Spritzguß für Stumpfschweißung; Maße	1989-10
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-11	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; Gedrehte und gepreßte Reduzierstücke für Stumpfschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-12	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), PP-H 100, PP-B 80 und PP-R 80 – Teil 12: Bunde, Flansche, Dichtringe für Muffenschweißung; Maße	1999-10
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16962-13	HP 120 R	2001-06	5.3.4	Rohrverbindungen und Rohrleitungen für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP); Typ 1 und Typ 2; Rohrverschraubungen; Maße	1987-06
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-1	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2; In Segmentbauweise hergestellte Rohrbogen für Stumpfschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
16963-2	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE); Typ 1 und 2; In Segmentbauweise und durch Aushalsen hergestellte T-Stücke und Abzweige für Stumpfschweißung; Maße	1983-02
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-3	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2; Aus Rohr geformte Rohrbogen für Stumpfschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-4	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD); Bunde für Heizelement-Stumpfschweißung, Flansche, Dichtungen; Maße	1988-11
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-5	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polyethylen (PE), PE 80 und PE 100 – Teil 5: Allgemeine Qualitätsanforderungen, Prüfung	1999-10
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-6	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD); Fittings aus Spritzguß für Stumpfschweißung; Maße	1989-10
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-7	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD); Heizwendel-Schweiß-fittings; Maße	1989-10
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-8	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2; Winkel aus Spritzguß für Muffenschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-9	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2; T-Stücke aus Spritzguß für Muffenschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-10	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2; Muffen und Kappen aus Spritzguß für Muffenschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-11	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polyethylen (PE), PE 80 und PE 100 – Teil 11: Bunde, Flansche, Dichtringe für Muffenschweißung; Maße	1999-10
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-13	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2; Gedrehte und gepreßte Reduzierstücke für Stumpfschweißung; Maße	1980-08
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16963-14	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE); Typ 1 und 2; Reduzier-stücke und Nippel aus Spritzguß für Muffenschweißung; Maße	1983-06
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
16963-15	HP 120 R	2001-06	5.3.3	Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD); Rohrverschraubungen; Maße	1987-06
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
16964	HP 110 R	2001-06	5.2.1.1	Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF), gewickelt; Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung	1988-11
16965-1	HP 110 R	2001-06	5.2.1.1	Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF), gewickelt, Rohrtyp A; Maße	1982-07
16965-2	HP 110 R	2001-06	5.2.1.1	Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF), gewickelt, Rohrtyp B; Maße	1982-07
16965-4	HP 110 R	2001-06	5.2.1.1	Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF), gewickelt, Rohrtyp D; Maße	1982-07
16965-5	HP 110 R	2001-06	5.2.1.1	Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF), gewickelt, Rohrtyp E; Maße	1982-07
16966-1	HP 110 R	2001-06	5.3.1	Formstücke und Verbindungen aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF); Formstücke; Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung	1988-11
16966-5	HP 110 R	2001-06	5.3.1	Formstücke und Verbindungen aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF); Reduzierstücke; Maße	1982-07
16966-6	HP 110 R	2001-06	5.4.1	Formstücke und Verbindungen aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF); Bunde, Flansche, Dichtungen; Maße	1982-07
16966-7	HP 110 R	2001-06	5.4.1	Formstücke und Verbindungen aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF) – Teil 7: Bunde, Flansche, Flansch- und Laminatverbindungen; Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung	1995-04
16966-8	HP 110 R	2001-06	5.4.1	Formstücke und Verbindungen aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF); Laminatverbindungen; Maße	1982-07
16968	HP 120 R	2001-06	5.2.6	Rohre aus Polybuten (PB) – Allgemeine Qualitätsanforderungen und Prüfung	1996-12
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 16968 (2012-11) Rohre aus Polybuten-1 (PB-1) – PB 125 – Allgemeine Qualitätsanforderungen und Prüfung	
16969	HP 120 R	2001-06	5.2.6	Rohre aus Polybuten (PB) – PB 125 – Maße	1997-12
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 16969 (2012-11) Rohre aus Polybuten-1 (PB-1) – PB 125 – Maße	
16970	HP 120 R	2001-06	7.3.2	Klebstoffe zum Verbinden von Rohren und Rohrleitungsteilen aus PVC hart; Allgemeine Güteanforderungen und Prüfungen	1970-12
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
17052-1	HP 7/1	2014-11	2.2	Wärmebehandlungsöfen – Teil 1: Anforderungen an die Temperaturgleichmäßigkeit	2013-09
17100	HP 8/1 HP 8/2	2001-09 2000-10	3.4 3.3	Allgemeine Baustähle; Gütenorm	1980-01
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10025-1 (2005-02) Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen	
				DIN EN 10025-2 (2005-04) Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
17100 (Forts.)				DIN EN 10222-1 (2002-07) Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Freiformschmiedestücke DIN EN 10250-1 (1999-12) Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung – Teil 1: Allgemeine Anforderungen DIN EN 10250-2 (1999-12) Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung – Teil 2: Unlegierte Qualitäts- und Edelstähle	
17102	HP 0 HP 5/3 HP 8/1 W 6/1 W 9 W 10 W 12 W 13	2011-05 2011-05 2001-09 2003-01 2010-11 2007-11 2003-07 2008-11	Tafel 1a Tafel 1 Tafel 1 6 2.1.2, 7.1 6 2.2.2 2.4, 3.4, 3.12, Tafel 2, 5.1.2, 6.4	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht; Technische Lieferbedingungen für Blech, Band, Breitflach-, Form- und Stabstahl **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10025-1 (2005-02) Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen DIN EN 10025-2 (2005-02) Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle DIN EN 10025-3 (2005-02) Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle DIN EN 10028-1 (2009-07) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen DIN EN 10028-3 (2009-09) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht	1983-10
17103	HP 0 HP 8/1 W 9 W 10 W 12 W 13	2011-05 2001-09 2010-11 2007-11 2003-07 2008-11	Tafel 1a Tafel 1 7.1 6 2.2.2, 2.2.3, Tafel 2, Tafel 4 2.4, 3.4, 6.4, Tafel 2	Schmiedestücke aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10222-1 (2002-07) Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Freiformschmiedestücke DIN EN 10222-4 (2001-12) Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 4: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit hoher Dehngrenze	E 1986-11
17155	HP 8/1	2001-09	Tafel 1	Blech und Band aus warmfesten Stählen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10028-1 (2009-07) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen DIN EN 10028-2 (2009-09) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	1983-10
17173	HP 5/3 W 12	2011-05 2003-07	Tafel 1 2.1.4, Tafel 1, Tafel 3	Nahtlose kreisförmige Rohre aus kaltzähen Stählen – Technische Lieferbedingungen	1985-02

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
17173 (Forts.)				**NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10216-4 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen; Technische Lieferbedingungen – Teil 4: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen	
17174	HP 5/3	2011-05	Tafel 1	Geschweißte kreisförmige Rohre aus kaltzähen Stählen – Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10217-4 (2005-04) Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen; Technische Lieferbedingungen – Teil 4: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen DIN EN 10217-6 (2005-04) Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen; Technische Lieferbedingungen – Teil 6: Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen	1985-02
17175	W 4 W 6/1 W 12	2008-05 2003-01 2003-07	Tafel A 2 6 2.1.3, Tafel 1, Tafel 3	Nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen – Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10216-2 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	1979-05
17177	W 4	2008-05	Tafel A 2	Elektrisch preßgeschweißte Rohre aus warmfesten Stählen – Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10217-2 (2005-04) Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	1979-05
17178	HP 5/3	2011-05	Tafel 1	Geschweißte kreisförmige Rohre aus Feinkornbaustählen für besondere Anforderungen – Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10217-3 (2005-04) Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornstählen	1986-05
17179	HP 5/3 W 12	2011-05 2003-07	Tafel 1 2.1.5, Tafel 1, Tafel 2	Nahtlose kreisförmige Rohre aus Feinkornbaustählen für besondere Anforderungen – Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10216-3 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen	1986-05
17240	HP 8/1 W 10 W 12	2001-09 2007-11 2003-07	Tafel 1 6 2.2.2	Warmfeste und hochwarmfeste Werkstoffe für Schrauben und Muttern; Gütevorschriften	1976-07

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
17240 (Forts.)				**NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10269 (2014-02) Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen	
17243	S 1 W 12	2005-02 2003-07	4.1.3 2.2.1, Tafel 2, Tafel 4	Schmiedestücke und gewalzter oder geschmiedeter Stabstahl aus warmfesten schweißgeeigneten Stählen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10222-1 (2002-07) Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Freiformschmiedestücke DIN EN 10222-2 (2000-04) Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 2: Ferritische und martensitische Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen DIN EN 10273 (2008-02) Warmgewalzte schweißgeeignete Stäbe aus Stahl für Druckbehälter mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	1987-01
17280	HP 5/3 W 10 W 12	2011-05 2007-11 2003-07	Tafel 1 6 2.2.2, Tafel 2, Tafel 4	Kaltzähe Stähle; Technische Lieferbedingungen für Blech, Band, Breitflachstahl, Formstahl, Stabstahl und Schmiedestücke **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10028-1 (2009-07) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen DIN EN 10028-4 (2009-09) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 4: Nickellegierte kaltzähe Stähle DIN EN 10222-1 (2002-07) Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Freiformschmiedestücke DIN EN 10222-3 (1999-02) Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 3: Nickelstähle mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen DIN EN 10269 (2014-02) Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen	1985-07
17440	HP 5/3 HP 8/2 W 2	2011-05 2000-10 2016-09	Tafel 1 2 3.5, [1] zu Tafel 7	Nichtrostende Stähle – Technische Lieferbedingungen für gezogenen Draht **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10088-3 (2014-12) Nichtrostende Stähle – Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung	2001-03 (1996-09)*
17441	HP 5/3 HP 8/1 W 10 W 12	2011-05 2001-09 2007-11 2003-07	Tafel 1 Tafel 1 6 2.2.2	Nichtrostende Stähle; Technische Lieferbedingungen für kaltgewalzte Bänder und Spaltbänder sowie daraus geschnittene Bleche	1985-07

* Dieses Ausgabedatum bezieht sich auf das AD 2000-Merkblatt W 2.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
17441 (Forts.)				**NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10028-7 (2008-02) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 7: Nichtrostende Stähle DIN EN 10088-2 (2014-12) Nichtrostende Stähle – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung	
17457	HP 5/3	2011-05	Tafel 1	Geschweißte kreisförmige Rohre aus austenitischen nichtrostenden Stählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10217-7 (2015-01) Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen	1985-07
17458	HP 5/3	2011-05	Tafel 1	Nahtlose kreisförmige Rohre aus austenitischen nichtrostenden Stählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10216-5 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen	1985-07
17740	HP 0	2011-05	Tafel 3a	Nickel in Halbzeug – Zusammensetzung	2002-09
17742	HP 0	2011-05	Tafel 3a	Nickel-Knetlegierungen mit Chrom – Zusammensetzung	2002-09
17743	HP 0	2011-05	Tafel 3a	Nickel-Knetlegierungen mit Kupfer – Zusammensetzung	2002-09
17744	HP 0	2011-05	Tafel 3a	Nickel-Knetlegierungen mit Molybdän und Chrom – Zusammensetzung	2002-09
17850	HP 0	2011-05	Tafel 3a	Titan; Chemische Zusammensetzung	1990-11
17851	HP 0	2011-05	Tafel 3a	Titanlegierungen; Chemische Zusammensetzung	1990-11
18200	HP 120 R	2001-06	4.1	Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte; Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten	2000-05
18800-1	S 3/1 S 3/2	2001-09 2004-02	8.1 7	Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1993-1-1 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau DIN EN 1993-1-1/NA (2015-08) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau DIN EN 1993-1-3 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche	1990-11

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
18800-1 (Forts.)				DIN EN 1993-1-3/NA (2010-12) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche	
				DIN EN 1993-1-5 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile	
				DIN EN 1993-1-5/NA (2016-04) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile	
				DIN EN 1993-1-8 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen	
				DIN EN 1993-1-8/NA (2010-12) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen	
				DIN EN 1993-1-9 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung	
				DIN EN 1993-1-9/NA (2010-12) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung	
				DIN EN 1993-1-10 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung	
				DIN EN 1993-1-10/NA (2016-04) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung	
				DIN EN 1993-1-11 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl	
				DIN EN 1993-1-11/NA (2010-12) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl	
				Bitte beachten: DIN 18800 Teil 1 vom März 1981 gilt noch bis zum Erscheinen einer EN-Norm über die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten.	
18800-2	S 3/2 S 3/3	2004-02 2001-09	7 6.1	Stahlbauten; Stabilitätsfälle; Knicken von Stäben und Stabwerken	1990-11
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 1993-1-1 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
18800-2 (Forts.)				DIN EN 1993-1-1/NA (2015-08) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau DIN EN 1993-1-1/A1 (2014-07) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau DIN EN 1993-1-3 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche DIN EN 1993-1-3/NA (2010-12) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche DIN EN 1993-1-5 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile DIN EN 1993-1-5/NA (2016-04) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile **Bitte beachten:** DIN 4114 Teil 1 vom Juli 1952 und DIN 4114 Teil 2 vom Februar 1953 gelten noch bis zum Erscheinen einer EN-Norm über das Knicken von Stäben und Stabwerken von Stahlbauten.	
18800-3	S 3/2 S 3/4	2004-02 2001-09	7 8	Stahlbauten; Stabilitätsfälle; Plattenbeulen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1993-1-3 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche DIN EN 1993-1-3/NA (2010-12) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche DIN EN 1993-1-5 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile DIN EN 1993-1-5/NA (2016-04) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile **Bitte beachten:** DIN 4114 Teil 1 vom Juli 1952 und DIN 4114 Teil 2 vom Februar 1953 gelten noch bis zum Erscheinen einer EN-Norm über das Plattenbeulen von Stahlbauten.	1990-11

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
18800-4	S 3/2	2004-02	7	Stahlbauten; Stabilitätsfälle; Schalenbeulen	1990-11
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 1993-1-6 (2010-12) Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen	
				DIN EN 1993-1-6/NA (2010-12) Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen	
19532	HP 120 R	2001-06	6.1	Rohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC hart, PVC-U) für die Trinkwasserversorgung; Rohre, Rohrverbindungen, Rohrleitungsteile	1979-07
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN ISO 1452-1 (2010-04) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für erdverlegte und nicht erdverlegte Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 1: Allgemeines	
				DIN EN ISO 1452-2 (2010-04) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für erdverlegte und nicht erdverlegte Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 2: Rohre	
				DIN EN ISO 1452-3 (2010-04) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für erdverlegte und nicht erdverlegte Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 3: Formstücke	
				DIN EN ISO 1452-4 (2010-04) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für erdverlegte und nicht erdverlegte Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 4: Armaturen	
				DIN EN ISO 1452-5 (2010-04) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für erdverlegte und nicht erdverlegte Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 5: Gebrauchstauglichkeit des Systems	
19533	HP 120 R	2001-06	5.2.4	Rohrleitungen aus PE hart (Polyäthylen hart) und PE weich (Polyäthylen weich) für die Trinkwasserversorgung – Rohre, Rohrverbindungen, Rohrleitungsteile	1976-03
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12201-1 (2011-11) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Polyethylen (PE) – Teil 1: Allgemeines	
				Bitte beachten: Daneben darf DIN 19533 (1976-03) noch bis 2005-03-31 angewendet werden.	
				DIN EN 12201-2 (2013-12) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Polyethylen (PE) – Teil 2: Rohre	
				Bitte beachten: Daneben darf DIN 19533 (1976-03) noch bis 2005-03-31 angewendet werden.	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
19533 (Forts.)				DIN EN 12201-3 (2013-01) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Polyethylen (PE) – Teil 3: Formstücke **Bitte beachten:** Daneben darf DIN 19533 (1976-03) noch bis 2005-03-31 angewendet werden. DIN EN 12201-5 (2011-11) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Polyethylen (PE) – Teil 5: Gebrauchstauglichkeit des Systems **Bitte beachten:** Daneben darf DIN 19533 (1976-03) noch bis 2005-03-31 angewendet werden.	
28004-1	A 6	2003-01	4	Fließbilder verfahrenstechnischer Anlagen – Begriffe, Fließbildarten, Informationsinhalt **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 10628-1 (2015-04) Schemata für die chemische und petrochemische Industrie – Teil 1: Spezifikation der Schemata DIN EN ISO 10628-2 (2013-04) Schemata für die chemische und petrochemische Industrie – Teil 2: Graphische Symbole	1988-05
28011	B 3	2011-05	1	Gewölbte Böden; Klöpperform **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 28011 (2012-06) Gewölbte Böden – Klöpperform	1993-01
28013	B 3	2011-05	1	Gewölbte Böden; Korbbogenform **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 28013 (2012-06) Gewölbte Böden – Korbbogenform	1993-01
28017-1	S 3/0	2016-09	2.6	Kolonnen und sonstige Apparate – Teil 1: Bühnen einschließlich Zugänge **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 28017-1 (2014-06) Ortsfeste Zugänge zu verfahrenstechnischen Apparaten – Teil 1: Bühnen	2003-04
28025-1	S 3/6	2001-09	1	Stutzen aus nichtrostendem Stahl – PN 10 und PN 16 **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 28025 (2003-02) Stutzen aus nichtrostendem Stahl – PN 10 bis PN 40	1980-10
28025-2	S 3/6	2001-09	1	Stutzen aus nichtrostendem Stahl – PN 25 und PN 40 **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 28025 (2003-02) Stutzen aus nichtrostendem Stahl – PN 10 bis PN 40	1980-10
28030-1	B 8	2007-05	2.2.1	Flanschverbindungen für Behälter und Apparate – Teil 1: Apparateflanschverbindungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 28030-1 (2013-09) Flanschverbindungen für Apparate – Teil 1: Technische Lieferbedingungen	2003-06

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
28040	B 7	2016-09	6.1.2.3	Flachdichtungen für Behälter und Apparate – Apparate-flanschverbindungen	2003-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 28040 (2013-09) Flanschverbindungen für Apparate – Flachdichtungen	
28060	B 0	2008-11	[2)]	Auszumauernde Behälter und Apparate; Bau, Ausführung	1986-11
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 14879-6 (2010-04) Beschichtungen und Auskleidungen aus organischen Werkstoffen zum Schutz von industriellen Anlagen gegen Korrosion durch aggressive Medien – Teil 6: Kombinierte Auskleidung mit Plattierungen (Plattenlagen) und Ausmauerungen	
28080	HP 801 Nr. 34 S 3/2	2002-05 2004-02	5.1.2 7	Sättel für liegende Apparate – Maße	2003-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 28080 (2015-06) Sättel für liegende Apparate	
28081-1	S 3/3	2001-09	2	Apparatefüße aus Rohr; Maße	1985-06
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 28081-1 (2015-06) Apparatefüße – Teil 1: Apparatefüße aus Rohr	
28081-2	S 3/3	2001-09	2	Apparatefüße aus Profilstahl; Maße	1988-01
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 28081-2 (2015-06) Apparatefüße – Teil 2: Apparatefüße aus Profilstahl	
28081-4	S 3/3	2001-09	2	Apparatefüße aus Profilstahl; Maximale Momente in die Apparatewand durch Gewichtskräfte über Apparatefüße	1988-01
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 28081-2 (2015-06) Apparatefüße – Teil 2: Apparatefüße aus Profilstahl	
28082-1	S 3/1	2001-09	8.2	Standzargen für Apparate; Teil 1: Mit einfachem Fußring; Maße	1994-07
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 28082-1 (2016-04) Standzargen für Apparate – Teil 1: Mit einfachem Fußring	
28082-2	S 3/0 S 3/1	2016-09 2001-09	4.3.4.3 8.2, 8.3	Standzargen für Apparate – Teil 2: Fußring mit Pratzen oder Doppelring mit Stegen; Maße	1996-06
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 28082-2 (2016-08) Standzargen für Apparate – Teil 2: Fußring mit Doppelring und Stegen oder mit Ankerkonsole	
28083-1	S 3/0 S 3/4	2016-09 2001-09	2.5 2, 7.1	Pratzen; Maße, Maximale Gewichtskräfte	1987-01
28083-2	S 3/0	2007-11	2.5	Pratzen; Maximale Momente auf die Apparatewand durch Gewichtskräfte über Pratzen Form A	1987-01

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
28090-1	B 7	2016-09	7.1.2.4	Statische Dichtungen für Flanschverbindungen – Teil 1: Dichtungskennwerte und Prüfverfahren	1995-09
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 13555 (2014-07) Flansche und ihre Verbindungen – Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen	
28115	S 3/6	2001-09	1	Stutzen aus unlegiertem Stahl – PN 10 bis PN 40	2003-02
28120	A 404	2001-06	5.3	Runde Schaugläser mit Fassung im Krafthauptschluss	2004-06
28122	B 5	2016-09	2.2	Blindflansche mit Verkleidung aus nicht rostendem Stahl, für die Nennweiten DN 125 bis DN 500 und die PN-Stufen PN 10 bis PN 40	2004-10
28126	A 5	2000-10	3.3.1	Bügelverschlüsse DN 125 für verfahrenstechnische Apparate	1989-04
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
28183	B 1	2000-10	[1)]	Rohrbündel-Wärmeaustauscher; Benennungen	1988-05
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 28183 (2007-09) Rohrbündel-Wärmeaustauscher – Benennungen	
28184-1	B 1	2000-10	[1)]	Rohrbündel-Wärmeaustauscher mit zwei festen Böden; Innenrohr 25, Dreieckteilung 32; Anzahl und Anordnung der Innenrohre	1988-05
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 28184-1 (2009-01) Rohrbündel-Wärmeaustauscher mit zwei festen Böden – Teil 1: Innenrohr 25, Dreieckteilung 32; Anzahl und Anordnung der Innenrohre	
30670	HP 100 R HP 801 Nr. 25	2016-09 2004-02	7.4.2 7.1	Umhüllung von Stahlrohren und -formstücken mit Polyethylen	1991-04
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10288 (2003-12) Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen – Im Zweischichtverfahren extrudierte Polyethylenbeschichtungen	
				DIN 30670 (2012-04) Polyethylen-Umhüllungen von Rohren und Formstücken aus Stahl – Anforderungen und Prüfungen	
30671	HP 801 Nr. 25	2004-02	7.1	Umhüllung (Außenbeschichtung) von erdverlegten Stahlrohren mit Duroplasten	1992-06
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10289 (2004-08) Stahlrohre und -formstücke für On- und Offshore-verlegte Rohrleitungen – Umhüllung (Außenbeschichtung) mit Epoxi- und epoxi-modifizierten Materialien	
				DIN EN 10290 (2004-08) Stahlrohre und -formstücke für On- und Offshore-verlegte Rohrleitungen – Umhüllung (Außenbeschichtung) mit Polyurethan und polyurethan-modifizierten Materialien	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
30673	HP 100 R HP 801 Nr. 25	2016-09 2004-02	7.4.2 7.1	Umhüllung und Auskleidung von Stahlrohren, -formstücken und -behältern mit Bitumen	1986-12
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10300 (2006-02) Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen – Werksumhüllungen aus heiß aufgebrachtem Bitumen	
50100	S 2	2010-11	Anh. 1	Werkstoffprüfung; Dauerschwingversuch; Begriffe, Zeichen, Durchführung, Auswertung	1978-02
50104	W 6/2	2009-03	4.3.2	Innendruckversuch an Hohlkörpern; Dichtheitsprüfung bis zu einem bestimmten Innendruck; Allgemeine Festlegungen	1983-11
				OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN	
50111	W 8	2004-05	7.4	Prüfung metallischer Werkstoffe; Technologischer Biegeversuch (Faltversuch)	1987-09
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN ISO 7438 (2016-07) Metallische Werkstoffe – Biegeversuch	
50125	W 8	2004-05	7.2.1.2	Prüfung metallischer Werkstoffe – Zugproben	2004-01
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 50125 (2009-07) Prüfung metallischer Werkstoffe – Zugproben	
50162	W 8	2004-05	7.3.2	Prüfung plattierter Stähle; Ermittlung der Haft-Scherfestigkeit zwischen Auflagewerkstoff und Grundwerkstoff im Scherversuch	1978-09
50916-1	W 6/2	2009-03	4.3.2	Prüfung von Kupferlegierungen; Spannungsrißkorrosionsversuch mit Ammoniak; Prüfung von Rohren, Stangen und Profilen	1976-08
51220	N 1	2014-06	2.2.4	Werkstoffprüfmaschinen – Allgemeines zu Anforderungen an Werkstoffprüfmaschinen und zu deren Prüfung und Kalibrierung	2003-08
51524-1	A 2	2015-04	12.1	Druckflüssigkeiten – Hydrauliköle – Teil 1: Hydrauliköle HL; Mindestanforderungen	2006-04
51524-2	A 2	2015-04	12.1	Druckflüssigkeiten – Hydrauliköle – Teil 2: Hydrauliköle HLP; Mindestanforderungen	2006-04
				DIN 51524-2 Berichtigung 1 (2006-09) Druckflüssigkeiten – Hydrauliköle – Teil 2: Hydrauliköle HLP; Mindestanforderungen	
51622	HP 801 Nr. 25	2004-02	2.3, 6.2.13	Flüssiggase; Propan, Propen, Butan, Buten und deren Gemische; Anforderungen	1985-12
51914	N 2	2000-10	Anh. 3	Prüfung von Kohlenstoffmaterialien; Bestimmung der Zugfestigkeit; Feststoffe	1985-04
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN 51914 (2009-05) Prüfung von Kohlenstoffmaterialien – Bestimmung der Zugfestigkeit – Feststoffe	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
52324	N 4	2003-07	Tafel 1	Prüfung von Glas; Bestimmung der Transformationstemperatur **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN ISO 7884-8 (1998-02) Glas – Viskosität und viskosimetrische Festpunkte – Teil 8: Bestimmung der (dilatometrischen) Transformationstemperatur	1984-02
52328	N 4	2003-07	Tafel 1	Prüfung von Glas; Bestimmung des mittleren thermischen Längenausdehnungskoeffizienten **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN ISO 7991 (1998-02) Glas – Bestimmung des mittleren thermischen Längenausdehnungskoeffizienten	1985-03
53598-1	N 1	2006-05	4.4.6	Statistische Auswertung an Stichproben mit Beispielen aus der Elastomer- und Kunststoffprüfung	1983-07
54152-2	HP 5/3 Anl. 1	2002-01	[1)]	Zerstörungsfreie Prüfung; Eindringverfahren; Prüfung von Prüfmitteln **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 3452-2 (2014-03) Zerstörungsfreie Prüfung; Eindringprüfung – Teil 2: Prüfung von Eindringprüfmitteln	1989-07
74281-1	A 5 Anl. 1	2000-10	2.4.5	Druckluftbremsanlagen; Druckluftbehälter; geschweißte Einkammer-Druckluftbehälter aus Stahl **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN 74281-1 (2000-09) Druckluftbremsanlagen; Druckbehälter – Teil 1: Maße für geschweißte Einkammer-Druckbehälter aus Stahl und Aluminium DIN EN 286-2 (1992-11) Einfache, unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff – Teil 2: Druckbehälter für Druckluftbremsanlagen und Hilfseinrichtungen in Kraftfahrzeugen und deren Anhängefahrzeugen	1987-04

2 DIN-EN-Normen

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
59	N 1	2014-06	5.2.2	Glasfaserverstärkte Kunststoffe; Bestimmung der Härte mit dem Barcol-Härteprüfgerät **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 59 (2016-06) Glasfaserverstärkte Kunststoffe – Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Barcol-Härteprüfgerät	1977-11
230	A 404	2001-06	7.2	Feuerungsautomaten für Ölbrenner **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 298 (2012-11) Feuerungsautomaten für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige oder flüssige Brennstoffe	2005-10

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
298	A 404	2001-06	7.2	Feuerungsautomaten für Gasbrenner und Gasgeräte mit und ohne Gebläse **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 298 (2012-11) Feuerungsautomaten für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige oder flüssige Brennstoffe	2004-01
378-1	A 2 HP 801 Nr. 14	2010-09 2004-02	10.4.2 3.1	Kälteanlagen und Wärmepumpen; Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Definitionen, Klassifikationen und Auswahlkriterien **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 378-1 (2012-08) Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien	2000-09
378-2	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.1, 3.6, 4.1, 4.8	Kälteanlagen und Wärmepumpen; Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen; Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 378-2 (2012-08) Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation	2000-09
378-3	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.1	Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 3: Aufstellungsort und Schutz von Personen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 378-3 (2012-08) Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 3: Aufstellungsort und Schutz von Personen	2000-09
378-4	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.1	Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 4: Betrieb, Instandhaltung, Instandsetzung und Rückgewinnung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 378-4 (2012-08) Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 4: Betrieb, Instandhaltung, Instandsetzung und Rückgewinnung	2000-09
473	W 5	2009-03	5.6	Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung – Allgemeine Grundlagen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 9712 (2012-12) Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung	2006-01
485-1	W 6/1	2003-01	5.1.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen; Bänder, Bleche und Platten; Teil 1: Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 485-1 (2010-02) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Bänder, Bleche und Platten – Teil 1: Technische Lieferbedingungen	1994-01

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
485-2	W 6/1	2003-01	Tafel 3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Bänder, Bleche und Platten – Teil 2: Mechanische Eigenschaften **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 485-2 (2013-12) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Bänder, Bleche und Platten – Teil 2: Mechanische Eigenschaften	2004-09
485-3	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Bänder, Bleche und Platten – Teil 3: Grenzabmaße und Formtoleranzen für warmgewalzte Erzeugnisse	2003-06
485-4	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen; Bänder, Bleche und Platten; Teil 4: Grenzabmaße und Formtoleranzen für kaltgewalzte Erzeugnisse	1994-01
571-1	HP 5/3 HP 5/3 Anl. 1	2011-05 2015-04	7.2 5	Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung – Teil 1: Allgemeine Grundlagen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 3452-1 (2014-09) Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung – Teil 1: Allgemeine Grundlagen	1997-03
573-3	HP 0 W 6/1	2011-05 2003-01	Tafel 2a Tafel 1	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug – Teil 3: Chemische Zusammensetzung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 573-3 (2013-12) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug – Teil 3: Chemische Zusammensetzung und Erzeugnisformen	2003-10
573-4	W 6/1	2003-01	Tafel 1	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug – Teil 4: Erzeugnisformen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 573-3 (2013-12) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug – Teil 3: Chemische Zusammensetzung und Erzeugnisformen	2004-05
586-3	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Schmiedestücke – Teil 3: Grenzabmaße und Formtoleranzen	2002-02
719	N 4	2003-07	Tafel 1	Schweißaufsicht – Aufgaben und Verantwortung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 14731 (2006-12) Schweißaufsicht – Aufgaben und Verantwortung	1994-08
729-3	HP 0	2011-05	[2)]	Schweißtechnische Qualitätsanforderungen – Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe – Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 3834-3 (2006-03) Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen – Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen	1994-11

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
754	HP 100 R	2016-09	5.2.1.4	Aluminium und Aluminiumlegierungen; Gezogene Stangen und Rohre	
754-1	W 6/1	2016-05	5.2.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Gezogene Stangen und Rohre – Teil 1: Technische Lieferbedingungen	2008-06
754-7	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Gezogene Stangen und Rohre – Teil 7: Nahtlose Rohre; Grenzabmaße und Formtoleranzen	1998-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 754-7 (2008-06) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Gezogene Stangen und Rohre – Teil 7: Nahtlose Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen	
754-8	W 6/1	2016-05	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Gezogene Stangen und Rohre – Teil 8: Mit Kammerwerkzeug stranggepresste Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen	2008-06
755	HP 100 R	2016-09	5.2.1.4	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile	
755-1	W 6/1	2003-01	5.2.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 1: Technische Lieferbedingungen	1997-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 755-1 (2008-06) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 1: Technische Lieferbedingungen	
755-2	W 6/1	2003-01	5.2.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 2: Mechanische Eigenschaften	1997-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 755-2 (2013-12) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 2: Mechanische Eigenschaften	
755-3	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 3: Rundstangen, Grenzabmaße und Formtoleranzen	1995-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 755-3 (2008-06) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 3: Rundstangen, Grenzabmaße und Formtoleranzen	
755-5	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 5: Rechteckstangen, Grenzabmaße und Formtoleranzen	1995-09
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 755-5 (2008-06) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 5: Rechteckstangen, Grenzabmaße und Formtoleranzen	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
755-6	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 6: Sechskantstangen, Grenzabmaße und Formtoleranzen	1995-09
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 755-6 (2008-06) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 6: Sechskantstangen, Grenzabmaße und Formtoleranzen	
755-7	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 7: Nahtlose Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen	1998-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 755-7 (2009-07) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 7: Nahtlose Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen	
755-8	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 8: Mit Kammerwerkzeug stranggepresste Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen	1998-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 755-8 (2008-06) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 8: Mit Kammerwerkzeug stranggepresste Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen	
755-9	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 9: Profile, Grenzabmaße und Formtoleranzen	2001-07
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 755-9 (2008-06) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 9: Profile, Grenzabmaße und Formtoleranzen	
764	W 3/1 W 3/3	2000-10 2013-08	1.3 1.3	Druckgeräte – Terminologie und Symbole – Druck, Temperatur, Volumen	1994-11
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 764-1 (2015-06) Druckgeräte – Teil 1: Vokabular	
764-7	A 2	2010-09	[2]	Druckgeräte – Teil 7: Sicherheitseinrichtungen für unbefeuerte Druckgeräte	2002-09
875	HP 0	2011-05	[4] zu Tafel 1b	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Kerbschlagbiegeversuch – Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung	1995-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN ISO 9016 (2013-02) Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Kerbschlagbiegeversuch – Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung	
876	HP 0	2011-05	[5] zu Tafel 1b	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Längszugversuch an Schweißgut in Schmelzschweißverbindungen	1995-10

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
876 (Forts.)				**NACHFOLGEDOKUMENT:**	
				DIN EN ISO 5178 (2011-05) Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Längszugversuch an Schweißgut in Schmelzschweißverbindungen	
910	W 5	2009-03	4.2	Zerstörende Prüfung von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen – Biegeprüfungen	1996-05
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN ISO 5173 (2012-02) Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen – Biegeprüfungen	
941	W 6/1	2003-01	3.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen – Ronden und Rondenvormaterial für allgemeine Anwendungen – Spezifikationen	1995-09
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 941 (2014-07) Aluminium und Aluminiumlegierungen – Ronden und Rondenvormaterial für allgemeine Anwendungen – Spezifikationen	
1011	HP 1	2009-10	2	Schweißen; Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe – Teile 1 bis 8	
				Teil 1: Allgemeine Anleitungen für das Lichtbogenschweißen	2009-07
				Teil 2: Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen	2001-05
				Teil 3: Lichtbogenschweißen von nichtrostenden Stählen	2001-01
				Teil 4: Lichtbogenschweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen	2001-02
				Teil 5: Schweißen von plattierten Stählen	2003-10
				Teil 6: Laserstrahlschweißen	2006-03
				Teil 7: Elektronenstrahlschweißen	2004-10
				Teil 8: Schweißen von Gusseisen	2005-02
				Teil 8 Berichtigung 1: Schweißen von Gusseisen	2012-08
1011-2	HP 801 Nr. 34	2016-05	5.2.1.1 5.2.1.4	Schweißen – Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe – Teil 2: Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen	2001-05
1057	HP 100 R	2016-09	5.2.1.3, 7.3.1, 7.4.1	Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für Wasser- und Gasleitungen für Sanitärinstallationen und Heizungsanlagen	2006-08
	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm.	**NACHFOLGEDOKUMENT:**	
				DIN EN 1057 (2010-06) Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für Wasser- und Gasleitungen für Sanitärinstallationen und Heizungsanlagen	
1092-1	B 5	2016-09	2.2	Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 1: Stahlflansche	2007-11
	B 8	2015-04	8.2, Tafel 3		
	HP 100 R	2016-09	5.4.1.1		
	HP 801 Nr. 34	2016-05	5.1.3	**NACHFOLGEDOKUMENT:**	
	S 3/0	2016-09	Anhang 2	DIN EN 1092-1 (2013-04) Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 1: Stahlflansche	
1092-4	HP 100 R	2016-09	5.4.1.1	Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 4: Flansche aus Aluminiumlegierungen	2002-08

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
1254-1	HP 100 R	2016-09	5.3.1.1, 6.2.1.3, 7.3.1	Kupfer und Kupferlegierungen – Fittings – Teil 1: Kapillarlötfittings für Kupferrohre (Weich- und Hartlöten)	1998-03
1254-4	HP 100 R	2016-09	6.2.1.3, 7.3.1	Kupfer und Kupferlegierungen – Fittings – Teil 4: Fittings zum Verbinden anderer Ausführungen von Rohrenden mit Kapillarlötverbindungen oder Klemmverbindungen	1998-03
1290	HP 5/3	2011-05	7.1	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 17638 (2010-03) Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Magnetpulverprüfung	2002-09
1369	A 4 W 5	2013-08 2009-03	Tafel 1[3)] Tafel 1[3)]	Gießereiwesen – Magnetpulverprüfung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1369 (2013-01) Gießereiwesen – Magnetpulverprüfung	1997-02
1371-1	A 4 W 5	2013-08 2009-03	Tafel 1[2)] Tafel 1[2)]	Gießereiwesen – Eindringprüfung – Teil 1: Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruckkokillengußstücke **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1371-1 (2012-02) Gießereiwesen – Eindringprüfung – Teil 1: Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruckkokillengussstücke	1997-10
1371-2	A 4 W 5	2013-08 2009-03	Tafel 1[2)] Tafel 1[2)]	Gießereiwesen – Eindringprüfung – Teil 2: Feingußstücke **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1371-2 (2015-04) Gießereiwesen – Eindringprüfung – Teil 2: Feingussstücke	1998-07
1435	HP 5/3 W 5	2011-05 2009-03	7.4 5.6	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 17636-1 (2013-05) Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen DIN EN ISO 17636-2 (2013-05) Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren	2002-09
1514-1	B 5 B 7	2016-09 2016-09	2.2 Tafel 1	Flansche und ihre Verbindungen – Maße für Dichtungen für Flansche mit PN-Bezeichnung – Teil 1: Flachdichtungen aus nichtmetallischem Werkstoff mit oder ohne Einlagen	1997-08
1515-1	B 7	2016-09	2.3.2	Flansche und ihre Verbindungen – Schrauben und Muttern – Teil 1: Auswahl von Schrauben und Muttern	2000-01
1515-2	B 7	2016-09	2.3.2	Flansche und ihre Verbindungen – Schrauben und Muttern – Teil 2: Klassifizierung von Schraubenwerkstoffen für Stahlflansche, nach PN bezeichnet	2002-03
1515-3	B 7	2016-09	2.3.2	Flansche und ihre Verbindungen – Schrauben und Muttern – Teil 3: Klassifizierung von Schraubenwerkstoffen für Stahlflansche, nach Class bezeichnet	2005-12

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
1515-4	B 7 B 8	2016-09 2015-04	2.3.2 8.2	Flansche und ihre Verbindungen – Schrauben und Muttern – Teil 4: Auswahl von Schrauben und Muttern zur Anwendung im Gültigkeitsbereich der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG	2010-04
1559-1	W 0 W 3/1 W 5	2016-05 2000-10 2009-03	3.5 3.2, 4.1, [1)] 3.1	Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Allgemeines **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1559-1 (2011-05) Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Allgemeines	1997-08
1559-2	W 5	2009-03	3.1	Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Stahlgussstücke **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1559-2 (2014-12) Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Stahlgussstücke	2000-04
1561	B 0 B 6 W 3/1	2008-11 2006-10 2000-10	Tafel 3 Tafel 1 2.1, 3.1, 5.1, 7.1, 7.1.1	Gießereiwesen – Gusseisen mit Lamellengraphit **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1561 (2012-01) Gießereiwesen – Gusseisen mit Lamellengraphit	1997-08
1563	B 0 B 6 HP 801 Nr. 34 S 1 S 2 W 3/2	2008-11 2006-10 2002-05 2005-02 2010-11 2000-10	Tafel 2 Tafel 1 3.1.4 Anh. 3 Anh. 5, 8.2.3 2.1, 2.2, Tafel 1, Tafel 2, 3, 3.2	Gießereiwesen – Gusseisen mit Kugelgraphit **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1563 (2012-03) Gießereiwesen – Gusseisen mit Kugelgraphit	2005-10
1591-1	B 8	2015-04	2.4.2, 8.3	Flansche und ihre Verbindungen – Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung – Teil 1: Berechnungsmethode **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1591-1 (2014-04) Flansche und ihre Verbindungen – Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung – Teil 1: Berechnung	2001-10
1591-4	B 8	2015-04	2.5	Flansche und ihre Verbindungen – Teil 4: Qualifizierung der Befähigung von Personal zur Montage von Schraubverbindungen in druckbeaufschlagten Systemen im kritischen Einsatz	2013-12
1652	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm., Tafel 2, [1)] zu Tafel 6	Kupfer und Kupferlegierungen – Platten, Bleche, Bänder, Streifen und Ronden zur allgemeinen Verwendung	1998-03
1653	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm., Tafel 2, [2)] zu Tafel 6	Kupfer und Kupferlegierungen – Platten, Bleche und Ronden für Kessel, Druckbehälter und Warmwasserspeicheranlagen	2000-11

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
1708-1	HP 1 S 3/0 S 3/1 S 3/2 S 3/3 S 3/4	2012-07 2016-09 2001-09 2004-02 2001-09 2001-09	2 4.7 2 2.3.2 2 2	Schweißen – Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl – Teil 1: Druckbeanspruchte Bauteile **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1708-1 (2010-05) Schweißen – Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl – Teil 1: Druckbeanspruchte Bauteile	1999-05
1708-3	HP 1	2012-07	2	Schweißen – Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl – Teil 3: Plattierungen, Pufferungen, Auskleidungen druckbeanspruchter Bauteile	2012-05
1736	HP 801 Nr. 14	2004-02	4.7	Kälteanlagen und Wärmepumpen – Flexible Rohrleitungsteile, Schwingungsabsorber und Kompensatoren – Anforderungen, Konstruktion und Einbau **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 1736 (2009-02) Kälteanlagen und Wärmepumpen – Flexible Rohrleitungsteile, Schwingungsabsorber, Kompensatoren und Nichtmetallschläuche – Anforderungen, Konstruktion und Einbau	2000-04
1759-1	B 7 B 8	2016-09 2015-04	2.2.3 Tafel 3	Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach Class bezeichnet – Teil 1: Stahlflansche, NPS ½ bis 24	2005-02
1763-1	HP 801 Nr. 25	2004-02	5.2	Gummi- und Kunststoffschläuche und -schlauchleitungen mit und ohne Einlagen zur Verwendung mit handelsüblichem Propan, handelsüblichem Butan und deren Mischungen in der Gasphase – Teil 1: Anforderungen an Gummi- und Kunststoffschläuche mit und ohne Einlagen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 16436-1 (2016-04) Gummi- und Kunststoffschläuche und -Schlauchleitungen mit und ohne Einlage zur Verwendung mit Propan, Butan und deren Gemischen in der Gasphase – Teil 1: Schläuche mit und ohne Einlage	2001-04
1990	S 3/0	2016-09	4.3.4.1.2, 5	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung	2010-12
1991-1-1	S 3/0	2016-09	4.1.4.5 4.3.3.2, Tafel 2, 5	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau	2010-12
1991-1-3	S 3/0	2016-09	4.1.4.8, 5	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten	2010-12
1991-1-4	S 3/0	2016-09	4.1.4.6, 4.1.4.7, 5	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten	2010-12
1993-1-1	S 3/0	2016-09	4.3.4.2.1, 5	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau	2010-12
1993-1-5	S 3/0	2016-09	4.3.4.1.2, 5	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile	2010-12
1993-1-6	S 3/0	2016-09	4.3.3.1, 4.3.4.2.2, 4.6, 5	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen	2010-12

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
1993-1-9	S 3/0	2016-09	4.1.4.7, 5	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung	2010-12
1998-1	S 3/0	2016-09	4.1.4.9, 5	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten	2010-12
1998-6	S 3/0	2016-09	4.1.4.9, 5	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine	2006-03
10002-1	HP 8/3 S 6	2010-02 2016-09	5.1.2 4.3.2.1, 4.3.2.2	Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 6892-1 (2009-12) Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur	2001-12
10002-5	HP 0 HP 8/3	2011-05 2010-02	[5)] zu Tafel 1b 5.1.2	Metallische Werkstoffe; Zugversuch – Teil 5: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 6892-2 (2011-05) Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur	1992-02
10021	HP 8/2 W 13	2014-11 2008-11	5.1.3 3.15	Allgemeine technische Lieferbedingungen für Stahlerzeugnisse	2007-03
10025	HP 801 Nr. 34	2002-05	3.1.3	Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen; Technische Lieferbedingungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10025-1 (2005-02) Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen DIN EN 10025-2 (2005-04) Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle	1994-03
10025-1	W 1	2006-07	3.1	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen	2005-02
10025-2	HP 0 HP 801 Nr. 34 HP 8/1 HP 8/2 W 1 W 13	2011-05 2016-05 2013-02 2014-11 2006-07 2008-11	Tafel 1a 3.1.3 3.4, Tafel 1, Tafel 2 3.3 3.1, 6.1, Tafel 1, Tafel 3, Tafel 4, Tafel 5 2.2, 3.2, 3.12, 5.1.1, 5.1.2, 6.2, Tafel 1, [1)] zu Tafel 1, Tafel 3	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle	2005-04
10027-1	W 13	2008-11	Tafel 1, Tafel 2	Bezeichnungssysteme für Stähle – Teil 1: Kurznamen	2005-10

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
10027-2	W 13	2008-11	Tafel 1, Tafel 2	Bezeichnungssysteme für Stähle; Teil 2: Nummernsystem **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10027-2 (2015-07) Bezeichnungssysteme für Stähle – Teil 2: Nummernsystem	1992-09
10028-1	HP 801 Nr. 30 W 1 W 2	2002-05 2006-07 2016-09	3.1.3 4.1 5.2, Tafel 2 2)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (enthält Änderung A1) **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10028-1 (2009-07) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen	2003-09
10028-2	HP 0 HP 8/1 S 1 W 1	2011-05 2001-09 2005-02 2006-07	Tafel 1a Tafel 1 1) 2.3, 3.3, 5.2, 6.3, Tafel 3	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10028-2 (2009-09) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	2003-09
10028-3	HP 0 HP 801 Nr. 34 HP 5/3 HP 7/2 HP 8/1 HP 801 Nr. 30 W 1 W 10	2011-05 2016-05 2011-05 2009-03 2001-09 2002-05 2006-07 2007-11	Tafel 1a 3.1.3 Tafel 1 2.2 Tafel 1 4.1 2.4, 3.4, 6.4, Tafel 3 Tafel 1	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10028-3 (2009-09) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht	2003-09
10028-4	HP 0 HP 7/2 HP 8/1 W 1 W 10	2011-05 2009-03 2013-02 2006-07 2007-11	Tafel 1a 2.2 Tafel 1 2.5, 3.5, 6.5, Tafel 3 6, Tafel 1, Tafel 3a	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 4: Nickellegierte kaltzähe Stähle **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10028-4 (2009-09) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 4: Nickellegierte kaltzähe Stähle	2003-09
10028-6	S 1	2005-02	1), Bild A 1	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 6: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, vergütet **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10028-6 (2009-09) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 6: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, vergütet	2003-10
10028-7	HP 0 HP 8/1 W 2	2011-05 2013-02 2016-09	Tafel 1a 8.3 2.1, 3.1, 4, 6.5, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 1c, 3) zu Tafel 7	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 7: Nichtrostende Stähle **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10028-7 (2008-02) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 7: Nichtrostende Stähle	2000-06

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
10029	B 0	2014-06	9.1.1	Warmgewalztes Stahlblech von 3 mm Dicke an; Grenzabmaße, Formtoleranzen, zulässige Gewichtsabweichungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10029 (2011-02) Warmgewalztes Stahlblech von 3 mm Dicke an – Grenzabmaße und Formtoleranzen DIN EN ISO 18286 (2010-11) Warmgewalztes Blech aus nichtrostendem Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen	1991-10
10045-1	HP 801 Nr. 14 W 1 W 3/2 W 5	2004-02 2006-07 2000-10 2009-03	4.3 2.6 3.2 2.5, 2.7	Metallische Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy; Teil 1: Prüfverfahren **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 148-1 (2011-01) Metallische Werkstoffe – Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy – Teil 1: Prüfverfahren	1991-04
10079	W 1 W 13	2006-07 2008-11	1.1 1.1	Begriffsbestimmungen für Stahlerzeugnisse **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10079 (2007-06) Begriffsbestimmungen für Stahlerzeugnisse	1993-02
10160	B 5 B 8 W 8 W 9	2016-09 2015-04 2016-05 2010-11	[2] zu Tafel 1 2.2.2 7.5 4.3.2.1, 4.3.3	Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren)	1999-09
10168	W 9	2010-11	Anhang	Stahlerzeugnisse – Prüfbescheinigungen – Liste und Beschreibung der Angaben	2004-09
10204	A 4 HP 0 HP 8/1 HP 8/2 HP 8/3 HP 100 R HP 110 R HP 120 R N 1 N 2 S 3/0 W 0 W 1	2013-08 2011-05 2001-09 2000-10 2010-02 2016-09 2001-06 2001-06 2006-05 2000-10 2016-09 2006-07 2006-07	4.3.1, 5.2.2, 6.4.2, 6.5.1, 6.5.3 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, [1] 6, 8, Anh. 1 6, 8 7.1, 7.2, Tafel 3 4.1, 5.2.4.1, 5.3.3, 5.4.2, 5.6.1, Tafel 1 5.2.4 Anl. 1 3.2.4, 3.8, 5.2.1.3 6.2, Anh. 1 2.8* 3.1.2, 3.4.2, 3.4.3 4.1, 5.1, 5.2, Tafel 3	Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen	2005-01*

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
10204 (Forts.)	W 2	2016-09	5.2, 6.1.2, 6.2.1, 6.3.2, 6.3.4, 6.3.5, 6.4.1, 6.4.2, 6.4.3, 6.4.4, 6.5, 6.6, Tafel 2a, Tafel 2b, Tafel 2c, Tafel 3a, Tafel 3b, Tafel 3c		
	W 3/1	2000-10	6, 6.1, 6.2		
	W 3/2	2000-10	6		
	W 3/3	2013-08	6		
	W 4	2008-05	2.2, 5.3, 7.2, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 2a, Tafel 2b		
	W 5	2009-03	5.7, 6, 7.1, 7.2, 7.3, 7.5, 7.6		
	W 6/1	2003-01	7		
	W 6/2	2009-03	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6		
	W 7	2008-05	6.1.1,6.1.2, 6.1.4, 6.2.1, 6.2.2, 6.3.1, 6.3.3, 6.3.4*, 6.4, Tafel 2		
	W 8	2004-05	9.1, 9.2, 9.3		
	W 9	2010-11	Tafel 2, 5, 6, 6.1, 6.2, 6.4.1, 6.4.2, Anh.		
	W 12	2003-07	6.2, Tafel 1, Tafel 2, Tafel 3, Tafel 4		
	W 13	2008-11	4.1, 5.1, 5.2		
10207	HP 0	2011-05	Tafel 1a	Stähle für einfache Druckbehälter – Technische Lieferbedingungen für Blech, Band und Stabstahl	2005-06
	HP 8/2	2014-11	3.3		
	W 1	2006-07	2.2, 3.2, 6.2, Tafel 1, Tafel 3		
	W 13	2008-11	2.3, Tafel 1, 3.3, 3.12, 6.3		
10208-2	HP 100 R	2016-09	5.2.1.1	Stahlrohre für Rohrleitungen für brennbare Medien – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Rohre der Anforderungsklasse B **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 3183 (2013-03) Erdöl- und Erdgasindustrie – Stahlrohre für Rohrleitungstransportsysteme	1996-08

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
10209	HP 100 R	2016-09	7.4.2	Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Emaillieren – Technische Lieferbedingungen	2013-09
10213	HP 0 HP 801 Nr. 34 W 5	2013-02 2016-05 2009-03	Tafel 1a 3.1.4 2.2, 2.3, 2.6, 4.1, 4.2, 5.7, 7.6, 8.2, 8.4	Stahlguss für Druckbehälter + Berichtigung 1	2008-01
10213-3	W 10	2007-11	6, 8.3, Tafel 3c	Technische Lieferbedingungen für Stahlguß für Druckbehälter – Teil 3: Stahlsorten für die Verwendung bei tiefen Temperaturen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10213 (2008-01) Stahlguss für Druckbehälter DIN EN 10213 Berichtigung 1 (2008-11) Stahlguss für Druckbehälter	1996-01
10216-1	HP 0 HP 801 Nr. 34 W 4	2011-05 2016-05 2008-05	Tafel 1a 3.1.2.1 2.1.1, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 3, Tafel A 1	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10216-1 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur	2004-07
10216-2	HP 0 HP 801 Nr. 34 S 6 W 4 W 12	2011-05 2016-05 2016-09 2008-05 2014-06	Tafel 1a 3.1.2.1 Tafel 2, Anh. 1 Anh. 2 2.1.2, 3.2, 5.2, 6.2, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 3, Tafel A 2 6.3	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10216-2 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	2007-10
10216-3	HP 0 HP 801 Nr. 34 HP 7/2 W 4 W 10	2011-05 2016-05 2009-03 2008-05 2007-11	Tafel 1a 3.1.2.1 2.2 2.1.4, 3.3, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 3 Tafel 1	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10216-3 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen	2004-07
10216-4	HP 0 HP 7/2 W 4 W 10	2011-05 2009-03 2008-05 2007-11	Tafel 1a 2.2 2.1.3, 6.4, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 3 6, Tafel 1, Tafel 3a	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 4: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10216-4 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 4: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen	2004-07

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
10216-5	HP 0 W 2	2011-05 2016-09	Tafel 1a 3.1, 4, 4.2.2, 4.2.2.1, 4.2.2.2, 4.2.2.3, 6.2.2, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 1c	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10216-5 (2014-03) Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen	2004-11
	W 10	2007-11	Tafel 1		
10217-1	HP 0 W 4	2011-05 2008-05	Tafel 1a 2.2.1, Tafel 2a, Tafel 2b, Tafel 3, Tafel A 1	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur	2005-04
10217-2	HP 0 W 4	2011-05 2008-05	Tafel 1a 2.2.2, 6.3, 7.3.1, 7.3.2, Tafel 2a, Tafel 2b, Tafel 3, Tafel A 2	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	2005-04
10217-3	HP 0 HP 7/2 W 4	2011-05 2009-03 2008-05	Tafel 1a 2.2 2.2.6, 3.7, Tafel 2a, Tafel 2b, Tafel 3	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen	2005-04
	W 10	2007-11	Tafel 1		
10217-4	HP 0 HP 7/2 W 4	2011-05 2009-03 2008-05	Tafel 1a 2.2 2.2.4, 6.4, Tafel 2a, Tafel 2b, Tafel 3	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 4: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen	2005-04
	W 10	2007-11	6, Tafel 1, Tafel 3a		
10217-5	HP 0 W 4	2011-05 2008-05	Tafel 1a 2.2.3, 6.3, 7.3.1, 7.3.2, Tafel 2a, Tafel 2b, Tafel 3, Tafel A 2	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 5: Unterpulver-geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	2005-04
10217-6	HP 0 W 4	2011-05 2008-05	Tafel 1a 2.2.5, 6.4, Tafel 2a, Tafel 2b, Tafel 3	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 6: Unterpulver-geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen	2005-04
	W 10	2007-11	6, Tafel 1, Tafel 3a		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
10217-7	HP 0 W 2	2011-05 2016-09	Tafel 1a 3.1, [3], 3.4, 4, 4.2.1, 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3, 4.2.1.4, 6.2.2, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 1c	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10217-7 (2015-01) Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen	2005-05
	W 10	2007-11	Tafel 1		
10220	HP 801 Nr. 14	2004-02	4.9.1	Nahtlose und geschweißte Stahlrohre – Allgemeine Tabellen für Maße und längenbezogene Masse	2003-03
10222-1	S 2 W 2	2010-11 2016-09	7.1.3 4, 4.3.1, [1] zu Tafeln 3a, 3b und 3c	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Freiformschmiedestücke	2002-07
	W 13	2008-11	3.1, 3.5, 3.6, 3.8		
10222-2	HP 0 HP 801 Nr. 34	2011-05 2016-05	Tafel 1a 3.1.3	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 2: Ferritische und martensitische Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	2000-04
	S 6	2016-09	Anh. 1		
	W 9	2010-11	2.1.3, 6.2, 7.1		
	W 13	2008-11	2.6, 3.6, 5.1.2, 5.2.1, 6.6, Tafel 2		
10222-3	HP 0 W 9	2011-05 2010-11	Tafel 1a 2.1.4, 7.1	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 3: Nickelstähle mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen	1999-02
	W 10	2007-11	6, Tafel 1, Tafel 3a		
	W 13	2008-11	2.8, 3.6, 3.8, 6.8, Tafel 2		
10222-4	HP 0 HP 801 Nr. 34	2011-05 2016-05	Tafel 1a 3.1.3	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 4: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit hoher Dehngrenze	2001-12
	W 9	2010-11	2.1.2, 6.2, 7.1, Tafel 5		
	W 13	2008-11	2.5, 3.5, Tafel 2, Tafel 3, 5.1.2, 6.5		
10222-5	HP 0 W 2	2011-05 2016-09	Tafel 1a 2.1, 3.1, 3.5, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 1c	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 5: Martensitische, austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle	2000-02
10228-3	HP 8/3 W 9 W 12 W 13	2010-02 2010-11 2014-06 2008-11	5.1.2 4.2.1, 4.3.4 4.8 3.11	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl – Teil 3: Ultraschallprüfung von Schmiedestücken aus ferritischem oder martensitischem Stahl	1998-07
10228-4	HP 8/3 W 2 W 9	2010-02 2016-09 2010-11	5.1.2 [5] 4.3.1	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl – Teil 4: Ultraschallprüfung von Schmiedestücken aus austenitischem und austenitisch-ferritischem nichtrostendem Stahl	1999-10

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
10250-1	W 13	2008-11	3.1	Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung – Teil 1: Allgemeine Anforderungen	1999-12
10250-2	HP 0	2011-05	Tafel 1a	Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung – Teil 2: Unlegierte Qualitäts- und Edelstähle	1999-12
	HP 801 Nr. 34	2016-05	3.1.3		
	W 9	2010-11	2.1.1, 4.2.1, 7.1, Tafel 5		
	W 13	2008-11	2.1, 3.1, 5.1.1, 5.1.2, Tafel 1, Tafel 3, 6.1		
10253-2	HP 8/3	2010-02	1, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1.1, 5.1.2, Tafel 2, 5.2.5, 5.2.5.3, 6	Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	2008-09
	HP 100 R	2016-09	5.3.2, 6.2.1.2, 6.2.1.3		
10253-4	HP 8/3	2010-02	1, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1.1, 5.1.2, 5.2.5, 5.2.5.3, 6	Formstücke zum Einschweißen – Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen	2008-06
	HP 100 R	2016-09	6.2.1.2, 6.2.1.3		
10269	B 8	2015-04	Tafel 3	Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10269 (2014-02) Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen	2006-07
	HP 0	2011-05	Tafel 1a		
	HP 100 R	2016-09	5.4.1.1		
	W 2	2016-09	2.1, 2.3, 3.1, 4, 7.1, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 1c, [4] zu Tafeln 3a und 3b		
	W 7	2008-05	2.2, 2.3, 3.1, 3.4, 4.3, 7.2, Tafel 2, Anh. 1		
	W 10	2007-11	6, Tafel 1, Tafel 3a		
10272	HP 0	2011-05	Tafel 1a	Nichtrostende Stäbe für Druckbehälter **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 10272 (2008-01) Stäbe aus nichtrostendem Stahl für Druckbehälter	2001-01
	W 2	2016-09	2.1, 2.3, 2.5, 3.1, 3.5, 4, Tafel 1a, Tafel 1b, Tafel 1c		
10273	HP 0	2011-05	Tafel 1a	Warmgewalzte schweißgeeignete Stäbe aus Stahl für Druckbehälter mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen	2008-02
	HP 801 Nr. 34	2016-05	3.1.3		
	W 9	2010-11	2.1.2, 2.1.3, 6.2, 7.1		
	W 13	2008-11	2.7, 3.7, 3.12, 5.1.2, 6.7, Tafel 2		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
10289	HP 100 R	2016-09	7.4.2	Stahlrohre und -formstücke für On- und Offshore-verlegte Rohrleitungen – Umhüllung (Außenbeschichtung) mit Epoxi- und epoximodifizierten Materialien	2004-08
10293	HP 0	2013-02	Tafel 1a	Stahlguss für allgemeine Anwendungen	2005-06
	HP 801 Nr. 34	2016-05	3.1.4	**NACHFOLGEDOKUMENT:**	
	W 5	2009-03	2.1	DIN EN 10293 (2015-04) Stahlguss – Stahlguss für allgemeine Anwendungen	
10300	HP 100 R	2016-09	7.4.2	Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen – Werksumhüllungen aus heiß aufgebrachtem Bitumen	2006-02
10305-1	HP 100 R	2016-09	7.4.1	Präzisionsstahlrohre – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Nahtlose kaltgezogene Rohre	2003-02
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10305-1 (2016-08) Präzisionsstahlrohre – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Nahtlose kaltgezogene Rohre	
10305-2	HP 100 R	2016-09	7.4.1	Präzisionsstahlrohre – Technische Lieferbedingungen Teil 2: Geschweißte kaltgezogene Rohre	2003-02
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10305-2 (2016-08) Präzisionsstahlrohre – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Geschweißte kaltgezogene Rohre	
10305-4	W 4	2008-05	2.1.5, Tafel 1a, Anh. 1, Tafel A 3	Präzisionsstahlrohre – Technische Lieferbedingungen Teil 4: Nahtlose kaltgezogene Rohre für Hydraulik- und Pneumatik-Druckleitungen	2003-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 10305-4 (2016-08) Präzisionsstahlrohre – Technische Lieferbedingungen – Teil 4: Nahtlose kaltgezogene Rohre für Hydraulik- und Pneumatik-Druckleitungen	
10307	B 8	2015-04		Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus austenitischem und austenitisch-ferritischem nichtrostendem Stahl ab 6 mm Dicke (Reflexionsverfahren)	2002-03
10308	A 4	2013-08	6.3.1	Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung von Stäben aus Stahl	2002-03
	W 9	2010-11	4.3.4		
	W 13	2008-11	3.11		
12163	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Stangen zur allgemeinen Verwendung	1998-04
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12163 (2011-08) Kupfer und Kupferlegierungen – Stangen zur allgemeinen Verwendung	
12164	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Stangen für die spanende Bearbeitung	2000-09
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12164 (2011-08) Kupfer und Kupferlegierungen – Stangen für die spanende Bearbeitung	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
12165	W 6/2	2009-03	3.1, 6.5, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Vormaterial für Schmiedestücke	1998-04
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12165 (2011-08) Kupfer und Kupferlegierungen – Vormaterial für Schmiedestücke	
12167	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Profile und Rechteckstangen zur allgemeinen Verwendung	1998-04
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12167 (2011-08) Kupfer und Kupferlegierungen – Profile und Rechteckstangen zur allgemeinen Verwendung	
12178	HP 801 Nr. 14	2004-02	4.9.2	Kälteanlagen und Wärmepumpen – Flüssigkeitsstandanzeiger – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung	2004-02
12266-1	A 4	2013-08	6.1	Industriearmaturen – Prüfung von Armaturen aus Metall Teil 1: Druckprüfungen, Prüfverfahren und Annahmekriterien – Verbindliche Anforderungen	2012-06
12300	A 2	2010-09	12.3	Kryo-Behälter – Reinheit für den tiefkalten Betrieb	2006-09
12420	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Schmiedestücke	1999-03
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12420 (2014-09) Kupfer und Kupferlegierungen – Schmiedestücke	
12449	HP 100 R W 6/2	2016-09 2009-03	5.2.1.3 3.1, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre zur allgemeinen Verwendung	1999-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12449 (2012-07) Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre zur allgemeinen Verwendung	
12451	HP 100 R W 6/2	2016-09 2009-03	5.2.1.3 3.1, 4.3.2, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre für Wärmeaustauscher	1999-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12451 (2012-08) Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre für Wärmeaustauscher	
12452	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose gewalzte Rippenrohre für Wärmeaustauscher	1999-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12452 (2012-08) Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose gewalzte Rippenrohre für Wärmeaustauscher	
12516-2	A 4	2013-08	5.1	Industriearmaturen – Gehäusefestigkeit – Teil 2: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl	2004-10
12680-2	A 4 W 5 W 9	2013-08 2009-03 2010-11	Tafel 1[5)] Tafel 1[5)] 4.3.5	Gießereiwesen – Ultraschallprüfung – Teil 2: Stahlgussstücke für hoch beanspruchte Bauteile	2003-06
12681	A 4 W 5	2013-08 2009-03	Tafel 1[4)] Tafel 1[4)]	Gießereiwesen – Durchstrahlungsprüfung	2003-06

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
12735-1	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für die Kälte- und Klimatechnik – Teil 1: Rohre für Leitungssysteme	2005-06
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12735-1 (2010-12) Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für die Kälte- und Klimatechnik – Teil 1: Rohre für Leitungssysteme	
12735-2	W 6/2	2009-03	3.1	Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für die Kälte- und Klimatechnik – Teil 2: Rohre für Apparate	2005-07
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12735-2 (2010-12) Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für die Kälte- und Klimatechnik – Teil 2: Rohre für Apparate	
12952-3	S 6	2016-09	5.2.3	Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 3: Konstruktion und Berechnung für drucktragende Kesselteile	2012-03
12952-4	S 6	2016-09	5.2.1, 7	Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 4: Betriebsbegleitende Berechnung der Lebensdauererwartung	2001-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 12952-4 (2011-10) Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 4: Betriebsbegleitende Berechnung der Lebensdauererwartung	
13084-1	S 3/0	2016-09	4.1.4.5, 5	Freistehende Schornsteine – Teil 1: Allgemeine Anforderungen	2007-05
13121	N 1	2014-06	1	Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter	
13121-2	N 1	2014-06	4.4.4	Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter – Teil 2: Verbundwerkstoffe; Chemische Widerstandsfähigkeit	2004-01
13121-3	N 1	2014-06	4.5.7, 4.4.1	Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter – Teil 3: Auslegung und Herstellung	2010-06
				DIN EN 13121-3 Berichtigung 1 (2012-05) Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter – Teil 3: Auslegung und Herstellung	
13133	HP 100 R	2016-09	7.3.3	Hartlöten – Hartlöterprüfung	2000-12
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN ISO 13585 (2012-10) Hartlöten – Prüfung von Hartlötern und Bedienern von Hartlöteinrichtungen	
13134	HP 100 R	2016-09	7.3.3	Hartlöten – Hartlötverfahrensprüfung	2000-12
13136	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.4	Kälteanlagen und Wärmepumpen – Druckentlastungseinrichtungen und zugehörige Leitungen – Berechnungsverfahren	2005-12
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 13136 (2013-12) Kälteanlagen und Wärmepumpen – Druckentlastungseinrichtungen und zugehörige Leitungen – Berechnungsverfahren	
13348	W 6/2	2009-03	3.1, Tafel 1 Anm.	Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für medizinische Gase oder Vakuum	2005-06
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 13348 (2008-11) Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für medizinische Gase oder Vakuum	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
13445-2	W 10	2007-11	1.2	Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 2: Werkstoffe	2002-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 13445-2 (2015-12) Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 2: Werkstoffe	
13445-3	B 8 S 1 S 2	2015-04 2005-02 2010-11	2.4.2 6 Anh. 5, 10	Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 3: Konstruktion	2003-11
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 13445-3 (2015-12) Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 3: Konstruktion	
13480-2	HP 100 R	2016-09	5.1	Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 2: Werkstoffe	2002-08
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 13480-2 (2014-12) Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 2: Werkstoffe	
13480-3	HP 100 R	2016-09	6.1, 6.2.1, Anlage 1	Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 3: Konstruktion und Berechnung	2002-08
	S 3/0	2016-09	4.1.4.10.2	**NACHFOLGEDOKUMENT:**	
				DIN EN 13480-3 (2014-12) Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 3: Konstruktion und Berechnung	
13555	B 7 B 8	2016-09 2015-04	7.1.2.4 2.4.3	Flansche und ihre Verbindungen – Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen	2014-07
13835	W 3/3	2013-08	2.1, 3.1, 3.1.2, Tafel 1, 3.2, 4.1, 5, Tafel 3	Gießereiwesen – Austenitische Gusseisen	2012-04
14382	A 2	2015-04	13	Sicherheitseinrichtungen für Gas-Druckregelanlagen und -einrichtungen – Gas-Sicherheitsabsperreinrichtungen für Eingangsdrücke bis 100 bar	2009-07
14917	B 13	2010-02	7	Kompensatoren mit metallischen Bälgen für Druckanwendungen	E 2004-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 14917 (2012-06) Kompensatoren mit metallischen Bälgen für Druckanwendungen	
26157-3	W 7	2008-05	4.1.1	Verbindungselemente; Oberflächenfehler; Schrauben für spezielle Anforderungen (ISO 6157-3:1988)	1991-12
50014	HP 801 Nr. 25	2004-02	7.3.1	Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Allgemeine Bestimmungen	2000-02
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN 60079-0 (2014-06) Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 0: Betriebsmittel – Allgemeine Anforderungen	
50156-1	HP 801 Nr. 34	2016-05	6.2.4	Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen und zugehörige Einrichtungen – Teil 1: Bestimmungen für die Anwendungsplanung und Errichtung	2016-03

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3 DIN-EN-ISO-Normen

DIN EN ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
148-1	HP 2/1	2011-05	3.2.1.1, 3.2.2.1, Tafel 1, Tafel 2	Metallische Werkstoffe – Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy – Teil 1: Prüfverfahren	2011-01
	HP 5/2	2011-05	Tafel 1, Tafel 2, Tafel 3		
	W 6/1	2016-05	5.1.3		
196	W 6/2	2009-03	4.3.2	Kupfer und Kupfer-Knetlegierungen – Auffinden von Restspannungen – Quecksilber(I)nitratversuch	1995-08
527	N 1	2014-06	5.2.2	Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften	
898-1	HP 100 R	2016-09	5.4.1.1	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 1: Schrauben **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 898-1 (2013-05) Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen – Regelgewinde und Feingewinde	1999-11
	W 7	2008-05	2.1, 3.1, 4.1.1, 7.1, Tafel 2		
898-2	W 7	2014-11	2.1, 3.1, 4.1.2, Tafel 2	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen – Regelgewinde und Feingewinde	2012-08
	HP 100 R	2016-09	5.4.1.1		
1127	B 6	2006-10	Anh. 1	Nichtrostende Stahlrohre – Maße, Grenzabmaße und längenbezogene Masse	1997-03
	HP 100 R	2016-09	7.4.1		
1172	N 1	2014-06	5.2.2	Textilglasverstärkte Kunststoffe – Prepregs, Formmassen und Laminate – Bestimmung des Textilglas- und Mineralfüllstoffgehalts; Kalzinierungsverfahren	1998-12
2624	W 6/2	2009-03	4.3.2	Kupfer und Kupferlegierungen; Bestimmen der mittleren Korngröße	1995-08
3269	W 2	2016-09	4.4.1, Tafel 4	Mechanische Verbindungselemente – Abnahmeprüfung	2000-11
	W 7	2008-05	4.1.3, 4.1.4, Tafel 1		
3452-1	HP 100 R	2016-09	Tafel 1	Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung – Teil 1: Allgemeine Grundlagen	2014-09
3506-1	HP 100 R	2016-09	5.4.1.1	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 1: Schrauben **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 3506-1 (2010-04) Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 1: Schrauben	1998-03
	W 2	2016-09	2.3, 3.1, 4.4.1, 5.2, 6.4.2, [1) 2)] zu Tafel 5, [1)] zu Tafel 6		
3506-2	HP 100 R	2016-09	5.4.1.1	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 2: Muttern **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 3506-2 (2010-04) Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 2: Muttern	1998-03
	W 2	2016-09	2.3, 3.1, 4.4.1, 5.2		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
3651-2	W 5	2009-03	4.2, 5.7	Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion – Teil 2: Nichtrostende austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex)-Stähle; Korrosionsversuch in schwefelsäurehaltigen Medien	1998-08
3834-3	HP 0 HP 100 R	2011-05 2016-09	3.1 4.2	Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen – Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen	2006-03
4126-1	A 2	2010-09	[2)]	Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck – Teil 1: Sicherheitsventile **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 4126-1 (2013-12) Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck – Teil 1: Sicherheitsventile	2004-05
4136	HP 2/1 HP 5/2	2011-05 2011-05	Tafel 1, Tafel 2 9.2, Tafel 1, Tafel 2	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Querzugversuch **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 4136 (2013-02) Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Querzugversuch	2011-05
4759-1	B 7	2016-09	2.2.2	Toleranzen für Verbindungselemente – Teil 1: Schrauben und Muttern; Produktklassen A, B und C	2001-04
5173	HP 0 HP 2/1 HP 5/2	2011-05 2011-05 2011-05	[26)] zu Tafel 2b 3.2.5, 3.2.7.1, Tafel 1, Tafel 2 Tafel 1, Tafel 2, Tafel 3	Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen – Biegeprüfungen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 5173 (2012-02) Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen – Biegeprüfungen	2010-08
5178	HP 2/1 HP 5/2 HP 801 Nr. 34	2011-05 2011-05 2016-05	3.2.1.1, 3.2.3.1, Tafel 1, Tafel 2 Tafel 1, Tafel 2 8.2	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Längszugversuch an Schweißgut in Schmelzschweißverbindungen	2011-05
5817	HP 5/1 HP 801 Nr. 34 S 2	2008-02 2016-05 2010-11	2.2, 2.3, 2.4 5.2.1.7 11.2, [8)], Tafel 5	Schweißen – Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 5817 (2014-06) Schweißen – Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten	2006-10
6892-1	W 3/3	2013-08	3.1.3	Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur	2009-12
6892-2	W 3/3	2013-08	3.1.3	Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur	2011-05
6947	HP 2/1	2011-05	3.2.1.1	Schweißnähte – Arbeitspositionen – Definitionen der Winkel von Neigung und Drehung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 6947 (2011-08) Schweißen und verwandte Prozesse – Schweißpositionen	1997-05

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
7539-1	HP 1	2009-10	Anh. 1	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 1: Allgemeine Richtlinien für Prüfverfahren **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 7539-1 (2013-04) Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 1: Allgemeiner Leitfaden für Prüfverfahren	1995-08
8434-1	HP 100 R	2016-09	5.6.1	Metallische Rohrverschraubungen für Fluidtechnik und allgemeine Anwendung – Teil 1: 24°-Schneidring-verschraubung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 8434-1 (2008-02) Metallische Rohrverschraubungen für Fluidtechnik und allgemeine Anwendung – Teil 1: Verschraubungen mit 24°-Konus	1997-11
8492	W 6/1	2016-05	5.2.4	Metallische Werkstoffe – Rohr – Ringfaltversuch	2014-03
8493	HP 8/3 W 6/2 W 6/1	2010-02 2009-03 2016-05	5.2.5.2 4.3.2 5.2.4	Metallische Werkstoffe – Rohr – Aufweitversuch	2004-10
8495	W 6/1	2016-05	5.2.4	Metallische Werkstoffe – Rohr – Ringaufdornversuch	2014-03
8496	W 6/1	2016-05	5.2.4	Metallische Werkstoffe – Rohr – Ringzugversuch	2014-03
9015-1	HP 2/1 HP 5/2 HP 801 Nr. 34	2011-05 2011-05 2016-05	Tafel 1 Tafel 1, Tafel 3 8.2	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Längszugversuch an Schweißgut in Schmelzschweißverbindungen	2011-05
9016	HP 2/1 HP 5/2	2011-05 2011-05	3.2.3.1, 3.2.7.1, Tafel 1, Tafel 2 Tafel 1, Tafel 2, Tafel 3	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Kerbschlagbiegeversuch – Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 9016 (2013-02) Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Kerbschlagbiegeversuch – Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung	2011-05
9445-2	B 0	2014-11	9.1.1	Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen – Teil 2: Kaltbreitband und Blech	2010-06
9606-1	HP 3	2014-11	3.1, 3.4	Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen – Teil 1: Stähle	2013-12
9606-2	HP 3	2007-02	3.1.1	Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen – Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen	2005-03
9606-3	HP 3	2007-02	3.1.1	Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen – Teil 3: Kupfer und Kupferlegierungen	1999-06
9606-4	HP 3	2007-02	3.1.1	Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen – Teil 4: Nickel und Nickellegierungen	1999-06
9606-5	HP 3	2007-02	3.1.1	Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen – Teil 5: Titan und Titanlegierungen, Zirkonium und Zirkoniumlegierungen	2000-04

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
9692-1	HP 1	2012-07	2	Schweißen und verwandte Prozesse – Empfehlungen zur Schweißnahtvorbereitung – Teil 1: Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen, Gasschweißen, WIG-Schweißen und Strahlschweißen von Stählen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 9692-1 (2013-12) Schweißen und verwandte Prozesse – Arten der Schweißnahtvorbereitung – Teil 1: Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen, Gasschweißen, WIG-Schweißen und Strahlschweißen von Stählen	2004-05
9692-2	HP 1	2012-07	2	Schweißen und verwandte Verfahren – Schweißnahtvorbereitung – Teil 2: Unterpulverschweißen von Stahl	1999-09
9692-3	HP 1	2012-07	2	Schweißen und verwandte Prozesse – Empfehlungen für Fugenformen – Teil 3: Metall-Inertgasschweißen und Wolfram-Inertgasschweißen von Aluminium und Aluminium-Legierungen	2001-07
9692-4	HP 1	2012-07	2	Schweißen und verwandte Prozesse – Empfehlungen zur Schweißnahtvorbereitung – Teil 4: Plattierte Stähle	2003-10
9712	HP 4	2014-11	3.1, 4	Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung	2012-12
10042	HP 5/1 S 2 HP 100 R	2008-02 2010-11 2016-09	2.2, 2.4 Anhang 6 Abschn. 7.3 Tafel 2	Schweißen – Lichtbogenschweißverbindungen an Aluminium und seinen Legierungen – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten	2006-02
10484	W 7	2008-05	4.1.2	Aufweitversuch an Muttern	2004-10
10628	HP 512 R	2003-01	4.1	Fließschemata für verfahrenstechnische Anlagen – Allgemeine Regeln **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 10628-1 (2015-04) Schemata für die chemische und petrochemische Industrie – Teil 1: Spezifikation der Schemata DIN EN ISO 10628-2 (2013-04) Schemata für die chemische und petrochemische Industrie – Teil 1: Graphische Symbole	2001-03
10675-2	HP 100 R	2016-09	Tafel 2	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Zulässigkeitsgrenzen für die Durchstrahlungsprüfung Teil 2: Aluminium und seine Legierungen	2013-12
10893-9	HP 100 R	2016-09	Tafel 2	Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren – Teil 9: Automatisierte Ultraschallprüfung von Band/Blech, das für die Herstellung geschweißter Stahlrohre eingesetzt wird, zum Nachweis von Dopplungen	2011-07
10893-10	W6/1 W 12	2016-05 2014-06	5.4 4.8	Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren – Teil 10: Automatisierte Ultraschallprüfung nahtloser und geschweißter (ausgenommen unterpulvergeschweißter) Stahlrohre über den gesamten Rohrumfang zum Nachweis von Unvollkommenheiten in Längs- und/oder Querrichtung	2011-07
10893-11	HP 100 R	2016-09	Tafel 2	Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren – Teil 11: Automatisierte Ultraschallprüfung der Schweißnaht geschweißter Stahlrohre zum Nachweis von Unvollkommenheiten in Längs- und/oder Querrichtung	2011-07

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
11666	HP 100 R	2016-09	Tafel 2	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Ultraschallprüfung – Zulässigkeitsgrenzen	2011-04
11970	W 5	2009-03	4.2	Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für das Produktionsschweißen von Stahlguss	2007-09
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN ISO 11970 (2016-08) Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für das Produktionsschweißen von Stahlguss	
12944-1	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.3	Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 1: Allgemeine Einleitung	1998-07
12944-2	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.3	Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen	1998-07
12944-3	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.3	Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung	1998-07
12944-4	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.3	Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung	1998-07
12944-5	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.3	Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 5: Beschichtungssysteme	1998-07
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN ISO 12944-5 (2008-01) Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 5: Beschichtungssysteme	
12944-6	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.3	Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen	1998-07
12944-7	HP 801 Nr. 14	2004-02	3.3	Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten	1998-07
13445-3	B 5	2016-09	2.2	Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 3: Konstruktion	2015-12
13919-1	HP 2/1	2011-05	3.2.7.1	Schweißen – Elektronen- und Laserstrahl-Schweißverbindungen; Leitfaden für Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten – Teil 1: Stahl	1996-09
13919-2	HP 2/1	2011-05	3.2.7.1	Schweißen – Elektronenstrahl- und Laserstrahl-Schweißverbindungen; Richtlinie für Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten – Teil 2: Aluminium und seine schweißgeeigneten Legierungen	2001-12
14125	N 1	2014-06	5.2.2	Faserverstärkte Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften	2011-05
14731	HP 3	2007-02	2.1.3, 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3	Schweißaufsicht – Aufgaben und Verantwortung	2006-12
	HP 100 R	2016-09	7.2.3		
14732	HP 3	2014-11	3.1, 3.4	Schweißpersonal – Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen	2013-12
15607	HP 2/1	2011-05	3.1	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Allgemeine Regeln	2004-03

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
15614-1	HP 2/1	2011-05	3.1, 3.2.1.1, 3.2.1.2, 3.2.1.3.1, 3.2.7.2, Tafel 1	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen	2008-09
	HP 5/2	2011-05	Tafel 1	**NACHFOLGEDOKUMENT:**	
	W 5	2009-03	4.2	DIN EN ISO 15614-1 (2012-06) Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen	
15614-2	HP 2/1	2011-05	3.1, 3.2.2.1, 3.2.2.2, 3.2.2.3.1, 3.2.2.3.2, 3.2.7.2	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 2: Lichtbogenschweißen von Aluminium und seinen Legierungen	2005-07
15614-5	HP 2/1	2011-05	3.1, 3.2.3.1, 3.2.3.2, 3.2.3.3.1, 3.2.7.2	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 5: Lichtbogenschweißen von Titan, Zirkonium und ihren Legierungen	2004-07
	HP 5/2	2011-05	Tafel 3		
15614-6	HP 2/1	2011-05	3.1, 3.2.4.1.1, 3.2.4.1.2	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 6: Lichtbogen- und Gasschweißen von Kupfer und seinen Legierungen	2007-01
15614-7	HP 2/1	2011-05	3.1, 3.2.5	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 7: Auftragschweißen	2007-09
15614-8	HP 2/1	2011-05	3.1	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 8: Einschweißen von Rohren in Rohrböden	2002-06
15614-11	HP 2/1	2011-05	3.1	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 11: Elektronen- und Laserstrahlschweißen	2002-10
15614-12	HP 2/1	2011-05	3.1, 3.2.8.1	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 12: Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißen	2004-10
				NACHFOLGEDOKUMENT:	
				DIN EN ISO 15614-12 (2014-10) Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 12: Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißen	
16826	HP 100 R	2016-09	Tafel 2	Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Prüfung auf Inhomogenitäten senkrecht zur Oberfläche	2014-06
17636-1	HP 100 R	2016-09	Tafel 2	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen	2013-05
17637	HP 100 R	2016-09	Tafel 2	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen	2011-05
17640	HP 100 R	2016-09	Tafel 2	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Ultraschallprüfung – Techniken, Prüfklassen und Bewertung	2011-04

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
17659	HP 1	2014-06	[1] zu 2.4	Schweißen – Mehrsprachige Benennungen für Schweißverbindungen mit bildlichen Darstellungen	2005-09
17636-1	HP 5/3 Anl. 1	2015-04	2	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen	2013-05
17638	HP 5/3 Anl. 1	2015-04	4	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Magnetpulverprüfung	2010-03
17663	HP 7/1	2014-11	2.2, 2.4	Schweißen – Qualitätsanforderungen zur Wärmebehandlung beim Schweißen und bei verwandten Prozessen	2009-10
18265	W 7	2014-11	3.1	Metallische Werkstoffe – Umwertung von Härtewerten	2014-02
23277	HP 100 R	2016-09	Tafel 2	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Eindringprüfung von Schweißverbindungen – Zulässigkeitsgrenzen	2015-06

4 DIN-ISO-Normen

DIN ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
695	N 4	2003-07	Tafel 1	Glas; Beständigkeit gegen eine siedende wäßrige Mischlauge; Prüfverfahren und Klasseneinteilung	1994-02
719	N 4	2003-07	Tafel 1	Glas; Wasserbeständigkeit von Glasgrieß bei 98 °C; Prüfverfahren und Klasseneinteilung	1989-12
965-2	B 7	2016-09	2.2.2	Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung – Toleranzen – Teil 2: Grenzmaße für Außen- und Innengewinde allgemeiner Anwendung; Toleranzklasse mittel **Zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses gesperrt. Ohne Ersatzvermerk.**	1999-11
1773	N 4	2003-07	1	Laborgeräte aus Glas – Erlenmeyer-, Rund- und Stehkolben, enghalsig	1999-05
2768-1	N 2	2000-10	9.2	Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung	1991-06
2768-2	N 2	2000-10	9.2	Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung	1991-04
3585	N 4	2003-07	1	Borosilicatglas 3.3 – Eigenschaften	1999-10
4759-1	W 7	2008-05	3.5	Mechanische Verbindungselemente; Toleranzen für Schrauben und Muttern mit Gewindedurchmessern von 1,6 bis 150 mm, Produktklassen A, B und C **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN ISO 4759-1 (2001-04) Toleranzen für Verbindungselemente – Teil 1: Schrauben und Muttern; Produktklassen A, B und C	1980-05

5 CR-ISO-Normen

CR ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	CR-ISO-Ausgabe
15608	HP 0	2011-05	[2] zu Tafel 1a, [1] zu Tafel 2a, [1] zu Tafel 3a, 3.1	Schweißen – Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen **NACHFOLGEDOKUMENT:**	2000-04
	HP 2/1	2011-05	3.2.8.1	CEN ISO/TR 15608 (2013-04) Schweißen – Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6 EN-Normen

EN	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	EN-Ausgabe
1173	W 6/2	2009-03	[1)] zu Tafel 1	Kupfer und Kupferlegierungen – Zustandsbezeichnungen	2008-04
13121-3	N 1	2014-06	3.3.2	Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter – Teil 3: Auslegung und Herstellung **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 13121-3 (2016-04) Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter – Teil 3: Auslegung und Herstellung DIN EN 13121-3 Berichtigung 1 (2012-05) Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter – Teil 3: Auslegung und Herstellung	2008-06
13445-3	B 5 B 8 B 13	2016-09 2015-04 2010-02	2.2 8.2 7	Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 3: Konstruktion **NACHFOLGEDOKUMENT:** EN 13445-3 (2014-09) Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 3: Konstruktion DIN EN 13445-3 (2015-12) Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 3: Konstruktion	2002-05/ 2005-10*

7 ISO-Normen

ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	ISO-Ausgabe
75	N 1	2014-06	4.2, 4.4.5	Kunststoffe und Ebonit; Bestimmung der Biegetemperatur unter Belastung **NACHFOLGEDOKUMENT:** ISO 75-1 (2013-04) Kunststoffe – Bestimmung der Wärmeformbeständigkeits-temperatur – Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren ISO 75-2 (2004-05) Kunststoffe – Bestimmung der Wärmeformbeständigkeits-temperatur – Teil 2: Kunststoffe und Hartgummi ISO 75-3 (2004-05) Kunststoffe – Bestimmung der Wärmeformbeständigkeits-temperatur – Teil 3: Hochbeständige härtbare Schichtstoffe und langfaserverstärkte Kunststoffe	1987-04
4126-10	A 2	2015-04	10.5.2	Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck – Teil 10: Maße von Sicherheitsventilen und angeschlossenen Einlass- und Auslassleitungen mit Zweiphasenströmung (flüssig/gas)	2010-10
10931-2	HP 120 R	2001-06	5.2.7	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für industrielle Anwendung; Polyvinylidenfluorid (PVDF) – Teil 2: Rohre **NACHFOLGEDOKUMENT:** ISO 10931 (2005-12) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für industrielle Anwen-dungen – Polyvinyliden Fluoride (PVDF) – Anforderungen an Rohrleitungsteile und das Rohrleitungssystem	1997-02

* Konkreter Bezug in Mbl. B 13, Abs. 7

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ISO	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	ISO-Ausgabe
10931-3	HP 120 R	2001-06	5.3.6	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für industrielle Anwendung (PVDF) – Teil 3: Formteile **NACHFOLGEDOKUMENT:** ISO 10931 (2005-12) Kunststoff-Rohrleitungssysteme für industrielle Anwendungen – Polyvinyliden Fluoride (PVDF) – Anforderungen an Rohrleitungsteile und das Rohrleitungssystem	1996-08
16528-1	G 1	2014-06	1	Dampfkessel und Druckbehälter – Teil 1: Festigkeitsanforderungen	2007-08

8 DIN-VDE-Normen/DIN-VDI-Richtlinien

DIN VDE/ DIN VDI	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	DIN-Ausgabe
0116	A 5 A 6 HP 801 Nr. 26	2000-10 2003-01 2002-05	3.3.7 3.2 3.2	Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen **NACHFOLGEDOKUMENT:** DIN EN 50156-1 (2016-03) Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen und zugehörige Einrichtungen – Teil 1: Bestimmungen für die Anwendungsplanung und Errichtung	1989-10
0833-1	HP 801 Nr. 25	2004-02	7.1.8	Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 1: Allgemeine Festlegungen	2014-10
0833-2	HP 801 Nr. 25	2004-02	7.1.8	Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 2: Festlegungen für Brandmeldeanlagen (BMA)	2009-06
2040 Blatt 4	A 1	2006-10	[4)], 7.2.2	Berechnungsgrundlagen für die Durchflussmessung mit Blenden, Düsen und Venturirohren – Stoffwerte **OHNE ERSATZ ZURÜCKGEZOGEN**	E 1990-01

9 VDMA-Normen

VDMA	AD-Mbl.	AD-Mbl.-Ausgabe	Abschnitt	Titel	VDMA-Ausgabe
3111	A 5 Anl. 1	2000-10	2.4.9	Druckluftbehälter; Hauptmaße und Anordnung der Besichtigungsöffnung	1978-12

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2013**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und damit verbundene Prüfungen**	**AD 2000-Merkblatt HP 0** **korrigierte Fassung 04.2015**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Grundlagen	3
3	Voraussetzungen	3
4	Erhaltung der Kennzeichnung	3
5	Prüfung	4
6	Änderungs- und Ausbesserungsarbeiten	4

Ersatz für Ausgabe Mai 2011; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe; ¦ = Korrektur

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP behandeln die Regeln für Auslegung und Herstellung für ruhend oder vorwiegend ruhend beanspruchte[1)] Druckbehälter und Druckbehälterteile sowie Gehäuse von Ausrüstungsteilen und deren Verbindung mit nicht drucktragenden Teilen, z. B. durch Schweißen. Sie schließen sich an die AD 2000-Merkblätter der Reihe W an und regeln die vor, während und nach der Herstellung erforderlichen Prüfungen durch die zuständige unabhängige Stelle oder durch den Hersteller. Für Rohrleitungen gelten die AD 2000-Merkblätter HP 100 R, HP 110 R, HP 120 R und HP 512 R. Für Gehäuse von Ausrüstungsteilen ist zusätzlich das AD 2000-Merkblatt A 4 zu beachten.

1.2 Wenn die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP für die Verarbeitung und Prüfung einzelner Werkstoffe keine Regelungen enthalten, sind zwischen Hersteller, Besteller/Betreiber und zuständiger unabhängiger Stelle Vereinbarungen zu treffen.

Für nichtmetallische Werkstoffe sind die AD 2000-Merkblätter der Reihe N zusätzlich zu beachten.

1.3 Setzt sich ein Behälter aus mehreren Kammern zusammen, so wird der Behälter in die höchste Kategorie der einzelnen Kammern eingestuft. Befinden sich unterschiedliche Fluide in einer Kammer, so erfolgt die Einstufung nach jenem Fluid, welches die höchste Kategorie erfordert.

1.4 Die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP umfassen folgende Blätter:

HP 0 – Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und damit verbundene Prüfungen

HP 1 – Auslegung und Gestaltung

HP 2 – Verfahrensprüfung für Fügeverfahren
- /1: Verfahrensprüfung von Schweißverbindungen

HP 3 – Schweißaufsicht, Schweißer

HP 4 – Prüfaufsicht und Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen

HP 5 – Herstellung und Prüfung der Verbindungen
- /1: Arbeitstechnische Grundsätze
- /2: Arbeitsprüfung an Schweißnähten, Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen
- /3: Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindungen
  Anlage 1: Verfahrenstechnische Mindestanforderungen für die zerstörungsfreien Prüfverfahren

HP 7 – Wärmebehandlung
- /1: Allgemeine Grundsätze
- /2: Ferritische Stähle
- /3: Austenitische und austenitisch-ferritische Stähle
- /4: Aluminium und Aluminiumlegierungen

HP 8 – Prüfung
- /1: Prüfung von Pressteilen aus Stahl sowie Aluminium und Aluminiumlegierungen
- /2: Prüfung von Schüssen aus Stahl
- /3: Prüfung von Formstücken aus unlegierten und legierten Stählen

HP 30 – Durchführung von Druckprüfungen

HP 100 R – Bauvorschriften – Rohrleitungen aus metallischen Werkstoffen

HP 110 R – Bauvorschriften – Rohrleitungen aus textilglasverstärkten Duroplasten (GFK) mit und ohne Auskleidung

HP 120 R – Bauvorschriften – Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen

HP 511 – Entwurfsprüfung

HP 512 – Schlussprüfung und Druckprüfung

HP 512 R – Bauvorschriften – Entwurfsprüfung, Schlussprüfung und Druckprüfung von Rohrleitungen

HP 801 – Besondere Druckbehälter
(Nummern 4, 8, 10, 11, 13 bis 15, 18, 19, 23, 25 bis 27, 29, 30, 34, 37 bis 39)

1) Das AD 2000-Merkblatt S 1 grenzt in Abhängigkeit von Gestaltung und Herstellung die Beanspruchungsarten gegeneinander ab.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2 Grundlagen

2.1 Die Herstellung von Druckbehältern ist nach Zeichnungen und dazugehörigen Unterlagen auszuführen.

2.2 Der Hersteller von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen hat die für die sachgemäße Ausführung notwendigen Arbeiten unter Einhaltung der Regeln der Technik, insbesondere der AD 2000-Merkblätter, durchzuführen.

2.3 Der Besteller/Betreiber hat über die AD 2000-Merkblätter hinausgehende Forderungen, die sich aus den Betriebsbedingungen der Behälter ergeben, z. B. Berücksichtigung wechselnder Beanspruchungen, Korrosionszuschläge, zusätzliche Prüfungen und deren Umfang, eingeengte Maßtoleranzen, Auswahl bestimmter Werkstoffe, Fügeverfahren und Zusatzwerkstoffe, zusätzliche Wärmebehandlung, rechtzeitig bekannt zu geben, damit sie bei der Auslegung und der Fertigung der Druckbehälter beachtet werden können.

3 Voraussetzungen

3.1 Die Hersteller müssen die Standard-Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834-3 erfüllen.

3.2 Die Hersteller müssen über Einrichtungen verfügen[2)], um die Werkstoffe sachgemäß verarbeiten und die notwendigen Prüfungen durchführen zu können.

3.3 Die Hersteller müssen eigenes verantwortliches Aufsichtspersonal und fachkundiges Personal für die Fertigung haben. Die Anforderungen an die Schweißaufsicht und die Schweißer sind in AD 2000-Merkblatt HP 3, die Anforderungen an die Prüfaufsicht und die Prüfer in AD 2000-Merkblatt HP 4 festgelegt.

3.4 Hersteller von geschweißten oder nach anderen Verfahren gefügten (z. B. gelöteten oder geklebten) Druckbehältern haben der zuständigen unabhängigen Stelle in einer dem Herstellungsverfahren angepassten Verfahrensprüfung nachzuweisen, dass sie die angewendeten Schweißverfahren oder andere Fügeverfahren beherrschen. Ergänzungsprüfungen sind notwendig, wenn z. B. Werkstoffe, Abmessungen oder Fügeverfahren über den Geltungsbereich der Verfahrensprüfung hinaus geändert werden.

3.5 Werden Fertigungsarbeiten, wie z. B. Formgebungsarbeiten oder Wärmebehandlung, anderen Stellen übertragen, müssen auch diese für die auszuführenden Arbeiten die Bedingungen entsprechend den Abschnitten 3.1 bis 3.4 erfüllen.

3.6 Die zuständige unabhängige Stelle überzeugt sich im Rahmen ihrer Prüftätigkeit von der Erfüllung der Voraussetzungen entsprechend den Abschnitten 3.1 bis 3.5. Der Fertigungsablauf darf dabei nicht beeinträchtigt werden.

Hersteller, die die Anforderungen der Abschnitte 3.1 bis 3.5 erfüllen, sind z. B. im VdTÜV-Merkblatt Schweißtechnik 1165 gelistet.

4 Erhaltung der Kennzeichnung

4.1 Die Kennzeichnung der Werkstoffe muss während der Verarbeitung erhalten bleiben. Falls bei der Verarbeitung ursprüngliche Werkstoffkennzeichnungen entfallen oder durch Aufteilen Teile ohne Kennzeichnung entstehen können, ist die Kennzeichnung in der Regel vor der Verarbeitung zu übertragen. Die Übertragung ist so vorzunehmen, dass die Zuordnung der Werkstoffnachweise zu den Bauteilen gegebenenfalls mit Hilfe einer dafür ausgestellten Bescheinigung wie bei der Originalkennzeichnung möglich ist. Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass Verwechslungen bei der Übertragung ausgeschlossen sind.

Für nicht drucktragende Anschweißteile ist die Kennzeichnung nur dann zu übertragen, wenn die Werkstoffzuordnung nicht eindeutig aus der Zeichnung oder der Stückliste hervorgeht.

4.2 Die Übertragung der Kennzeichnung ist unter Beachtung des Abschnitts 4.1 entsprechend den Abschnitten 4.2.1 bis 4.2.3 vorzunehmen.

4.2.1 Bei Werkstoffen, für die ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204[3)] erforderlich ist, hat die zuständige unabhängige Stelle die Kennzeichnung zu übertragen. Ausgenommen sind Kleinteile[4)] aus geprüftem Vormaterial, wie z. B. Anker, Ankerrohre, Stehbolzen, Nippel, Stutzenrohre, Flansche, Verstärkungsringe und Verschlussdeckel. Die Übertragung der Kennzeichnung kann durch den verantwortlichen Werksangehörigen vorgenommen werden.

Für Schrauben und Muttern aus geprüftem Vormaterial gelten für die Kennzeichnung die Regelungen des AD 2000-Merkblattes W 7.

4.2.2 Bei Werkstoffen, die mit Werkszeugnis 2.2 oder Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 geliefert werden können, kann nach schriftlicher Vereinbarung mit der zuständigen unabhängigen Stelle die Übertragung der Kennzeichnung durch den Verarbeiter oder den Lieferer vorgenommen werden. In dieser Vereinbarung wird der für die Übertragung der Kennzeichnung verantwortliche Werksangehörige namentlich genannt und das von ihm verwendete Werkskennzeichen festgelegt. Für Kleinteile gilt Abschnitt 4.2.1 Absatz 2.

---

2) Es können auch Einrichtungen anderer Stellen, die die Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden.

3) Die Gültigkeit der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204:1995 ist im AD 2000-Merkblatt W 0 Abschnitt 3.4 geregelt.

4) Je nach Bedeutung des Bauteiles kann die Übertragung der Kennzeichnung eingeschränkt werden oder entfallen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.2.3 Werden an Teilen, die auf der Baustelle weiterverarbeitet werden, die Kennzeichen im Herstellerwerk vom verantwortlichen Werksangehörigen übertragen, so sind diesen Teilen auf Verlangen Bescheinigungen über die Übertragung der Kennzeichnung beizufügen. Aus den Bescheinigungen muss hervorgehen, dass die Übertragung der Kennzeichnung im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle durchgeführt wurde. Sie können durch einen entsprechenden Vermerk auf der Bescheinigung über Materialprüfungen nach DIN EN 10204 ersetzt werden.

5 Prüfung

Die Tafeln 1a, 2a und 3a enthalten Beispiele für die Zuordnung von metallischen Werkstoffen zu den jeweiligen Werkstoffuntergruppen und zu den Prüfgruppen. Dort nicht aufgeführte metallische Werkstoffsorten sind im Rahmen der Eignungsfeststellung einer Werkstoffuntergruppe zuzuordnen. Zur Ermittlung der Prüfgruppe ist die Werkstoffsorte einer vergleichbaren Werkstoffsorte der Tafeln 1a, 2a oder 3a mit gleicher Werkstoffuntergruppe zuzuordnen.

Die Tafeln 1b, 2b und 3b geben, abhängig von der Einteilung in Prüfgruppen und Wanddicken (Nennwanddicken), die Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen, Art und Umfang der Arbeitsprüfung und der zerstörungsfreien Prüfung geschweißter Druckbehälter oder Druckbehälterteile sowie von Ausrüstungsteilen an.

Die Prüfung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen sowie von Ausrüstungsteilen wird im Regelfall am Herstellungsort im jeweils prüffähigen Zustand durchgeführt.

6 Änderungs- und Ausbesserungsarbeiten

6.1 Änderungen und Ausbesserungen während der Fertigung sind der zuständigen unabhängigen Stelle bekannt zu geben.

6.2 Für Änderungen und Ausbesserungen am fertigen Bauteil nach der zerstörungsfreien Prüfung ist in folgenden Fällen die Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle einzuholen:

	Prüfgruppen nach Tafeln 1b, 2b und 3b	Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle erforderlich:
1	1, 2, 5.1, 5.2, 6, 7	bei Ausbesserungstiefen $>$ 20 mm und gleichzeitig Ausbesserungslängen $>$ 300 mm
	4.1, 5.4, Al 1	bei Wanddicken $>$ 20 mm
	3, 4.2, 5.3, 8, Al 2, Al 3, Ni 1, Ni 2, Ti 1	immer
2	unabhängig vom Werkstoff	bei Schweißungen in Zwangslagen, z. B. bei beengten Platzverhältnissen oder wenn große Verspannungsgrade zu erwarten sind, z. B. versteifte Konstruktionen, Flächenschweißungen, Flickeneinschweißungen sowie bei kurzen Reparaturgruben mit einem Verhältnis Ausbesserungslänge zu Ausbesserungstiefe $\leq$ 2
3		wenn aufgrund technischer Gründe auf eine nachträgliche Wärmebehandlung verzichtet wird, obwohl nach den Festlegungen der AD 2000-Merkblätter eine Wärmebehandlung erforderlich wäre

6.3 Bei wiederholten Änderungen und Ausbesserungen ist, auch während der Fertigung, das Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle vorher einzuholen.

6.4 Die Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle kann auch als allgemeine Zustimmung zu Ausbesserungsanweisungen herbeigeführt werden.

6.5 Vor Beginn von Änderungs- und Ausbesserungsarbeiten nach der Schlussprüfung oder Teilbauprüfung ist die Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle einzuholen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1a zu AD 2000-Merkblatt HP 0, Ausgabe Februar 2013

Beispiele der Zuordnung von Stahlsorten[1)] zu den Prüfgruppen der Tafel 1b und zu den Werkstoffuntergruppen[2)]

Prüfgruppe	Werkstoff-untergruppe[2)]	Stahlsorte[5)] Kurzname	Stahlsorte[5)] Werkstoff-nummer	Werkstoffspezifikation DIN EN, DIN, SEW	Werkstoffspezifikation VdTÜV-Werkstoffblatt	in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W				
1	Stahlsorten innerhalb der folgenden Analysengruppen (Schmelzenanalyse) mit einer Mindeststreckgrenze < 370 MPa, ausgenommen kaltzähe Stahlsorten, wenn sie nach AD 2000-Merkblatt W 10 im Beanspruchungsfall I unter −10 °C verwendet werden:									
			Gruppe I:	Gruppe II:						
		C	≤ 0,22	≤ 0,20						
		Si	≤ 0,50	≤ 0,50						
		Mn	≤ 1,70	≤ 0,80						
		Mo	- - -	≤ 0,65						
		P, S	je ≤ 0,035	je ≤ 0,035						
		sonstige, insgesamt	≤ 0,80	≤ 0,50						
		sonstige, einzeln	≤ 0,30	≤ 0,30						
	1.1	S235JRG2	1.0038	DIN EN 10250-2			9	13		
	1.1	S235J2G3	1.0116	DIN EN 10250-2			9	13		
	1.1	P235S	1.0112	DIN EN 10207		1	13			
	1.1	P265S	1.0130	DIN EN 10207		1	13			
	1.1	P275SL	1.1100	DIN EN 10207		1	13			
	1.1	S235JR+N	1.0038	DIN EN 10025-2		1	13			
	1.1	S235J2+N	1.0117	DIN EN 10025-2		1	13			
	1.1	S275JR+N	1.0044	DIN EN 10025-2		1	13			
	1.1	S275J2+N	1.0145	DIN EN 10025-2		1	13			
	1.1	P195TR2	1.0108	DIN EN 10216-1, DIN EN 10217-1		4	12			
	1.1	P235TR2	1.0255	DIN EN 10216-1, DIN EN 10217-1, DIN EN 10217-5		4	12			
	1.1	P265TR2	1.0259	DIN EN 10216-1, DIN EN 10217-1, DIN EN 10217-5		4	12			
	1.1	P195GH	1.0348	DIN EN 10216-2		4	12			
	1.1	P235GH	1.0345	DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-2, DIN EN 10217-2, DIN EN 10273		1	4	12	13	
	1.1	P245GH	1.0352	DIN EN 10222-2		9	13			
	1.1	P250GH	1.0460	DIN EN 10222-2, DIN EN 10273		9	12	13		
	1.1	P265GH	1.0425	DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-2, DIN EN 10217-2, DIN EN 10222-2, DIN EN 10273		1	4	9	12	13
	1.1	StE 255	1.0461	DIN 17102	351/1	13				
	1.1	WStE 255	1.0462	DIN 17102	351/1	13				
	1.1	P275NH	1.0487	DIN EN 10028-3, DIN EN 10273	352/1	1	9	13		
	1.1	16Mo3	1.5415	DIN EN 10028-2, DIN EN 10217-2, DIN EN 10217-5, DIN EN 10273		1	4	9	13	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1a (*fortgesetzt*)

Prüfgruppe	Werkstoff-untergruppe[2)]	Stahlsorte[5)]		Werkstoffspezifikation		in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W				
		Kurzname	Werkstoff-nummer	DIN EN, DIN, SEW	VdTÜV-Werkstoffblatt					
1	1.1	GS200	1.0449	DIN EN 10293						
	1.1	GS240	1.0455	DIN EN 10293						
	1.1	GP240GH	1.0619	DIN EN 10213		5				
	1.1	G20Mo5	1.5419	DIN EN 10213		5				
	1.2	G20Mn5	1.6220	DIN EN 10293		5				
	1.2	16Mo3	1.5415	DIN EN 10216-2, DIN EN 10222-2		4	9	12	13	
	1.2	S355J2G3	1.0570	DIN EN 10250-2			9	13		
	1.2	S355J2+N	1.0577	DIN EN 10025-2		1	13			
	1.2	S355K2+N	1.0596	DIN EN 10025-2		1	13			
	1.2	P280GH	1.0426	DIN EN 10222-2		9	13			
	1.2	P295GH	1.0481	DIN EN 10028-2, DIN EN 10273		1	9	13		
	1.2	P305GH	1.0436	DIN EN 10222-2, DIN EN 10273		9	13			
	1.2	P355GH	1.0473	DIN EN 10028-2		1				
	1.2	StE 285	1.0486	DIN 17102	352/1	13				
	1.2	P285NH	1.0477	DIN EN 10222-4	352/3	9	12	13		
	1.2	P285QH	1.0478	DIN EN 10222-4	352/3	9	12	13		
	1.2	StE 315	1.0505	DIN 17102	353/1	13				
	1.2	WStE 315	1.0506	DIN 17102	353/1	13				
	1.2	P355N (StE 355)	1.0562	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3 (DIN 17102)	354/1/2	1	4	12	13	
	1.2	P355NH	1.0565	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3, DIN EN 10222-4, DIN EN 10273	354/1/2/3	1	4	9	12	13
	1.2	P355QH1	1.0571	DIN EN 10222-4	354/3	9	12	13		
2	Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 370 MPa und < 430 MPa, ausgenommen kaltzähe Stähle, wenn sie nach AD 2000-Merkblatt W 10 im Beanspruchungsfall I unter −10 °C verwendet werden:									
	1.3	StE 380	1.8900	DIN 17102	355/1	13				
	1.3	WStE 380	1.8930	DIN 17102	355/1	13				
	1.3	StE 420	1.8902	DIN 17102	356/1	13				
	1.3	P420NH (WStE 420)	1.8932	DIN EN 10222-4	356/1/3	12	13			
	3.1	P420QH	1.8936	DIN EN 10222-4	356/3	12	13			
3	Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 430 MPa, ausgenommen kaltzähe Stähle, wenn sie nach AD 2000-Merkblatt W 10 im Beanspruchungsfall I unter −10 °C verwendet werden, sowie warmfeste Baustähle der Untergruppen 4.1 und 4.2:									
	1.3	P460N (StE 460)	1.8905	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3 (DIN 17102)	357/1/2	1	4	12	13	
	1.3	P460NH	1.8935	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3, DIN EN 10273	357/1	1	4	9	12	13

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1a (*fortgesetzt*)

Prüfgruppe	Werkstoff-untergruppe[2)]	Stahlsorte[5)] Kurzname	Werkstoff-nummer	Werkstoffspezifikation DIN EN, DIN, SEW	VdTÜV-Werkstoffblatt	in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W				
3	[3)]	StE 500	1.8907		358/1	13				
	[3)]	WStE 500	1.8937		358/1	13				
	4.1	20MnMoNi4-5	1.6311	DIN EN 10028-2	440/1/3	1	12	13		
	4.2	15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-2	377/1/2/3	1	4	12	13	
	4.2	12MnNiMo5-5	1.6343		378	1				
	4.2	13MnNiMo5-4	1.8807		384	1				
	4.2	11NiMoV5-3	1.6341		278	1				
	4.2	17MnMoV6-4	1.5403		376	1				
4.1	Warmfeste Stahlsorten der Werkstoffuntergruppen 5.1 bis 5.4									
	5.1	13CrMo4-5	1.7335	DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-2, DIN EN 10222-2, DIN EN 10273		1	4	9	12	13
	5.1	G17CrMo5-5	1.7357	DIN EN 10213		5				
	5.2	G17CrMo9-10	1.7379	DIN EN 10213		5				
	5.2	10CrMo9-10	1.7380	DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-2, DIN EN 10222-2, DIN EN 10273		1	4	9	12	13
	5.2	11CrMo9-10	1.7383	DIN EN 10222-2, DIN EN 10273		12	13			
	5.2	12CrMo9-10	1.7375	DIN EN 10028-2	404/1	1				
	5.3	X12CrMo5 / X11CrMo5 (12 CrMo 19 5)	1.7362	DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-2	007/1/2/3	1	4	9	12	13
	5.4	X11CrMo9-1	1.7386	DIN EN 10216-2	109	4	12			
4.2	Warmfeste Stahlsorten der Werkstoffuntergruppen 6.1 bis 6.4									
	6.1	14MoV6-3	1.7715	DIN EN 10216-2, DIN EN 10222-2, DIN EN 10273		4	9	12	13	
	6.2	G17CrMoV5-10	1.7706	DIN EN 10213		5				
	6.4	GX23CrMoV12-1	1.4931	DIN EN 10213		5				
	6.4	X10CrMoVNb9-1	1.4903	DIN EN 10216-2, DIN EN 10222-2, DIN EN 10273	511/2	4	9	12	13	
	6.4	X20CrMoV11-1	1.4922	DIN EN 10216-2, DIN EN 10222-2, DIN EN 10273		4	9	12	13	
4.2	Warmfeste Stahlsorten der Werkstoffuntergruppe 7.2									
	7.2	GX8CrNi12	1.4107	DIN EN 10213		5				
5.1	Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze < 370 MPa, wenn sie nach AD 2000-Merkblatt W 10 im Beanspruchungsfall I unter -10 °C verwendet werden. Stahlsorten P215NL, P255QL, 11MnNi5-3, 12MnNi6-3, 13MnNi6-3 bei tiefsten Betriebstemperaturen bis einschließlich -60 °C[4)].									
	1.1	P215NL	1.0451	DIN EN 10216-4, DIN EN 10217-4, DIN EN 10217-6		4	10	12		
	1.1	StE 255	1.0461	DIN 17102	351/1	10	13			
	1.1	WStE 255	1.0462	DIN 17102	351/1	10	13			
	1.1	TStE 255	1.0463	DIN 17102	351/1	10	13			

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1a (*fortgesetzt*)

Prüfgruppe	Werkstoff-untergruppe[2)]	Stahlsorte[5)]		Werkstoffspezifikation		in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W				
		Kurzname	Werkstoff-nummer	DIN EN, DIN, SEW	VdTÜV-Werkstoffblatt					
5.1	1.1	EStE 255	1.1103	DIN 17102	351/1	10	13			
	1.1	P255QL	1.0452	DIN EN 10216-4		4	10	12		
	1.1	P265NL	1.0453	DIN EN 10216-4, DIN EN 10217-4, DIN EN 10217-6		4	10	12		
	1.1	P275N	1.0486	DIN EN 10028-3	352/1	1	10			
	1.1	P275NH	1.0487	DIN EN 10028-3, DIN EN 10273	352/1	1	10	13		
	1.1	P275NL1	1.0488	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3	352/1/2	1	10	12		
	1.1	P275SL	1.1100	DIN EN 10207		1	10			
	1.1	P275NL2	1.1104	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3	352/1/2	1	10	12		
	1.2	StE 285	1.0486	DIN 17102	352/1	10	13			
	1.2	WStE 285	1.0487	DIN 17102	352/1	10	13			
	1.2	TStE 285	1.0488	DIN 17102, DIN 17103	352/1/3	10	13			
	1.2	EStE 285	1.1104	DIN 17102	352/1/2	10	13			
	1.2	StE 315	1.0505	DIN 17102	353/1	10	13			
	1.2	WStE 315	1.0506	DIN 17102	353/1	10	13			
	1.2	TStE 315	1.0508	DIN 17102	353/1	10	13			
	1.2	EStE 315	1.1105	DIN 17102	353/1	10	13			
	1.2	P355N (StE 355)	1.0562	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3 (DIN 17102)	354/1/2/3	1	4	9	10	12/13
	1.2	P355NH	1.0565	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3, DIN EN 10222-4, DIN EN 10273	354/1/2/3	1	4	9	10	12/13
	1.2	P355NL1 (TStE 355)	1.0566	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3 (DIN 17102, DIN 17103)	354/1/2/3	1	4	9	10	12/13
	1.2	P355NL2 (EStE 355)	1.1106	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3 (DIN 17102)	354/1/2	1	4	9	10	12/13
	9.1	11MnNi5-3	1.6212	DIN EN 10028-4, DIN EN 10216-4		1	4	10	12	
	9.1	12 MnNi 6 3	1.6213		388	1	10	13		
	9.1	13MnNi6-3	1.6217	DIN EN 10028-4, DIN EN 10216-4, DIN EN 10222-3		1	4	9	10	12/13
5.1	Kaltzähe Stahlsorten der Werkstoffuntergruppen 1.1, 1.2, 5.1 und 9.1									
	1.1	G17Mn5	1.1131	DIN EN 10213		5	10			
	1.2	G20Mn5	1.6220	DIN EN 10213		5	10			
	5.1	G26CrMo4	1.7221	SEW 685		5	10			

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1a (*fortgesetzt*)

Prüfgruppe	Werkstoff-untergruppe[2)]	Stahlsorte[5)] Kurzname	Werkstoff-nummer	Werkstoffspezifikation DIN EN, DIN, SEW	VdTÜV-Werkstoffblatt	in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W				
5.1	9.1	G9Ni10	1.5636	DIN EN 10213		5	10			
	9.1	G10Ni6	1.5621	SEW 685		5	10			
5.2	Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 370 MPa und < 430 MPa, wenn sie nach AD 2000-Merkblatt W 10 im Beanspruchungsfall I unter −10 °C verwendet werden. Stahlsorten P215NL und P255QL bei tiefsten Betriebstemperaturen unterhalb −60 °C[4)].									
	1.1	P215NL	1.0451	DIN EN 10216-4, DIN EN 10217-4, DIN EN 10217-6		4	10	12		
	1.1	P255QL	1.0452	DIN EN 10216-4		4	10	12		
	1.3	StE 380	1.8900	DIN 17102	355/1	10	13			
	1.3	WStE 380	1.8930	DIN 17102	355/1	10	13			
	1.3	TStE 380	1.8910	DIN 17102	355/1	10	13			
	1.3	EStE 380	1.8911	DIN 17102	355/1	10	13			
	1.3	StE 420	1.8902	DIN 17102	356/1	10	13			
	1.3	TStE 420	1.8912	DIN 17102, DIN 17103	356/1/3	10	12	13		
	1.3	EStE 420	1.8913	DIN 17102	356/1	1	10			
	1.3	P420NH (WStE 420)	1.8932	DIN EN 10222-4	356/1/3	9	10	12	13	
	3.1	P420QH	1.8936	DIN EN 10222-4	356/3	9	10	12	13	
5.3	Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 430 MPa, wenn sie nach AD 2000-Merkblatt W 10 im Beanspruchungsfall I unter −10 °C verwendet werden[4)].									
	1.3	P460N (StE 460)	1.8905	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3 (DIN 17102)	357/1/2	1	4	10	12	
	1.3	P460NH	1.8935	DIN EN 10028-3	357/1	1				
	1.3	P460NH	1.8935	DIN EN 10216-3	357/2	4	12			
	1.3	P460NH	1.8935	DIN EN 10217-3	357/2	4	12			
	1.3	P460NH	1.8935	DIN EN 10273	357/1	9	13			
	1.3	P460NL1 (TStE 460)	1.8915	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3 (DIN 17102, DIN 17103)	357/1/2/3	1	4	9	10	12/13
	1.3	P460NL2 (EStE 460)	1.8918	DIN EN 10028-3, DIN EN 10216-3, DIN EN 10217-3 (DIN 17102)	357/1/2	1	4	9	10	12/13
	3)	StE 500	1.8907	DIN 17102	358/1	10	13			
	3)	WStE 500	1.8937	DIN 17102, DIN 17103	358/1	10	13			
	3)	TStE 500	1.8917	DIN 17102	358/1/3	9	10	13		
	3)	EStE 500	1.8919	DIN 17102	358/1	9	10	13		
5.4	Kaltzähe Stähle der Werkstoffuntergruppen 7.2, 9.2 und 9.3[4)]									
	7.2	GX3CrNi13-4	1.6982	DIN EN 10213	452	5	10			
	9.2	12Ni14	1.5637	DIN EN 10028-4, DIN EN 10216-4, DIN EN 10222-3		1	4	9	10	12/13
	9.2	X12Ni5	1.5680	DIN EN 10028-4, DIN EN 10216-4, DIN EN 10222-3		1	4	9	10	12/13

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1a (*fortgesetzt*)

Prüfgruppe	Werkstoffuntergruppe[2)]	Stahlsorte[5)] Kurzname	Werkstoffnummer	Werkstoffspezifikation DIN EN, DIN, SEW	Werkstoffspezifikation VdTÜV-Werkstoffblatt	in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W				
5.4	9.2	G9Ni14	1.5638	DIN EN 10213		5	10			
	9.3	X8Ni9	1.5662	DIN EN 10028-4, DIN EN 10222-3		1	9	10	13	
	9.3	X10Ni9	1.5682	DIN EN 10216-4		4	10	12		
6	Austenitische nichtrostende Stahlsorten (Regelungen zu Prüfgruppe 7 sind zu beachten)									
	8.1	X5CrNi18-10	1.4301	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X5CrNi18-12	1.4303	DIN EN 10269		2	10			
	8.1	X2CrNi19-11	1.4306	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X2CrNi18-9	1.4307	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X2CrNiN18-10	1.4311	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X5CrNi19-9	1.4315	DIN EN 10028-7		2	10			
	8.1	X2CrNiN18-7	1.4318	DIN EN 10028-7		2				
	8.1	X6CrNiTi18-10	1.4541	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269		2	10			
	8.1	X6CrNiNb18-10	1.4550	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X2CrNiMo17-13-2	1.4404	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X2CrNiMoN17-12-2	1.4406	DIN EN 10028-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272		2	10			

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1a (*fortgesetzt*)

Prüfgruppe	Werkstoff-untergruppe[2)]	Stahlsorte[5)]		Werkstoffspezifikation		in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W				
		Kurzname	Werkstoffnummer	DIN EN, DIN, SEW	VdTÜV-Werkstoffblatt					
6	8.1	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X2CrNiMo17-12-3	1.4432	DIN EN 10028-7, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X2CrNiMoN18-12-4	1.4434	DIN EN 10028-7		2	10			
	8.1	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X5CrNiMo17-13-3	1.4436	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272		2	10			
	8.1	X2CrNiMo18-15-4	1.4438	DIN EN 10028-7, DIN EN 10217-7		2	10			
	8.1	X3CrNiMo18-12-3	1.4449	DIN EN 10222-5		2	10			
	8.1	X3CrNiCu19-10	1.4650	DIN EN 10222-5		2				
	8.1	X3CrNiMoBN17-13-3	1.4910	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269		2				
	8.1	X7CrNiNb18-10	1.4912	DIN EN 10216-5, DIN EN 10222-5		2				
	8.1	X6CrNiMo17-12-2	1.4918	DIN EN 10216-5, DIN EN 10222-5		2				
	8.1	X6CrNiMoB17-12-2	1.4919	DIN EN 10269		2				
	8.1	X7CrNiTi18-10	1.4940	DIN EN 10216-5		2				
	8.1	X6CrNiTiB18-10	1.4941	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269, DIN EN 10272		2				
	8.1	X6CrNi18-10	1.4948	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269		2				
	8.1	X3CrNiN18-11	1.4949	DIN EN 10272		2				
	8.1	X1CrNi25-21	1.4335	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5		2				

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1a (*fortgesetzt*)

Prüfgruppe	Werkstoffuntergruppe[2)]	Stahlsorte[5)] Kurzname	Werkstoffnummer	Werkstoffspezifikation DIN EN, DIN, SEW	VdTÜV-Werkstoffblatt	in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W				
6	8.1	X10CrNiMoMnNbVB 15-10-1	1.4982	DIN EN 10216-5, DIN EN 10269		2				
	8.1	X6NiCrTiMoMnNbVB 25-15-2	1.4980	DIN EN 10269		2				
	8.1	GX6CrNi18-10	1.6902	SEW 685		5	10			
	8.1	GX5CrNi19-10	1.4308	DIN EN 10213		5	10			
	8.1	GX5CrNiMo19-11-2	1.4408	DIN EN 10213		5	10			
	8.1	GX5CrNiNb19-11	1.4552	DIN EN 10213		5	10			
	8.1	GX5CrNiMoNb19-11-2	1.4581	DIN EN 10213		5				
	8.2	X4NiCrMoCuNb20-18-2	1.4505	SEW 400		2				
	8.2	X1CrNiMoCuN25-25-5	1.4537	DIN EN 10028-7		2	10			
	8.2	X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10222-5, DIN EN 10269		2				
	8.2	X1CrNi25-21	1.4335	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5	468	2	10			
	8.2	X3CrNiMoTi25-25	1.4577	SEW 400		2				
	8.2	X6CrNi23-13	1.4950	DIN EN 10028-7		2				
	8.2	X6CrNi25-20	1.4951	DIN EN 10028-7		2				
	8.2	X5NiCrAlTi31-20	1.4958	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5		2				
	8.2	X8NiCrAlTi32-21	1.4959	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5		2				
	8.2	X2NiCrAlTi32-20	1.4558	DIN EN 10216-5		2				
7	Ferritfreie austenitische nichtrostende Stahlsorten, jedoch gegebenenfalls mit Ferritanteilen im Schweißgut und austenitische, korrosionsbeständige Stahlsorten der Prüfgruppe 6, soweit sie mit Schweißzusätzen mit ≤ 3 % Deltaferrit im Schweißgut verschweißt werden.									
	8.1	X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272	405	2	10			
	8.1	X8CrNiNb16-13	1.4961	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5		2				
	8.1	X8CrNiMoNb16-16	1.4981	DIN EN 10216-5		2				
	8.1	X8CrNiMoVNb16-13	1.4988	DIN EN 10216-5		2				
	8.2	X1CrNiMoN25-22-2	1.4466	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5	415	2	10			
	8.2	X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272	502	2	10			
	8.2	X1NiCrMoCuN25-20-5	1.4539	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-5, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272	421	2				
	8.2	X1NiCrMoCu31-27-4	1.4563	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10272	483	2	10			

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1a (*fortgesetzt*)

Prüfgruppe	Werkstoffuntergruppe[2]	Stahlsorte[5]		Werkstoffspezifikation		in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W				
		Kurzname	Werkstoffnummer	DIN EN, DIN, SEW	VdTÜV-Werkstoffblatt					
8	Ferritisch-austenitische nichtrostende Stahlsorten									
	10.1	X2CrNiN23-4	1.4362	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10272	496	2				
	10.1	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272	418	2				
	10.1	X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10272		2				
	10.2	X2CrNiMoN25-7-4	1.4410	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10222-5, DIN EN 10272		2				
	10.2	X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	DIN EN 10028-7, DIN EN 10216-5, DIN EN 10217-7, DIN EN 10272		2				
	10.2	X2CrNiMoSi18-5-3	1.4510	DIN EN 10216-5		2				

1) Stahlsorten für Verbindungselemente sind nicht aufgeführt, da deren Weiterverarbeitung und Prüfung nicht in den AD 2000-Merkblättern der Reihe HP geregelt wird.

2) Werkstoffuntergruppen nach DIN V 1738:2000-07 (CR ISO 15608:2000)

3) Die Stahlsorte ist keiner Werkstoffuntergruppe zuzuordnen.

4) Werden die Stähle der Prüfgruppen 5.1 bis 5.4 bei Einhaltung der im AD 2000-Merkblatt W 10 festgelegten Regelungen bei tiefsten Anwendungstemperaturen ≥ -10 °C eingesetzt, gelten die Regelungen der Prüfgruppen 1 bis 3.

5) Stahlsorten umfassen auch Stahlgusssorten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1b zu AD 2000-Merkblatt HP 0, Ausgabe Februar 2013

Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen, Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfungen (Stahl)

Prüf-gruppe[1]	Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen. Auf eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen kann verzichtet werden, wenn die nach Wanddicken und Stahlsorten gegliederten zusätzlichen Anforderungen in der Spalte 4 erfüllt sind.			Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfung																			
				Arbeitsprüfung										Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung								Oberflächenprüfung		
							$S \leq 15$ mm Anzahl der Biegeproben	$S > 15$ mm Kerbschlagproben[4]							Prüfumfang			Prüfverfahren und Prüfklasse in Abhängigkeit von der Wanddicke in Spalten 16, 17, 18		Stutzen und Kehlnähte[7]		Prüfumfang in Abhängigkeit von der Wanddicke für LN, St und RN		Prüfverfahren für Spalte 22
	Wanddicken-begrenzung	Stahlsorten innerhalb der jeweiligen Prüfgruppe	Sonstige zusätzliche Anforderungen	Wärmebehandlungszustand[2] nach dem Schweißen	Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht[3]	Wanddicke des Behälter-mantels oder Dicke des Anschlussquerschnittes		Prüftemperatur	Anzahl Schweißgut	Anzahl Übergang	Querzugproben Anzahl	Warmzugversuch bzw. Analyse[5], Anzahl	Gefügeuntersuchung, Anzahl und Art	Anzahl der Probeplatten nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2	LN[6]	St[6]	RN[6]	Wanddicke		Prüfumfang	Prüfverfahren und Prüfklasse				
	mm				%	mm		°C						Abschnitt	%	%	%	mm		%		mm	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20	21	22		23
1[8]	≤ 30	alle	keine	U	100	≤ 30 > 30 ≤ 38[9] > 38 ≤ 50[9]	2 – –	wie für den Grundwerkstoff festgelegt	3 3 3	– – –	– 1 1	– 1 1	1 Makro	3.1 bzw. 4	100[10] 100 100	100 100 100	25[11] 25 25	≤ 30 > 30 ≤ 60 > 60 ≤ 90 > 90	RT (A) oder UT (A) RT (B) oder UT (B) UT (B) UT (C)	[15] 10[16] 10[16]	Stutzen- und Kehlnähte sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Bei Stutzen mit Innendurchmessern ≥ 120 mm und einer Dicke des Anschlussquerschnitts über 15 mm ist zusätzlich eine Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung durchzuführen. Für die Auswahl des Prüfverfahrens nach Spalte 19 ist das Maß t (siehe AD 2000-Merkblatt HP 5/3, Bilder 1 bis 3) zugrunde zu legen. Kehlnähte mit a-Maßen über 15 mm sind zusätzlich mit Ultraschall zu prüfen, anstelle der Wanddicke ist das a-Maß für die Wahl der Prüfklasse einzusetzen.	> 50	10	MT
	> 30 ≤ 38	Grund- und warmfeste Reihe der Feinkornbaustähle sowie Stahlsorten, die nach Werkstoffspezifikation gleiche Mindestanforderungen an die Kerbschlagarbeit erfüllen	keine																					
	> 38 ≤ 50	Alle Stahlsorten mit einer festgelegten Kerbschlagarbeit ≥ 31 J bei 0 °C in Querrichtung (Probe mit V-Kerb)	einfache geometrische Form (Kugel, Zylinder); 100 % zerstörungsfreie Prüfung; Beanspruchung bei Druckprüfung ≥ 0,85 $R_{e\,min}$ bei Raumtemperatur; besondere Sprödbruchuntersuchung. Teile mit Stutzen und Anschweißteilen sind vorher wärmezubehandeln	W	100	≤ 30 > 30 ≤ 50 > 50	2 – –		3 3 3	– – –	– – 1	– – 1	1 Makro		100[10] 100[10] 100	100 100 100	25[10] 25[10] 25			[15] 10[16] 17) 10[16]					
				U, W	85	≤ 15 > 15 ≤ 30	2 –		– 3	– 3	– –	– –	1 Makro	3.2 bzw. 4	2[12] 10[14]	11) 100[14]	2[11] 2[11]			[15] [15]					
2	≤ 30	Grund- und warmfeste Reihe der Feinkornbaustähle sowie Stahlsorten, die nach Werkstoffspezifikation gleiche Mindestanforderungen an die Kerbschlagarbeit erfüllen	keine	U	100	≤ 15 > 15 ≤ 30	2 –		– 3	– 3	1 1	1 1	1 Makro	3.1 bzw. 4	100[10] 100	100 100	25[10] 25	≤ 50 > 50 ≤ 70 > 70	RT (B) oder UT (B) UT (B) UT (C)	10[16] 10		> 30 ≤ 70 > 70	10 25	MT
				W	100	≤ 30 > 30	2 –		3 3	3 3	1 1	1 1	1 Makro		100[10] 100	100 100	25[10] 25			10[16] 10				
3	≤ 30	alle	keine	U	100	≤ 30	2		3	3	1	1	1 Makro	3.1 bzw. 4	100	100	100	≤ 20 > 20 ≤ 40 > 40	RT (B) oder UT (B) UT (B) und RT (B) oder UT (C) UT (C)	100		≤ 20 > 20	10 25	MT
	warmfeste Stahlsorten 20MnMoNi4-5, 15NiCuMoNb5-6-4, 12MnNiMo5-5, 13MnNiMo5-4, 11NiMoV5-3, 17MnMoV6-4 siehe Eignungsfeststellung			W	100	≤ 50 > 50	2 –		3 3	– 3	1 1	1 1	1 Makro		100 100	100 100	100 100			100 100				
4.1	Wärmebehandlung nach dem Schweißen erforderlich			W	100	≤ 30 > 30	2 –		3 3	– 3	1 1	1 1	1 Makro	3.1 bzw. 4	100[10] 100	100 100	25[10] 25	≤ 50 > 50 ≤ 70 > 70	RT (B) oder UT (B) UT (B) UT (C)	25[10] 25		> 30 ≤ 70 > 70	10 25	MT
4.2	Wärmebehandlung nach dem Schweißen erforderlich			W	100	alle	2		3[18]	3	1	1	1 Makro	3.1 bzw. 4	100	100	100	≤ 20 > 20 ≤ 40 > 40	RT (B) oder UT (B) UT (B) und RT (B) oder UT (C) UT (C)	100		≤ 20 > 20	10 25	MT

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1b zu AD 2000-Merkblatt HP 0 (Fortsetzung), Ausgabe Februar 2013

Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen, Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfungen (Stahl)

Prüfgruppe[1]	Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen. Auf eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen kann verzichtet werden, wenn die nach Wanddicken und Stahlsorten gegliederten zusätzlichen Anforderungen in der Spalte 4 erfüllt sind.			Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfung																		
				Arbeitsprüfung										Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung							Oberflächenprüfung	
								$S > 15$ mm Kerbschlagproben[4]						Prüfumfang			Prüfverfahren und Prüfklasse in Abhängigkeit von der Wanddicke in Spalten 16, 17, 18		Stutzen und Kehlnähte[7]		Prüfumfang in Abhängigkeit von der Wanddicke für LN, St und RN		Prüfverfahren für Spalte 22
	Wanddickenbegrenzung	Stahlsorten innerhalb der jeweiligen Prüfgruppe	Sonstige zusätzliche Anforderungen	Wärmebehandlungszustand[2] nach dem Schweißen	Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht[3]	Wanddicke des Behältermantels oder Dicke des Anschlussquerschnittes	$S \leq 15$ mm Anzahl der Biegeproben	Prüftemperatur	Anzahl Schweißgut	Anzahl Übergang	Querzugproben Anzahl	Warmzugversuch bzw. Analyse[5], Anzahl	Gefügeuntersuchung, Anzahl und Art	Anzahl der Probeplatten nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2	LN[6]	St[6]	RN[6]	Wanddicke		Prüfumfang	Prüfverfahren und Prüfklasse				
	mm				%	mm		°C						Abschnitt	%	%	%	mm		%		mm	%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20	21	22		23
5.1	≤ 30	Alle außer Stahlguss	keine	U	100	≤ 30 > 30 ≤ 38[9] > 38 ≤ 50[9]	2[19] – –	Bei Ausnutzung der tiefsten Anwendungstemperaturen nach AD 2000-Merkblatt W 10 ist bei den dort in Tafel 1, Sp. 9 genannten Prüftemperaturen zu prüfen. Liegt die Betriebstemperatur oberhalb der tiefsten Anwendungstemperatur nach Beanspruchungsfall I, so braucht nur bei tiefster vorgesehener Betriebstemperatur geprüft zu werden. Bei den Beanspruchungsfällen II und III nach AD 2000-Merkblatt W 10 gilt für die Prüftemperatur die gleiche Temperaturdifferenz wie für den Grundwerkstoff.	3[19] 3[19] 3[19]	3[19] 3[19] 3[19])	– 1 1	– – 1	1 Makro	3.1 bzw. 4	100[10] 100 100	100 100 100	25[11] 25 25			15) 10[16] 10[16]					
	Bei Stahlguss ist eine Wärmehandlung nach dem Schweißen erforderlich																							
	> 30 ≤ 38	Grund- und warmfeste Reihe der Feinkornbaustähle sowie Stahlsorten (außer Stahlguss), die nach Werkstoffspezifikation gleiche Mindestanforderungen an die Kerbschlagarbeit erfüllen	keine	W	100	≤ 30 > 30 ≤ 50 > 50	2[19] – –		3[19] 3[19] 3[19]	3[19] 3[19] 3[19]	– – 1	– – –	1 Makro	3.1 bzw. 4	100[10] 100[10] 100	100 100 100	25[10] 25[10] 25	≤ 30 > 30 ≤ 60 > 60 ≤ 90 > 90	RT (A) oder UT (A) RT (B) oder UT (B) UT (B) UT (C)	15) 10[16) 17)] 10[16]		> 50 ≤ 90 > 90	10 25	MT
	> 38 ≤ 50	Alle Stahlsorten (außer Stahlguss) mit einer festgelegten Kerbschlagarbeit ≥ 31 J bei 0 °C in Querrichtung (Probe mit V-Kerb)	einfache geometrische Form (Kugel, Zylinder); 100 % zerstörungsfreie Prüfung; Beanspruchung bei Druckprüfung ≥ 0,85 $R_{e\,min}$ bei Raumtemperatur; besondere Sprödbruchuntersuchung; Teile mit Stutzen und Anschweißteilen sind vorher wärmezubehandeln	U, W	85	≤ 15 > 15 ≤ 30	2[19] –		3[19] 3[19]	3[19] 3[19]	– –	– –	1 Makro	3.2 bzw. 4	2[12] 10[14]	13) 100[14]	2[13] 2[13]			15) 15)					
5.2	≤ 30	alle	keine	U	100	≤ 15 > 15 ≤ 30	2[19] –		3[19] 3[19]	3[19] 3[19]	1 1	– –	1 Makro	3.1 bzw. 4	100[10] 100	100 100	25[10] 25	≤ 50 > 50 ≤ 70 > 70	RT (B) oder UT (B) UT (B) UT (C)	10[16] 10	Stutzen- und Kehlnähte sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Bei Stutzen mit Innendurchmessern ≥ 120 mm und einer Dicke des Anschlussquerschnitts über 15 mm ist zusätzlich eine Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung durchzuführen. Für die Auswahl des Prüfverfahrens nach Spalte 19 ist das Maß t (siehe AD 2000-Merkblatt HP 5/3, Bilder 1 bis 3) zugrunde zu legen. Kehlnähte mit *a*-Maßen über 15 mm sind zusätzlich mit Ultraschall zu prüfen, anstelle der Wanddicke ist das *a*-Maß für die Wahl der Prüfklasse einzusetzen.		> 30 ≤ 70 > 70	10 25	MT
				W	100	≤ 30 > 30	2[19] –		3[19] 3[19]	3[19] 3[19]	1 1	– –	1 Makro		100[10] 100	100 100	25[10] 25			10[16] 10					
5.3	≤ 30	alle	keine	U	100	≤ 30	2[19]		3[19]	3[19]	1	–	1 Makro	3.1 bzw. 4	100	100	100	≤ 20 > 20 ≤ 40 > 40	RT (B) oder UT (B) UT (B) und RT (B) oder UT (C) UT (C)	100		> 20	25	MT
				W	100	alle	2[19]		3[19]	3[19]	1	–	1 Makro		100	100	100			100				
5.4	≤ 50[20]	X8Ni9/X10Ni9 12Ni14 X12Ni5	mit austenitischen oder nickelbasislegierten Zusätzen geschweißt	U W	100 100	alle alle	2[19] 2[19]		3[19] 3[19]	3[19] 3[19]	1 1	– –	1 Makro	3.1 bzw. 4	100 100	100 100	25 25	mit austenitischen oder nickelbasislegierten Zusätzen geschweißt ≤ 50 > 50 ≤ 70 > 70	RT (B) oder UT (B) UT (B) UT (C)	25 25		alle	10	PT
	Bei Stahlguss ist eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen erforderlich.																							
	≤ 30	12Ni14 X12Ni5	artgleich geschweißt															artgleich geschweißt ≤ 20 > 20 ≤ 40 > 40	RT (B) oder UT (B) UT (B) und RT (B) oder UT (C) UT (C)					
	Bei Stahlguss ist eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen erforderlich.																							
6	keine	alle	Die in Abschnitt 4 des AD 2000-Merkblattes HP 7/3 genannten Bedingungen sind zu beachten	U	100	alle	2	wie für den Grundwerkstoff festgelegt[21]	3	–	1	1	1 Makro (IK-Beständigkeit[22])	3.1 bzw. 4	100[10]	100	25[10]	≤ 30 > 30 ≤ 60 > 60 ≤ 90 > 90	RT (A) oder UT (A) RT (B) oder UT (B) UT (B) UT (C)	15)		> 30 ≤ 90 > 90	10 25	PT
				W	100	≤ 50 > 50	2 –		3 3	– –	1 1	1 1	1 Makro (IK-Beständigkeit[22])		100[10] 100	100 100	25[10] 25			15)				
				U, W	85	≤ 15 > 15 ≤ 30	2 –	wie für den Grundwerkstoff festgelegt	– 3	– –	– –	– –	1 Makro (IK-Beständigkeit[22])	3.2 bzw. 4	2[12] 10[14]	13) 100[14]	2[13] 2[13]			15)				

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1b zu AD 2000-Merkblatt HP 0 (Fortsetzung), Ausgabe Februar 2013

Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen, Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfungen (Stahl)

Prüf-gruppe[1]	Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen. Auf eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen kann verzichtet werden, wenn die nach Wanddicken und Stahlsorten gegliederten zusätzlichen Anforderungen in der Spalte 4 erfüllt sind.			Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfung																				
				Arbeitsprüfung										Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung								Oberflächenprüfung		
								$S > 15$ mm Kerbschlagproben[4]						Prüfumfang			Prüfverfahren und Prüfklasse in Abhängigkeit von der Wanddicke in Spalten 16, 17, 18		Stutzen und Kehlnähte[7]		Prüfumfang in Abhängigkeit von der Wanddicke für LN, St und RN		Prüfverfahren für Spalte 22
	Wanddicken-begrenzung	Stahlsorten innerhalb der jeweiligen Prüfgruppe	Sonstige zusätzliche Anforderungen	Wärmebehandlungszustand[2] nach dem Schweißen	Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht[3]	Wanddicke des Behälter-mantels oder Dicke des Anschlussquerschnittes	$S \leq 15$ mm Anzahl der Biegeproben	Prüftemperatur	Anzahl Schweißgut	Anzahl Übergang	Querzugproben Anzahl	Warmzugversuch bzw. Analyse[5], Anzahl	Gefügeuntersuchung, Anzahl und Art	Anzahl der Probeplatten nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2	LN[6]	St[6]	RN[6]	Wanddicke		Prüfumfang	Prüfverfahren und Prüfklasse				
	mm				%	mm		°C						Abschnitt	%	%	%	mm		%		mm	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20	21	22		23
7	keine	alle		U W	100 100	alle alle	2 2	wie für den Grundwerkstoff festgelegt	3 3	– –	1 1	1 1	1 Mikro (IK-Beständigkeit[22])	3.1 bzw. 4	100 100	100 100	25 25	≤ 50 > 50 ≤ 70 > 70	RT (B) oder UT (B) UT (B) UT (C)	10 10		< 70 ≥ 70	10 25	PT
8	keine	alle	keine	U	100 85	alle alle	2 2		3 3	3 3	1 1	– –	1 Mikro 1 Mikro	3.1 bzw. 4 3.2 bzw. 4	100 25	100 100	25 10	≤ 30 > 30 ≤ 60	RT (A) oder UT (A) RT (B) oder UT (B)	10 15)		≤ 60	25	MP oder PT[23]

1) Werden Teile aus verschiedenen Prüfgruppen miteinander verschweißt, so ist die Gruppe mit dem größeren Prüfumfang maßgebend.

2) U = ungeglüht, W = wärmebehandelt

3) Gilt unabhängig von den Beanspruchungsfällen nach AD 2000-Merkblatt W 10

4) Probenlage und Kerbrichtung VWT (Schweißgut) bzw. VHT (Übergang) nach DIN EN 875

5) Warmzugversuch nach DIN EN 876 mit Prüfbedingungen nach DIN EN 10002-5 bei zulässiger maximaler Temperatur an Längsproben aus dem Schweißgut oder Analyse des Schweißgutes, wenn die zulässige maximale Temperatur > 350 °C ist; bei Feinkornbaustählen Warmzugversuch wie genannt, wenn die zulässige maximale Temperatur > 200 °C ist.

6) LN = Längsnähte, drucktragende Schweißnähte in Halbkugelböden sowie deren Anschlussnaht zum Behältermantel und sonstige vollbeanspruchte Stumpfnähte
RN = Rundnähte, Stumpfnähte und überlappt geschweißte Kehlnahtschweißungen nach AD 2000-Merkblatt HP 1 Abschnitt 2.4; bei geschweißten Böden siehe AD 2000-Merkblatt HP 5/2 Abschnitt 5
St = Stoßstellen zwischen LN und RN sowie zwischen LN und LN

7) KN = die zu prüfenden Kehlnähte sind Anschlussnähte von Anschweißteilen einschließlich Montagehilfen an die drucktragende Wand
StN = Stutzennähte

8) Wenn Laugenrissbeständigkeit gefordert, ist der Prüfumfang entsprechend zu erweitern.

9) Bei Einhaltung der Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen

10) Bei nachgewiesener Erfahrung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Abschnitt 2.2.1 vermindert sich der Prüfumfang auf 10 %.

11) Bei nachgewiesener Erfahrung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Abschnitt 2.2.1 vermindert sich der Prüfumfang auf 2 %. Im Allgemeinen genügt es dann, zur Erfassung der Rundnähte bei der stichprobenweisen Prüfung der Längsnähte die Stoßstellen mit zu erfassen.

12) Die Prüfung erfolgt an der Nahtlänge nicht objektgebunden. Die Prüfungen sind unter Berücksichtigung der Fertigungsgegebenheiten (z. B. Auslastung) über den Fertigungszeitraum eines Jahres möglichst gleichmäßig zu verteilen. Dieses ist der zuständigen unabhängigen Stelle nachzuweisen. Bei der Abnahme von Serienprodukten erfolgt die Auswahl im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle unter Berücksichtigung der Fertigungsgegebenheiten (z. B. Schichtbetrieb, Fertigungslinien).

13) Im Allgemeinen genügt es zur Erfassung der Stoßstellen und der Rundnähte, bei der stichprobenweisen Prüfung der Längsnähte die Stoßstellen mit zu erfassen.

14) Bei nachgewiesener Erfahrung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Abschnitt 2.2.1 verringert sich bei den Prüfgruppen 1, 5.1 und 6 der Prüfumfang entsprechend den Festlegungen für den Wanddickenbereich ≤ 15 mm.

15) Gibt die Besichtigung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Abschnitt 2.1 Anlass zu Zweifeln, ist eine zerstörungsfreie Prüfung durchzuführen.

16) Sind an einem Behälter mehr als zehn in Bezug auf Abmessung und Einschweißart gleichartige Stutzen vorhanden, so kann der Prüfumfang auf 5 % der Stutzennähte verringert werden; es sind jedoch mindestens zwei Stutzennähte zu prüfen.

17) Bei nachgewiesener Erfahrung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Abschnitt 2.2.1 ist eine zerstörungsfreie Prüfung nur dann durchzuführen, wenn die Besichtigung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Abschnitt 2.1 zu Zweifeln Anlass gibt.

18) Bei dem Stahl X20CrMoV11-1 ist die Kerbschlagarbeit bei Wanddicken ≥ 5 mm zu prüfen.
Zusätzlich ist die Härte jeder Schweißnaht zu prüfen.

19) Die Kerbschlagarbeit ist ab Wanddicken ≥ 5 mm zu prüfen.
Bei Wanddicken < 5 mm ist der technologische Biegeversuch durchzuführen.

20) Eine Wärmebehandlung bedeutet nicht immer eine Verbesserung der Eigenschaften. Auch bei Wanddicken > 50 mm ist ein Verzicht auf Wärmebehandlung zu erwägen. Es sind besondere Vereinbarungen zu treffen.

21) Bei Anwendung im Temperaturbereich unter –10 °C entsprechend AD 2000-Merkblatt W 10.

22) Soweit vom Besteller gefordert.

23) Das Magnetpulver-Verfahren ist bevorzugt anzuwenden, wenn eine ausreichende relative Permeabilität μ_r gegeben ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2a zu AD 2000-Merkblatt HP 0, Ausgabe Februar 2013

Beispiele der Zuordnung von Aluminium und Aluminiumlegierungen in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W 6/1 zu den Prüfgruppen der Tafel 2b und zu den Werkstoffuntergruppen[1].

Prüfgruppe	Werkstoffuntergruppe[1]	Aluminium, Aluminiumlegierung		Werkstoffspezifikation	
		Chemisches Symbol	Numerisches Symbol	DIN EN	VdTÜV-Werkstoffblatt
Al 1	Reinaluminium mit ≤ 1 % Verunreinigungen oder Legierungsbestandteilen				
	21	EN AW-Al 99,98	EN AW-1098	573-3	
	21	EN AW-Al 99,8	EN AW-1080A	573-3	
	21	EN AW-Al 99,7	EN AW-1070A	573-3	
	21	EN AW-Al 99,5	EN AW-1050A	573-3	
Al 2	Nicht aushärtbare Aluminiumlegierungen				
	22.1	EN AW-Al Mn1Cu	EN AW-3003	573-3	387
	22.1	EN AW-Al Mn1[2]	EN AW-3103	573-3	420/4
	22.3	EN AW-Al Mg3Mn	EN AW-5454		386
	22.3	EN AW-Al Mg3	EN AW-5754	573-3	
	22.3	EN AW-Al Mg2Mn0,8[3]	EN AW-5049	573-3	487
	22.4	EN AW-Al Mg4,5Mn0,7[4]	EN AW-5083	573-3	255
Al 3	Aushärtbare Aluminiumlegierungen				
	23.1	EN AW-Al MgSi[5]	EN AW-6060	573-3	420/4, 428, 492
	23.1	EN AW-Al Si1MgMn[6]	EN AW-6082		240, 423, 493

1) Werkstoffuntergruppen nach DIN V 1738:2000-07 (CR ISO 15608:2000)

2) Das VdTÜV-Werkstoffblatt nimmt Bezug auf die Aluminiumlegierung AlMn / 3.0515

3) Das VdTÜV-Werkstoffblatt nimmt Bezug auf die Aluminiumlegierung AlMg2Mn0,8 / 3.3527

4) Das VdTÜV-Werkstoffblatt nimmt Bezug auf die Aluminiumlegierung AlMg4,5Mn

5) Die VdTÜV-Werkstoffblätter nehmen Bezug auf die Aluminiumlegierung AlMgSi0,5 / 3.3206

6) Die VdTÜV-Werkstoffblätter nehmen Bezug auf die Aluminiumlegierung AlMgSi1 / 3.2315

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2b zu AD 2000-Merkblatt HP 0, Ausgabe Februar 2013

Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen, Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfungen (Aluminium und Aluminiumlegierungen)

Prüf-gruppe[1]	Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen. Auf eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen kann verzichtet werden, wenn die nach Wanddicken und Stahlsorten gegliederten zusätzlichen Anforderungen in der Spalte 4 erfüllt sind.			Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfung																
							Arbeitsprüfung								Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung					
								$S > 15$ mm Kerbschlagproben[4][24]							Prüfumfang			Prüfverfahren und Prüfklasse in Abhängigkeit von der Wanddicke in Spalten 16, 17, 18	Stutzen und Kehlnähte[7]	
	Wanddicken-begrenzung	Werkstoffsorten innerhalb der jeweiligen Prüfgruppe	Sonstige zusätzliche Anforderungen	Wärmebehandlungszustand[2] nach dem Schweißen	Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht[3]	Wanddicke des Behältermantels oder Dicke des Anschluss-querschnittes	Anzahl der Biegeproben	Prüftemperatur	Anzahl Schweißgut	Anzahl Übergang	Querzugproben Anzahl	Warmzugversuch bzw. Analyse[5], Anzahl	Gefügeuntersuchung, Anzahl und Art	Anzahl der Probeplatten nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2	LN[6]	St[6]	RN[6]	Wanddicke	Prüfumfang	Prüfverfahren und Prüfklasse
	mm				%	mm		°C						Abschnitt	%	%	%	mm	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Al 1	keine	alle	keine	U, W	100	≤ 50[25]	2[26]	–	–	–	1	–	1 Makro	3.1 bzw. 4	100[10]	100	25[11]	– RT (B) oder UT (B)	10[16]	Stutzen- und Kehlnähte sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Bei Stutzen mit Innendurchmessern ≥ 120 mm und einer Dicke des Anschluss-querschnitts über 15 mm ist zusätzlich eine Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung durch-zuführen. Für die Auswahl des Prüfverfahrens nach Spalte 19 ist das Maß t (siehe AD 2000-Merkblatt HP 5/3, Bilder 1 bis 3) zugrunde zu legen. Kehlnähte mit a-Maßen über 15 mm sind zusätzlich mit Ultraschall zu prüfen, anstelle der Wanddicke ist das a-Maß für die Wahl der Prüfklasse einzusetzen.
				U, W	100	> 50[25]	entsprechend der Eignungsfeststellung								100	100	25	– RT (B) oder UT (B)	10[16]	
				U, W	85	≤ 50[25]	2[26]	–	–	–	1	–	1 Makro	3.2 bzw. 4	2[12]	[13]	2[13]	– RT (B) oder UT (B)	[15]	
Al 2	keine	alle	keine	U, W	100	≤ 50[25]	2[26]	wie für den Grundwerkstoff festgelegt	3	1	1	–	1 Makro	3.1 bzw. 4	100[10]	100	25[10]	– RT (B) oder UT (B)	10[16][29]	
				U, W	100	> 50[25]	entsprechend der Eignungsfeststellung								100	100	25			
				U, W	85[27]	≤ 50[25]	2[26]	wie für den Grundwerkstoff festgelegt	3	1	1	–	1 Makro	3.2 bzw. 4	2[12]	[13]	2[13]			
Al 3	keine	alle	keine	U, W	100	≤ 10	entsprechend der Eignungsfeststellung								100	100	100[28]	– RT (B) oder UT (B)	100	

Fußnoten 1) bis 23) siehe Tafel 1b

24) Die Prüfung der Kerbschlagzähigkeit erfolgt nur bei Druckgeräten, bei denen mit stoßartiger Beanspruchung gerechnet werden muss.

25) Über 30 mm Wanddicke liegen zz. nur wenige schweißtechnische und prüftechnische Erfahrungen vor.

26) Für Dicken > 15 mm Seitenbiegeprobe nach DIN EN ISO 5173

27) Gilt bei der Aluminiumlegierung EN AW-5083 nur bei nachgewiesener Erfahrung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2 Abschnitt 3.1.3.

28) Bei Rundnähten bis zu einem äußeren Durchmesser von 50 mm genügt ein Prüfumfang von 10 %.

29) Für Kehlnähte zwischen den Verbindungen nichttragender Elemente, wie z. B. innen liegenden Tragringen, und der Behälterwand kann auf eine Oberflächenprüfung verzichtet werden, sofern die Besichtigung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 keinen Anlass zu Zweifeln gibt und mindestens an 300 m solcher Nähte Oberflächenprüfungen mit zufriedenstellenden Ergebnissen durchgeführt wurden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3a zu AD 2000-Merkblatt HP 0, Ausgabe Februar 2013

Beispiele der Zuordnung von Nickel und Nickellegierungen sowie Titan, Zirkonium, Tantal, Hafnium zu den Prüfgruppen der Tafel 3b und zu den Werkstoffuntergruppen[1].

Prüfgruppe	Werkstoff-untergruppe[1]	Werkstoffsorte		Werkstoffspezifikation	
		Chemisches Symbol	Werkstoffnummer	DIN EN DIN	VdTÜV-Werkstoffblatt
Ni 1	Reinnickel				
	41	LC Ni 99	2.4068	DIN 17740	345
Ni 2	Nickellegierungen				
	42	NiCu 30 Fe	2.4360	DIN 17743	263
	43	NiCr 15 Fe	2.4816	DIN 17742	305
	43	NiCr 25 Fe AlY	2.4633		540
	43	NiCr 28 Fe SiCe	2.4889		519
	43	NiCr 21 Mo 14W	2.4602		479
	43	NiCr 21 Mo 16W	2.4606		515
	43	NiCr 22 Mo 9Nb	2.4856	DIN 17744	499 (541)
	43	NiCr 23 Mo 16 Al	2.4605		505
	43	NiCr 23 Mo 16 Cu	2.4675		539
	44	NiMo 16 Cr 15 W	2.4819	DIN 17744	400
	44	NiMo 16 Cr 16 Ti	2.4610	DIN 17744	424
	44	NiMo 28	2.4617	DIN 17744	436
	44	NiMo 29 Cr	2.4600		512/517
	45	NiCr 21 Mo	2.4858	DIN 17744	432
	45	X10NiCrAlTi32-21	1.4876		412
	46	NiCr 23 Co 12 Mo	2.4663		485
Ti 1	Reaktive Metalle wie Titan, Zirkonium, Tantal, Hafnium				
	51.1	Ti 1	3.7025	DIN 17850	230
	51.1	Ti 2	3.7035	DIN 17850	230
	51.2	Ti 3	3.7055	DIN 17850	230
	51.3	Ti 4	3.7065	DIN 17850	230
	52	Ti 1 Pd	3.7225	DIN 17851	230
	52	Ti 2 Pd	3.7235	DIN 17851	230
	52	Ti 3 Pd	3.7255	DIN 17851	230
	61	Zirkonium, unlegiert			480
	2)	Tantal-ES und Tantal-GS			382
	2)	Tantal 2,5 Wolfram			507

1) Werkstoffuntergruppen nach DIN V 1738:2000-07 (CR ISO 15608:2000)

2) Dieser Werkstoff ist keiner Werkstoffuntergruppe zuzuordnen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3b zu AD 2000-Merkblatt HP 0, Ausgabe Februar 2013

Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen, Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfungen
(Nickel und Nickelbasislegierungen sowie reaktive Metalle wie Titan, Tantal, Zirkonium)

Prüfgruppe[1]	Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen. Auf eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen kann verzichtet werden, wenn die nach Wanddicken und Stahlsorten gegliederten zusätzlichen Anforderungen in der Spalte 4 erfüllt sind.			Art und Umfang der Arbeitsprüfungen und der zerstörungsfreien Prüfung															
							Arbeitsprüfung								Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung					
								$S > 15$ mm Kerbschlagproben[4]							Prüfumfang			Prüfverfahren und Prüfklasse in Abhängigkeit von der Wanddicke in Spalten 16, 17, 18	Stutzen und Kehlnähte[7]	
	Wanddickenbegrenzung	Werkstoffsorten innerhalb der jeweiligen Prüfgruppe	Sonstige zusätzliche Anforderungen	Wärmebehandlungszustand[2] nach dem Schweißen	Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht[3]	Wanddicke des Behältermantels oder Dicke des Anschlussquerschnittes	$S \leq 15$ mm Anzahl der Biegeproben	Prüftemperatur	Anzahl Schweißgut	Anzahl Übergang	Querzugproben Anzahl	Warmzugversuch bzw. Analyse[5], Anzahl	Gefügeuntersuchung, Anzahl und Art	Anzahl der Probeplatten nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2	LN[6]	St[6]	RN[6]	Wanddicke	Prüfumfang	Prüfverfahren und Prüfklasse
	mm				%	mm		°C						Abschnitt	%	%	%	mm	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ni 1	keine	alle	keine	U, W	100	alle	2	wie für den Grundwerkstoff festgelegt	3	–	1	1	1 Makro	3.1 bzw. 4	100	100	25	≤ 30 RT (A) oder UT (A) > 30 ≤ 60 RT (B) oder UT (B)	10	Stutzen- und Kehlnähte sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Bei Stutzen mit Innendurchmessern ≥ 120 mm und einer Dicke des Anschlussquerschnitts über 15 mm ist zusätzlich eine Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung durchzuführen. Für die Auswahl des Prüfverfahrens nach Spalte 19 ist das Maß *t* (siehe AD 2000-Merkblatt HP 5/3, Bilder 1 bis 3) zugrunde zu legen. Kehlnähte mit *a*-Maßen über 15 mm sind zusätzlich mit Ultraschall zu prüfen, anstelle der Wanddicke ist das *a*-Maß für die Wahl der Prüfklasse einzusetzen.
				U, W	85	alle	2		3	–	–	–	1 Makro	3.2 bzw. 4	25	100	10	≤ 30 RT (A) oder UT (A) > 30 ≤ 60 RT (B) oder UT (B)	15)	
Ni 2	keine	alle	keine	U, W	100	alle	2		3	3[30]	1	1	1 Mikro (IK-Beständigkeit[30])	3.1 bzw. 4	100	100	25	≤ 50 RT (B) oder UT (B) und Oberflächenprüfung	10	
Ti 1	siehe Eignungsfeststellung			U, W	100	alle	2		3	–	1	–	1 Mikro	3.1 bzw. 4	100	100	25	≤ 15 RT (B) und Oberflächenprüfung	10	

Fußnoten 1) bis 23) siehe Tafel 1b, Fußnoten 24) bis 29) siehe Tafel 2b

30) Nur bei NiMo16Cr15W, NiMo16Cr16Ti, NiMo28

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juni 2014**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Auslegung und Gestaltung**	**AD 2000-Merkblatt HP 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Auslegung und Gestaltung 2
3 Aufdachungen und Einziehungen 3
4 Örtliche Wanddickenunterschreitungen 4
Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt HP 1 6

Ersatz für Ausgabe Juli 2012; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt enthält Festlegungen für Auslegung und Gestaltung geschweißter Druckbehälter oder Druckbehälterteile und damit verbundene Prüfungen.

2 Auslegung und Gestaltung

Für die schweißtechnische Verarbeitung ist die Normenreihe DIN EN 1011 zu berücksichtigen. Für die schweißtechnische Gestaltung gelten DIN EN 1708 Teil 1 und Teil 3 sowie DIN EN ISO 9692 Teile 1 bis 4.

2.1 Betreiber oder von diesen beauftragte Planer haben darauf zu achten, dass die Gestaltung eines Druckbehälters auch die Durchführung wiederkehrender Prüfungen, soweit diese nach nationalen Vorschriften erforderlich oder vorgesehen sind, ermöglicht.

2.2 Betreiber oder von diesen beauftragte Planer haben mögliche Korrosionsbeanspruchungen, insbesondere in Spalten, bei der Auslegung und Gestaltung zu beachten.

2.3 Längs- und Rundnähte sollten als Stumpfnähte ausgeführt werden. Stumpfnähte müssen über den ganzen Querschnitt voll durchgeschweißt werden. Sind Stumpfnähte an Teilen mit unterschiedlicher Wanddicke auszuführen, so sind die Festlegungen nach den Abschnitten 2.7 und 2.8 des AD 2000-Merkblattes HP 5/1 zu beachten.

2.4 Überlappte Verbindungen mit Kehlnähten[1)] von Mantelschüssen, Böden und Rohren untereinander sind nur in Einzelfällen als Rundnähte bis zu einer Wanddicke von 8 mm zulässig, wenn beide Seiten der Überlappung verschweißt werden.

2.5 Sickennähte sind bis zu einer Wanddicke von 8 mm zulässig.

2.6 Eckstöße mit einseitig geschweißten Nähten sind zu vermeiden.

2.7 Anhäufungen von Schweißnähten und Kreuzungsstöße sind zu vermeiden. Diese Anforderungen gelten als erfüllt, wenn die nachfolgenden Regelungen beachtet werden:

Bei mehrschüssigen Bauteilen sind die Längsnähte gegeneinander versetzt anzuordnen. Der Nahtversatz e_1 soll hierbei mindestens die 3-fache Nennwanddicke s, jedoch nicht kleiner als 100 mm sein (Bild 1). Der Mindestabstand e_2 zwischen benachbarten, nicht miteinander verbundenen Stumpfnähten, z. B. Rund-, Längs-, Meridian-, Sehnen-, Kreisringnähte, muss (1) entsprechen,

$$e_2 = 2{,}5 \cdot \sqrt{D \times s} \qquad (1)$$

jedoch mindestens 50 mm bei Nennwanddicken bis 8 mm und mindestens 100 mm bei Nennwanddicken über 8 mm (Bild 1).

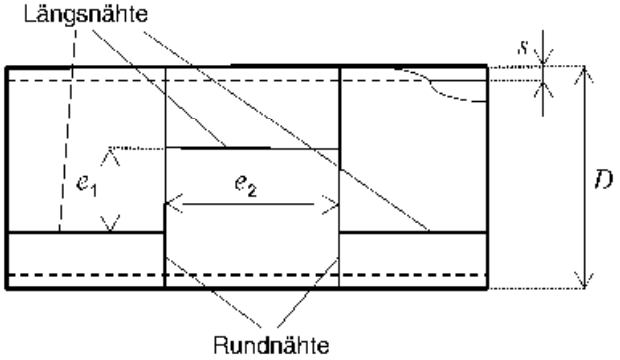


Bild 1 — Stumpfnähte am Mantel

1) Siehe DIN EN ISO 17659, Abschnitt 3.9, Bild 1c.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Schweißnähte für An- oder Einbauteile an Druckbehältern und Druckbehälterteilen, ausgenommen Stutzen und Rohre, sind so anzuordnen, dass der Abstand e_3 zwischen den Rändern der Schweißnähte mindestens Bild 2 entspricht. Prüftechnische Erfordernisse sind zu berücksichtigen.

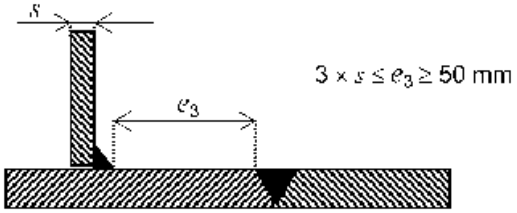


Bild 2 — Abstand zwischen den Nahträndern von Schweißverbindungen

Soweit Anhäufungen von Schweißnähten und Kreuzungsstöße unvermeidlich sind, können eine Wärmebehandlung und/oder eine zerstörungsfreie Prüfung erforderlich werden.

2.8 Bei kaltumgeformten Klöpperböden aus ferritischen Stählen, die entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 7/2 Abschnitt 2.5 nicht wärmebehandelt werden, sind im Bereich der Krempe Erwärmungen auf Temperaturen zwischen 550 °C und 750 °C oder Schweißungen nicht zulässig.

2.9 Bei Druckbehältern, die einer von außen aufgebrachten Schwingbeanspruchung ausgesetzt sind, z. B. durch aufgesetzte Verdichter, soll das unmittelbare Verbinden der Schwingungsquelle über Füße, Konsolen oder ähnliche starre Verbindungen mit der Druckbehälterwandung vermieden werden. Werden durch geeignete Gestaltung an der Verbindungsstelle Spannungsspitzen vermieden oder wird die Schwingung durch geeignete Maßnahmen ausreichend gedämpft, kann auf Unterlegplatten verzichtet werden.

2.10 Spannungserhöhung durch Zusatzkräfte im Sinne des AD 2000-Merkblattes B 0 Abschnitt 4.5 ist zu berücksichtigen.

2.11 Drucktragende Schweißnähte müssen wenigstens einmal im Zuge der Fertigung mit dem jeweils vorgesehenen zerstörungsfreien Prüfverfahren geprüft werden können. Bei der Gestaltung ist zu berücksichtigen, dass einseitig geschweißte Nähte schwierig zu beurteilen sein können.

2.12 Bei Auftreten von Schwingbeanspruchung wird auf die fertigungstechnischen Anforderungen der AD 2000-Merkblätter S 1 und S 2 verwiesen.

2.13 Der mittlere Außendurchmesser zylindrischer Druckbehälter darf, aus dem Umfang errechnet, um nicht mehr als ± 1,5 % von dem festgelegten Außendurchmesser abweichen.

2.14 Die Unrundheit $\frac{2 \cdot (D_{max} - D_{min})}{D_{max} + D_{min}} \cdot 100$ in % soll die nachstehenden Werte nicht überschreiten:

Tafel 1 — Zulässige Unrundheiten

Verhältnis Wanddicke zu Durchmesser	Größte zulässige Unrundheit bei Beanspruchung durch	
	Innendruck	Außendruck
$s/D \leq 0{,}01$	2,0 %	1,5 %
$0{,}01 < s/D \leq 0{,}1$	1,5 %	1,5 %
$s/D > 0{,}1$	1,0 %	1,0 %

Bei der Ermittlung der Unrundheit sind die sich aus dem Eigengewicht ergebenden elastischen Verformungen abzurechnen. Auch einzelne ein- und ausgebeulte Stellen müssen innerhalb der Toleranz liegen. Als zusätzliche Forderung gilt, dass die Beulen einen flachen Verlauf haben müssen und ihre Tiefe, gemessen als Abweichung von der normalen Rundung bzw. von der Metalllinie, 1 % der Beulenlänge bzw. Beulenbreite nicht überschreitet.

2.15 Die Abweichung von der Geraden darf 0,5 % der zylindrischen Länge nicht überschreiten.

2.16 Die Einhaltung der Anforderungen nach den Abschnitten 2.13 und 2.15 wird vom Hersteller geprüft.

2.17 Bei Druckbehältern mit Außendurchmessern > 1200 mm und bei Wanddickenverhältnissen $s/D > 0{,}01$, bei Außendruckbeanspruchung schon bei Außendurchmessern > 200 mm und unabhängig vom Wanddickenverhältnis, sind die Messwerte in ein Maßblatt einzutragen.

3 Aufdachungen und Einziehungen

3.1 Die Feststellung der Aufdachungen und Einziehungen h erfolgt durch Messung des Querschnittsprofils im Bereich von Längsnähten mit geeigneten Prüfmitteln an der Stelle der größten Formabweichungen, ersatzweise in der Mitte eines jeden Mantelschusses und zusätzlich ca. 100 mm von den Enden entfernt, soweit keine Stellen mit ausgeprägten Formabweichungen ersichtlich sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Messlänge soll $\frac{1}{3}\ D_a$ betragen; sie braucht jedoch im Allgemeinen nicht länger als 500 mm zu sein.

3.2 Bei Beanspruchung durch Innendruck sind für Aufdachungen und Einziehungen h = 10 mm bei $D_a/(s_e - c_2) < 40$ und h = 5 mm bei $D_a/(s_e - c_2) \geq 40$ zulässig, sofern die folgenden Bedingungen keine geringeren Werte ergeben:

— Ohne detaillierten Nachweis gelten die Werte nach Tafel 2; bei größeren Aufdachungen und Einziehungen bis $h = s_e - c_2$ kann die Zulässigkeit durch besondere Nachweise nach Abschnitt 3.4 festgestellt werden.

— Im Fall ruhender Innendruckbelastung ist $h \leq s_e - c_2$ zulässig.

Tafel 2 — Zulässige Aufdachungen und Einziehungen h bei Beanspruchung durch Innendruck

$s_e - c_2$ **mm**	**zulässig** h **mm**
$s_e - c_2 < 4$	1,5
$4 \leq s_e - c_2 < 6$	2,5
$6 \leq s_e - c_2 < 9$	3,0
$9 \leq s_e - c_2$	$\frac{1}{3}(s_e - c_2)$

Anstelle von $(s_e - c_2)$ kann auch $(s_e - c_1 - c_2)$ in die genannten Ausdrücke eingesetzt werden.

3.3 Bei Beanspruchungen durch Außendruck gilt ohne detaillierten Nachweis

$$h \leq \frac{1}{6} \cdot (s_e - c_2),$$

im Fall ruhender Außendruckbelastung

$$h \leq \frac{1}{2} \cdot (s_e - c_2).$$

3.4 Detaillierter Nachweis

Von den Werten in Ziffern 3.2 und 3.3 kann abgewichen werden, wenn im Einzelfall detaillierte Kenntnisse über das Verhalten der Formabweichungen, z. B. durch Bauteilversuche, Spannungsanalysen, Betriebserfahrungen, vorliegen.

3.5 Lastwechselbeurteilung

Sofern nach den Kriterien von AD 2000-Merkblatt S 1 eine Lastwechselbeurteilung nach AD 2000-Merkblatt S 2 durchzuführen ist, dient als Basis der Beurteilung eine theoretische oder experimentelle Spannungsanalyse. Aufdachungen und Einziehungen sind hierbei in ihrer jeweiligen Größe, ersatzweise in der Größe nach Tafel 2, zu berücksichtigen.

3.6 Vermeidung von Rissbildung bei Korrosionsbeanspruchung

Falls durch Reaktion mit dem Füllmedium Rissbildung oder Rissbildung in Druckwasserstoff bei Umgebungstemperatur zu erwarten ist, sind besondere Maßnahmen zu treffen. Zur Vermeidung von Rissbildung in Druckwasserstoff bei Umgebungstemperatur sind insbesondere die fertigungstechnischen spannungsvermindernden Maßnahmen nach den Abschnitten 10 und 11 von AD 2000-Merkblatt S 2 zu beachten. Aufdachungen und Einziehungen sind möglichst gering zu halten und die zulässigen Werte in der Zeichnung anzugeben. Unabhängig von den in den Abschnitten 3.2 und 3.3 angegebenen Grenzwerten sind diese Werte im Rahmen der Entwurfsprüfung nach AD 2000-Merkblatt S 2 Abschnitt 13 zu prüfen. Abweichend von AD 2000-Merkblatt HP 5/1 Abschnitt 2.2 gilt hier eine schweißtechnische Ausführung nach den Bewertungsgruppen C nicht.

In der Schlussprüfung ist die Einhaltung dieser Werte zu bestätigen.

4 Örtliche Wanddickenunterschreitungen

Örtliche Unterschreitungen der Mindestwanddicke s sind ohne rechnerischen Festigkeitsnachweis zulässig unter folgenden Bedingungen:

1) Die Unterschreitung der Mindestwanddicke s darf höchstens 0,05 · s oder 5 mm betragen, wobei der kleinere der beiden Werte maßgeblich ist.

2) Der Bereich der Dickenunterschreitung muss sich mit einem Kreis umschreiben lassen, dessen Durchmesser höchstens s oder 60 mm beträgt, wobei der kleinere der beiden Werte maßgeblich ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3) Der Abstand zwischen zwei Bereichen mit Dickenunterschreitungen und der Abstand von Störstellen, wie z. B. Stutzen, muss mindestens $\sqrt{D \cdot s}$ betragen [2)].

4) Die Summe aller Flächen mit Dickenunterschreitungen darf nicht mehr als 2 % der Gesamtoberfläche betragen.

Darüber hinaus sind örtliche Unterschreitungen der Mindestwanddicke s zulässig, wenn

1) die Wanddickenunterschreitung keinen größeren Durchmesser hat als ein nach AD 2000-Merkblatt B 9 zulässiger unverstärkter Ausschnitt, höchstens jedoch 200 mm,

2) die Restwanddicke größer ist als die nach AD 2000-Merkblatt B 5 mit $C = 0{,}35$ ermittelte Plattendicke für den Durchmesser der Wanddickenunterschreitung. Sie soll bei einer Ausdehnung $> 3 \cdot s$ mindestens jedoch größer sein als 60 % der um die Konstruktionszuschläge verminderten ausgeführten Wanddicke.

Die Wanddickenunterschreitungen sind vom Hersteller zu prüfen und im Maßblatt einzutragen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2) D = Außendurchmesser des Druckbehälters.

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt HP 1

Erläuterungen zu Abschnitt 3

Der Abschnitt 3 behandelt für zylindrische, druckbelastete Bauteile dachförmige, in Längsrichtung verlaufende Formabweichungen („Aufdachungen“) und flache Einziehungen, die ebenfalls in Längsrichtung verlaufen. Umlaufende Aufdachungen sind selten und brauchen daher nicht allgemein geregelt zu werden.

1 Feststellung von Aufdachungen und Einziehungen

Aufdachungen und Einziehungen werden im Allgemeinen mittels Schablonen festgestellt. Außer Schablonen haben sich auch Vorrichtungen mit kammartigen Fühlern zur Feststellung der Aufdachungen bewährt. Dabei sollte zunächst die Rundheit des Bauteils im ungestörten Bereich gemessen werden.

2 Beanspruchung durch Innendruck

Unter Innendruck erzeugen Aufdachungen verformungsgesteuerte Biegespannungen, die mit der Aufdachungshöhe wachsen und sekundären Charakter haben, da sie bei duktilen Werkstoffen und bei Überlastung nicht unbegrenzt ansteigen können.

Als Kriterien für die Zulässigkeit dieser Formabweichungen werden die üblichen in den AD 2000-Merkblättern enthaltenen Spannungs- und Dehnungsbegrenzungen zugrunde gelegt, hier insbesondere für Einspielen und Begrenzung der plastischen Dehnungen. Das bedeutet, dass für die elastisch gerechneten Biegespannungen bei duktilen Werkstoffen die doppelte Streckgrenze zulässig ist. Korrosion ist bei diesen Überlegungen zunächst nicht berücksichtigt, siehe hierzu Ziffer 4 dieser Erläuterungen.

Die Berechnung der Biegespannungen erfolgt für die Festlegungen in diesem AD 2000-Merkblatt linear-elastisch nach [1]. Damit können auf der sicheren Seite liegende Abschätzungen angegeben werden, ohne dass Detailrechnungen notwendig werden. Sofern im Einzelfall genauere Bewertungen durchgeführt werden sollen, können Berechnungen nach der Theorie 2. Ordnung vorgenommen werden [3–6], d. h. unter Berücksichtigung der sich einstellenden Verformung unter Druckbelastung und damit Verringerung der Biegespannungen.

Im Allgemeinen sind Aufdachungen unterhalb eines Drittels der Wanddicke zulässig, da die mit ihnen verbundenen sekundären Biegespannungen das 3 S_m-Kriterium erfüllen und somit begrenzt bleiben, siehe Bild 1. Die Überprüfung nach AD 2000-Merkblatt S 2 der elastisch als doppelte Streckgrenze errechneten Gesamtspannung kann nach Gleichung (31) vorgenommen werden und ergibt beispielsweise 500 zulässige Lastwechsel für StE 500, 2300 zul. Lastwechsel für 13CrMo4-5 und 3350 zul. Lastwechsel für P265GH, wenn sonst keine Besonderheiten vorliegen und Korrosion ausgeschlossen werden kann.

Bei statisch betriebenen Druckbehältern wird aus rechnerischer Sicht eine Aufdachungshöhe bis zur dreifachen Größe ohne besondere Maßnahmen als zulässig erachtet, siehe Bild 4.

Eine Überschreitung der Grenze $\frac{1}{3} \cdot (s_e - c_2)$ ist ohne detaillierte Nachweise in Übereinstimmung mit AD 2000-Merkblatt G 1 Abschnitt 4.2 nicht möglich. Lediglich bei dünnwandigen Behältern darf ohne rechnerischen Nachweis von einem in der Praxis auftretenden Abrundungseffekt Gebrauch gemacht werden. Dieser Abrundungseffekt wurde in Tafel 2 für Wanddicken bis 9 mm eingearbeitet. Bei Wanddicken über 9 mm gilt die Grenze $\frac{1}{3} \cdot (s_e - c_2)$.

Bei großen Behältern gelten zusätzlich die absoluten Begrenzungen von 5 bzw. 10 mm als üblicher Stand der Technik bei der Fertigung dieser Behälter.

3 Außendruck

Die unter Außendruck entstehenden Biegespannungen sind im Gegensatz zu den Biegespannungen infolge Innendruck nicht sekundärer Art. Sie werden daher als primäre Biegespannungen bewertet mit 1,5 · K/S. Zahlenmäßig ergeben sich somit halb so große Werte wie bei Innendruckbelastung.

4 Korrosion

Es muss nachdrücklich darauf hingewiesen werden, dass Rissbildung durch Reaktion von Stählen mit dem Füllmedium (Spannungskorrosion, Definition DIN EN ISO 7539-1) die Belastbarkeit deutlich herabsetzt. Gefährliche Rissbildungen können außer durch Spannungsrisskorrosion, Schwingungsrisskorrosion, dehnungsinduzierte Risskorrosion und durch Rissbildung in Druckwasserstoff bei Umgebungstemperatur, z. B. in Gegenwart von Aufdachungen bei wiederholter Belastung, auftreten. Weiterhin ist zu beachten, dass außer bestimmungsgemäßem Vorhandensein rissfördernder Medien auch eine prozessbedingte Bildung solcher Stoffe die gleichen Auswirkungen hat. Da die Reaktion ferritischer Behälter mit dem Füllmedium insbesondere bei periodischen Druckbelastungen, verbunden mit Spannungserhöhungen infolge Aufdachungen, durch beschleunigtes Risswachstum die Lebensdauer stark verkürzt, ist in diesen Fällen eine sorgfältige Lastwechselbeurteilung erforderlich.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Durch Beschleifen der Schweißnähte ferritischer Behälter auf der Medienseite kann der Lebensdauerverkürzung wirksam begegnet werden.

5 Lebensdauer

Der Abschnitt 3.5 verweist komplett auf AD 2000-Merkblatt S 2 und dient damit der Klarstellung.

6 Kriechen

Im Kriechbereich ist die Relation von „nutzbarer“ Spannung zur Primärspannung größer als unterhalb des Kriechbereichs, wenn die Sekundärspannungen relaxieren, d. h. teilweise unwirksam werden. Dies trifft bei Aufdachungen zu, da die Biegespannungen bei Innendruck sekundär eingestuft werden.

Bei der Festlegung der zulässigen Grenzwerte nach Abschnitt 3.2 wurde Relaxieren nicht berücksichtigt. Die Grenzwerte nach Abschnitt 3.2 ergeben daher im Kriechbereich auf der sicheren Seite liegende Abschätzungen. Bei besonderen Nachweisen darf hiervon abgewichen werden.

7 Schrifttum

[1] *Schmidt, K.:* Zur Spannungsberechnung unrunder Rohre unter Innendruck. Z VDI **98** (1956), S. 121–125.

[2] *Schmidt, K.:* Beanspruchung unrunder Druckbehälter. Z VDI **102** (1960), S. 11–15.

[3] *Pich, R.:* Der Zusammenhang zwischen Unrundheit von Kesseltrommeln und den zugehörigen Biegezusatzspannungen. Mitt. VGB (1966), H. 103, S. 270–279.

[4] *Pich, R.:* Betrachtungen über die durch den inneren Überdruck in dünnwandigen Hohlzylindern mit unrundem Querschnitt hervorgerufenen Biegespannungen. Mitt. VGB (1964), S. 408–415.

[5] *Kunz, A.:* Formelsammlung, Teil II, Unterlagen für die Festigkeitsberechnung von Konstruktionselementen des Behälter-, Apparate- und Rohrleitungsbaues. VGB, Essen, 2. Aufl., 1976.

[6] *Zeman, Josef L.:* Aufdachungen an Längsnähten zylindrischer Schüsse. Techn. Überwachung **34** (1993), S. 292–295.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

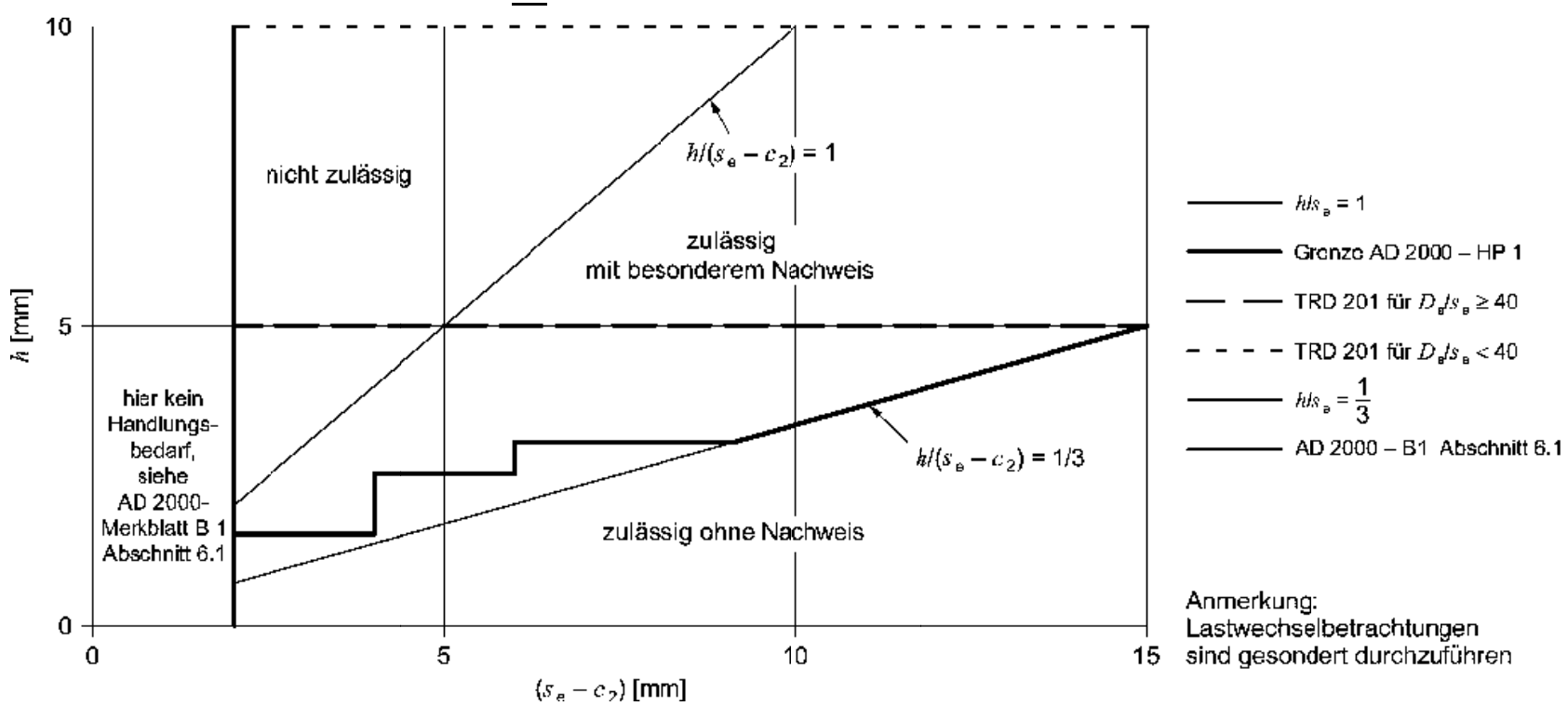


Bild 3 — Zulässige Aufdachungen bei Innendruckbelastung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

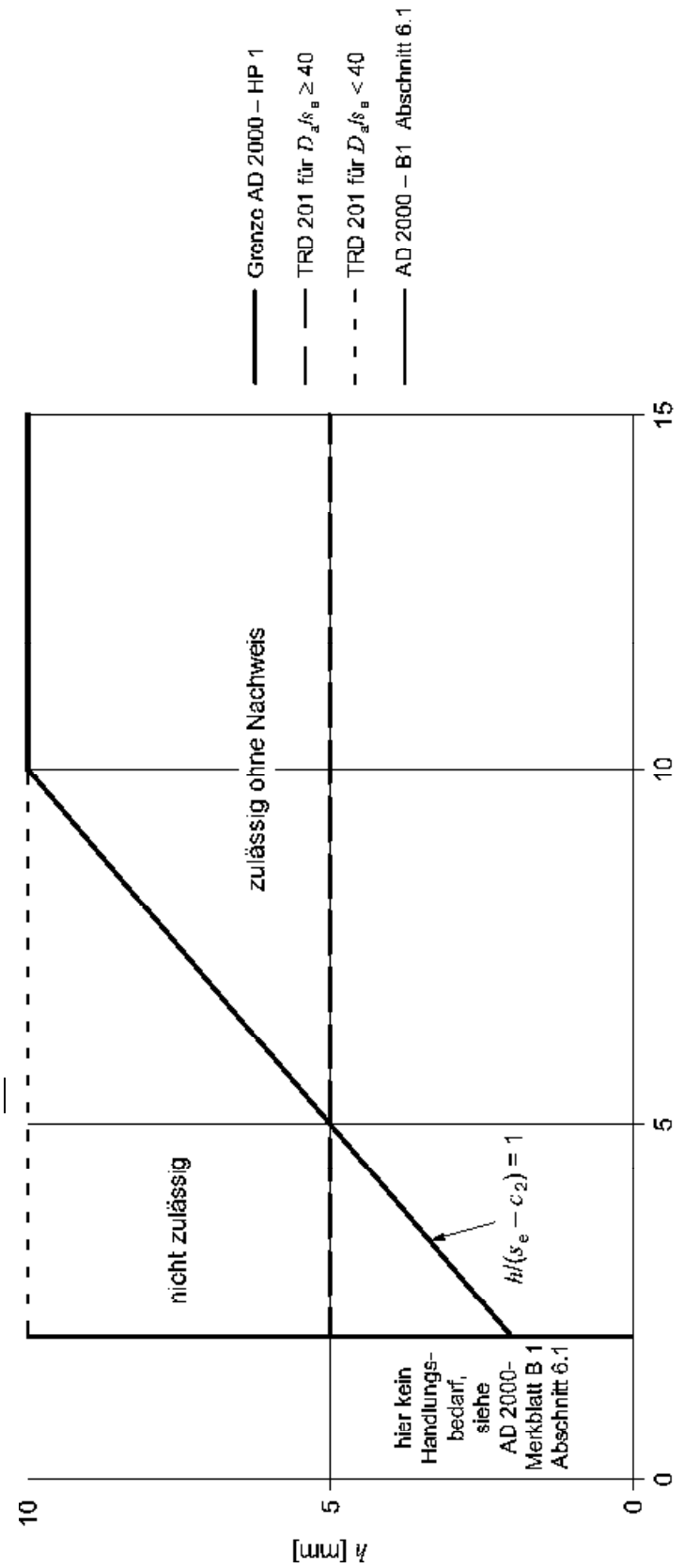


Bild 4 — Zulässige Aufdachungen bei ruhender Innendruckbelastung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juli 2012**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Verfahrensprüfung für Fügeverfahren **Verfahrensprüfung für Schweißungen**	AD 2000-Merkblatt **HP 2/1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e. V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Qualifikation des Verfahrens	2
3	Prüfgrundlagen	2
4	Betriebstemperaturen	5
5	Erschwerende Bedingungen	6
6	Verfahrensprüfungen für spezielle Anwendungen	6
7	Sonderfälle	6
8	Ergänzung und Wiederholung der Verfahrensprüfung	6

Ersatz für Ausgabe Mai 2011; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Verfahrensprüfung für Schweißverbindungen und Auftragschweißungen als Voraussetzung für die Herstellung geschweißter Druckbehälter oder Druckbehälterteile.

2 Qualifikation des Verfahrens

2.1 Hersteller von geschweißten Druckbehältern oder Druckbehälterteilen haben der zuständigen unabhängigen Stelle in einer dem Herstellungsverfahren angepassten Verfahrensprüfung nachzuweisen, dass sie die angewendeten Schweißverfahren beherrschen. Ergänzungsprüfungen sind notwendig, wenn Werkstoffe, Abmessungen oder Schweißverfahren über den Geltungsbereich der Verfahrensprüfung hinaus geändert werden.

2.2 Die Prüfungen werden unter Aufsicht der zuständigen unabhängigen Stelle durchgeführt. Die zuständige unabhängige Stelle überzeugt sich vom sachgemäßen Durchführen der Verfahrensprüfung und begutachtet die Prüfergebnisse. Die Ergebnisse der Verfahrensprüfung sollen vor Fertigungsbeginn vorliegen.

3 Prüfgrundlagen

3.1 Allgemeine Festlegungen

Die Feststellung der Eignung des Schweißverfahrens erfolgt nach DIN EN ISO 15607 Abschnitt 6.2 durch Verfahrensprüfungen.

Für Verfahrensprüfungen gelten:

DIN EN ISO 15614-1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen
DIN EN ISO 15614-2: Lichtbogenschweißen von Aluminium und seinen Legierungen
DIN EN ISO 15614-5: Lichtbogenschweißen von Titan, Zirkonium und ihren Legierungen
DIN EN ISO 15614-6: Lichtbogen- und Gasschweißen von Kupfer und seinen Legierungen
DIN EN ISO 15614-7: Auftragschweißen
DIN EN ISO 15614-8: Einschweißen von Rohren in Rohrböden
DIN EN ISO 15614-11: Elektronenstrahl- und Laserstrahlschweißen
DIN EN ISO 15614-12: Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißen

Die Einteilung der Werkstoffuntergruppen erfolgt nach DIN V 1738:2000-07 (CR ISO 15608:2000).

Für Werkstoffe, die besonderen Korrosionsbedingungen unterliegen (z. B. bei Gefahr von Spannungsrisskorrosion), ist die Verfahrensprüfung darauf abzustimmen.

Sieht die Berechnung für die Kehlnaht einen Mindesteinbrand vor, so ist dieser in einer Verfahrensprüfung nachzuweisen. Diese Prüfung deckt alle Nähte mit einem geforderten geringeren Einbrand ab.

3.1.1 Schweißzusätze

Schweißzusätze schließen andere Schweißzusätze mit vergleichbaren mechanischen Eigenschaften und gleicher nominaler Zusammensetzung ein, wenn für den verwendeten typgleichen Schweißzusatz eine Eignungsfeststellung nach AD 2000-Merkblatt W 0 Abschnitt 4.3 vorliegt, die den Geltungsbereich der Verfahrensprüfung erfasst.

3.1.2 Wärmebehandlung

Die Verfahrensprüfung gilt für den bei der Prüfung vorliegenden Wärmebehandlungszustand. Die Wärmebehandlung des Prüfstückes ist abweichend von den Normen der Reihe DIN EN ISO 15614 so durchzuführen, dass ein geeigneter Wärmebehandlungszustand wie am Bauteil erreicht wird.

3.1.3 Prüfanforderungen für zerstörungsfreie Prüfungen

Die Durchführung und Bewertung der zerstörungsfreien Prüfungen erfolgt nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2 Ergänzende Festlegungen

3.2.1 Ergänzungen für Verfahrensprüfungen an Stahl, Nickel und Nickellegierungen

3.2.1.1 Prüfumfang

Abweichend von DIN EN ISO 15614-1 Abschnitt 7.1 und Tabelle 1 sind folgende Proben zusätzlich den Prüfstücken zu entnehmen:

1) Längszugprobe nach DIN EN ISO 5178 mit einem Mindestdurchmesser von 6 mm an Testplatten ≥ 20 mm Dicke für Stumpfnähte. Die Probe muss dabei den Mindestanforderungen des Grundwerkstoffes genügen.[1)]

2) Sofern Kerbschlagproben nach DIN EN ISO 148-1 bei Wanddicken über 5 mm bis 12 mm entnommen werden können, sind diese je Schweißposition nach DIN EN ISO 6947 bei allen Werkstoffgruppen immer aus der Mitte des Schweißgutes zu entnehmen und bei den Werkstoffgruppen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 auch aus dem Schweißnahtübergang (WEZ).

3) Mikroschliff an Werkstoffen der Werkstoff(unter)gruppen 8.1 (soweit mit Schweißzusätzen mit ≤ 3 % Deltaferrit im Schweißgut verschweißt), 8.2, 10, 41 bis 48. Die Gefügeausbildung ist zu beschreiben und durch Bilder zu belegen.

3.2.1.2 Prüfanforderungen für zerstörende Prüfungen

Für die zerstörenden Prüfungen gilt DIN EN ISO 15614-1 in Verbindung mit Tafel 1.

3.2.1.3 Abweichender Geltungsbereich

3.2.1.3.1 Bezogen auf die Werkstoffdicke

Abweichend von der DIN EN ISO 15614-1 Tabelle 5 ist beim einlagigen Schweißen, beim Lage/Gegenlage-Schweißen und bei Verfahren ohne Schweißzusatzwerkstoffe die obere Begrenzung das 1,1-Fache der bei der Verfahrensprüfung geprüften Werkstoffdicke.

3.2.1.3.2 Bezogen auf die Schweißpositionen

Es müssen die bei der Fertigung vorkommenden Schweißpositionen in der Verfahrensprüfung nachgewiesen werden.

3.2.2 Ergänzungen für Verfahrensprüfungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen

3.2.2.1 Prüfumfang

Abweichend von DIN EN ISO 15614-2 Abschnitt 7.1 und Tabelle 1 sowie Abschnitt 7.2 und Bilder 5 und 6 sind den Prüfstücken folgende Proben zusätzlich zu entnehmen:

1) Kerbschlagproben nach DIN EN ISO 148-1 aus der Mitte des Schweißgutes bei Wanddicken über 5 mm bei den Werkstoffuntergruppen 22.3 und 22.4. Wenn eine Verfahrensprüfung objektbezogen für nicht stoßartig beanspruchte Druckbehälter durchgeführt wird, kann der Kerbschlagbiegeversuch entfallen.

2) Mikroschliff bei den Werkstoffgruppen 22 bis 26. Die Gefügeausbildung ist zu beschreiben und durch Bilder zu belegen.

3) Schweißgutanalyse bei allen Werkstoffgruppen. Sie kann entfallen, wenn die Analyse des Schweißzusatzes vorliegt.

3.2.2.2 Prüfanforderungen für zerstörende Prüfungen

Für die zerstörenden Prüfungen gilt DIN EN ISO 15614-2 und zusätzlich Tafel 2. Wird bei Aluminiumlegierungen der Werkstoffuntergruppen 22.2, 22.3 und 22.4 bei Dicken über 20 mm im Zugversuch quer zur Schweißnaht der Mindestwert der Zugfestigkeit für den Grundwerkstoff nicht erreicht, ist zusätzlich ein Zugversuch an einer Schweißgutprobe mit 10 mm Durchmesser und $L_0 = 5\ d$ durchzuführen, wobei 0,2 %-Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung zu ermitteln sind.

3.2.2.3 Abweichender Geltungsbereich

3.2.2.3.1 Bezogen auf die Werkstoffgruppen

1) Abweichend von DIN EN ISO 15614-2 Tabelle 4 schließt eine Verfahrensprüfung an Werkstoffuntergruppen der Werkstoffgruppe 22 nur die jeweils niedriger legierten Werkstoffuntergruppen ein.

2) Verfahrensprüfungen an Werkstoffen der Werkstoffgruppe 23 gelten nur für den verschweißten Werkstoff.

3.2.2.3.2 Bezogen auf die Werkstoffdicke

Abweichend von DIN EN ISO 15614-2 Abschnitt 8.3.2 ist beim einlagigen Schweißen, beim Lage/Gegenlage-Schweißen und bei Verfahren ohne Schweißzusatzwerkstoff die obere Begrenzung das 1,1-Fache der bei der Verfahrensprüfung verwendeten Werkstoffdicke.

---

1) Die Längszugprobe kann entfallen, wenn für den Schweißzusatz eine Eignungsfeststellung entsprechend AD 2000-Merkblatt W 0 Abschnitt 4.3 vorliegt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2.2.3.3 Bezogen auf die Schweißpositionen

Es müssen die bei der Fertigung vorkommenden Schweißpositionen in der Verfahrensprüfung nachgewiesen werden.

3.2.3 Ergänzungen für Verfahrensprüfungen an Titan, Zirkonium und ihren Legierungen

3.2.3.1 Prüfumfang

Abweichend von DIN EN ISO 15614-5 Abschnitt 7.1 und Tabelle 1 sind folgende Proben zusätzlich den Prüfstücken zu entnehmen:

1) Längszugprobe nach DIN EN ISO 5178 mit einem Mindestdurchmesser von 6 mm an Testplatten ≥ 20 mm Dicke für Stumpfnähte. Die Probe muss dabei den Mindestanforderungen des Grundwerkstoffes genügen.[1)]
2) Bei Werkstoffen der Werkstoffgruppen 51 bis 54 sowie 61 und 62 mit Wanddicken über 5 mm Kerbschlagbiegeproben; Kerbform entsprechend der Festlegung für den Grundwerkstoff, Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016
3) Härteprüfung HV 5 am Makroschliff
4) Mikroschliff quer zur Schweißnaht. Die Gefügeausbildung ist zu beschreiben und durch Bilder zu belegen.

3.2.3.2 Prüfanforderungen für zerstörende Prüfungen

Für die zerstörenden Prüfungen gilt DIN EN ISO 15614-5.

Zusätzlich gilt:

1) Die Kerbschlagarbeit soll der Mindestanforderung für den Grundwerkstoff entsprechen.
2) Die bei der Härteprüfung ermittelte Aufhärtung in der Schweißverbindung darf nicht mehr als 50 Härteeinheiten über dem unbeeinflussten Grundwerkstoff liegen.

3.2.3.3 Abweichender Geltungsbereich

3.2.3.3.1 Bezogen auf die Werkstoffdicke

Abweichend zu den Regelungen in Abschnitt 8.3.2 der DIN EN ISO 15614-5 ist beim einlagigen Schweißen, beim Lage/Gegenlage-Schweißen und bei Verfahren ohne Schweißzusatzwerkstoff die obere Begrenzung das 1,1-Fache der bei der Verfahrensprüfung verwendeten Werkstoffdicke.

3.2.3.3.2 Bezogen auf die Schweißpositionen

Es müssen die in der Fertigung vorkommenden Schweißpositionen in der Verfahrensprüfung nachgewiesen werden.

3.2.4 Ergänzungen für Verfahrensprüfungen an Kupfer und Kupferlegierungen

3.2.4.1 Abweichender Geltungsbereich

3.2.4.1.1 Geltungsbereich für Bleche und Rohre

Abweichend von DIN EN ISO 15614-6 Abschnitt 9.3.2.4 schließt die Qualifizierung für Bleche diejenige für Rohre nicht ein.

3.2.4.1.2 Bezogen auf die Werkstoffdicke

Abweichend von DIN EN ISO 15614-6 Abschnitt 9.3.2 ist beim einlagigen Schweißen, beim Lage/Gegenlage-Schweißen und bei Verfahren ohne Schweißzusatzwerkstoff die obere Begrenzung das 1,1-Fache der bei der Verfahrensprüfung verwendeten Werkstoffdicke.

3.2.4.1.3 Bezogen auf die Schweißpositionen

Es müssen die in der Fertigung vorkommenden Schweißpositionen in der Verfahrensprüfung nachgewiesen werden.

3.2.5 Ergänzungen für Verfahrensprüfungen für das Auftragschweißen

Bei Hartauftragungen ist ergänzend zu DIN EN ISO 15614-7 Abschnitt 7.1 die Wärmeeinflusszone des Trägerwerkstoffs auf etwaige Versprödung zu untersuchen. Hierzu sind dem Prüfstück 2 Biegeproben FBC entsprechend DIN EN ISO 5173 Abschnitt 4 quer zur Schweißfortschrittsrichtung zu entnehmen. Probendicke ca. 10 mm; bei dickerem Trägerwerkstoff ist dieser auf 10 mm abzuarbeiten. Die Hartauftragung ist auf 0,5 mm Höhe über Trägerwerkstoff abzuarbeiten. Prüfung der Biegeproben mit Dorndurchmesser $6 \times a$.

Ergänzende Empfehlung zur Probenvorbereitung: In die Hartauftragung sollen im Abstand von ca. 10 mm Querrillen (ca. 2 mm bis 3 mm breit/0,3 mm tief) eingebracht werden. Die Proben werden vorgebogen, um Risse in der Panzerung zu erzeugen. Die Risse in der Panzerung dürfen nicht in die Wärmeeinflusszone oder den Grundwerkstoff weiterlaufen.

---

1) Siehe Seite 3.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2.6 Einschweißen von Rohren in Rohrböden

3.2.6.1 Prüfumfang und Anforderungen

Für Festigkeitsschweißungen von Rohr-Rohrbodenverbindungen ist an zwei Rohreinschweißungen ein Rohrausdrück- oder -ausziehversuch durchzuführen. Die Mindestfestigkeit des Rohrwerkstoffes ist zu erreichen.

Die Schliffbeurteilung und die Bewertung der Härteprüfungen erfolgen nach Tafel 1 bzw. nach den Regelungen des Abschnittes 3.2.3 dieses AD 2000-Merkblattes für Werkstoffe der Werkstoffgruppen 51 bis 54, 61 und 62.

3.2.7 Elektronen- und Laserstrahlschweißen

3.2.7.1 Prüfumfang und Anforderungen

Für Verfahrensprüfungen beim Elektronen- und Laserstrahlschweißen ist die Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 13919 Teile 1 und 2 zugrunde zu legen.

Härteprüfungen sind bei Werkstoffen der Werkstoffgruppen 1 bis 7, 9 bis 11 sowie 51 bis 54, 61 und 62 erforderlich.

Vorzugsweise ist die Härte HV1 zu bestimmen. Die Bewertung der Härteprüfung erfolgt nach Tafel 1 bzw. nach den Regelungen des Abschnittes 3.2.3 für Werkstoffe der Werkstoffgruppen 51 bis 54, 61 und 62.

Die Schliffbeurteilung für Werkstoffe der Werkstoffgruppen 8 und 41 bis 48 erfolgt nach Tafel 1.

Bei Werkstoffen der Werkstoff(unter)gruppen 1 bis 7, 9 bis 11, 22.1, 22.2, 41 bis 48, 51 bis 54 sowie 61 und 62 mit Wanddicken über 5 mm ist eine Kerbschlagbiegeprüfung erforderlich. Die Kerbform entspricht der Festlegung für den Grundwerkstoff, Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016. Anforderungen entsprechend Tafel 1 oder 2 bzw. Abschnitt 3.2.3.2 dieses AD 2000-Merkblattes.

Es sind Querbiegeprüfungen nach DIN EN ISO 5173 durchzuführen. Anforderungen und Bewertung sind den Tafeln 1 und 2 zu entnehmen.

3.2.7.2 Abweichender Geltungsbereich

1) bezogen auf die Verbindungsgeometrie:

   Es gilt die in der Verfahrensprüfung nachgewiesene maximale Spaltbreite der Schweißfuge, entsprechend den Toleranzangaben der pWPS.

2) bezogen auf den Grundwerkstoff:

   Es gelten die Festlegungen in der DIN EN ISO 15614 Teile 1, 2 und 5.

3) bezogen auf den Schweißzusatz:

   Das Schweißen ohne und mit Schweißzusatz ist getrennt nachzuweisen.

3.2.8 Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißen

Es dürfen folgende Schweißprozesse angewendet werden:

211 einseitiges Widerstandspunktschweißen;
212 zweiseitiges Widerstandspunktschweißen;
221 Überlapp-Rollennahtschweißen;
231 einseitiges Buckelschweißen;
232 beidseitiges Buckelschweißen.

Die Prüfbedingungen für andere Schweißprozesse sind mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.

3.2.8.1 Prüfumfang und Anforderungen

Der Prüfumfang ist in Tafel 3 festgelegt:

Ergänzend zu DIN EN ISO 15614-12 Abschnitt 8.3 gilt die Überprüfung an einem Werkstoff für die jeweilige Werkstoffuntergruppe nach CR ISO 15608.

Bei unterschiedlichen Werkstoffdicken sind jeweils die Kombinationen mit den dünnsten und dicksten Werkstoffen zu überprüfen. Die Zwischendicken gelten als qualifiziert im Sinne dieser Norm.

4 Betriebstemperaturen

4.1 Verfahrensprüfungen gelten von −10 °C bis zur oberen für den Grundwerkstoff oder den Schweißzusatz gültigen Anwendungstemperatur.

4.2 Bei Betriebstemperaturen unter −10 °C gilt die Verfahrensprüfung im Beanspruchungsfall I bis zur tiefsten Prüftemperatur, bei der die Erfüllung der Anforderungen an die Kerbschlagarbeit erfolgte, jedoch nicht tiefer als die tiefste zulässige Anwendungstemperatur von Grundwerkstoff oder Schweißzusatz. Sofern die Verfahrensprüfung bei der tiefsten

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anwendungstemperatur nach AD 2000-Merkblatt W 10 Tafel 1 Spalte 4 durchgeführt wurde, gilt sie auch für die tiefsten Temperaturen der Beanspruchungsfälle II und III.

4.3 Wird bei einer höheren Temperatur als nach AD 2000-Merkblatt W 10 Tafel 1 Spalte 4 geprüft, gelten für die Inanspruchnahme der Verfahrensprüfung für die Beanspruchungsfälle II und III die gleichen Temperaturdifferenzen wie für die Grundwerkstoffe.

5 Erschwerende Bedingungen

Sofern erschwerende Bedingungen in Fertigung oder Montage vorliegen, müssen diese bei der Verfahrensprüfung berücksichtigt werden.

6 Verfahrensprüfungen für spezielle Anwendungen

Die Durchführung von Verfahrensprüfungen für spezielle Anwendungen erfolgt in Abstimmung mit der zuständigen unabhängigen Stelle.

7 Sonderfälle

Wenn für Sonderfälle, z. B. Sickennähte, Schweißen plattierter Stähle, Bestiftungen, sowie für schwierige Ausbesserungen im Zuge der Fertigung an schweißempfindlichen Stählen auf diese Fälle abgestimmte Verfahrensprüfungen erforderlich sind, ist der Geltungsbereich mit der zuständigen unabhängigen Stelle abzustimmen.

8 Ergänzung und Wiederholung der Verfahrensprüfung

8.1 Bei wesentlichen Änderungen der festgelegten Bedingungen ist eine Ergänzungsprüfung erforderlich. Die Ergänzungsprüfung kann als Arbeitsprüfung durchgeführt werden.

8.2 Wird die Fertigung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen länger als ein Jahr komplett unterbrochen, so sind die für die neue Fertigung erforderlichen Verfahrensprüfungen durchzuführen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 — Prüfanforderungen für Schweißverbindungen an Stählen, Nickel und Nickellegierungen

Art der Prüfung	Anforderungen		
Querzugversuch nach DIN EN ISO 4136	Zugfestigkeit wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Längszugversuch nach DIN EN ISO 5178 an einer Schweißgutprobe[1)]	Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Kerbschlagbiegeversuch[2)] nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV_2) aus der Mitte der Schweißnaht (Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016)	Bei Betriebstemperaturen von −10 °C und höher	Wie für den Grundwerkstoff in Querrichtung festgelegt, jedoch mindestens 27 J[3)]. Bei Verwendung ferritisch-austenitischer, austenitischer und nickelbasislegierter Schweißzusätze ≥ 40 J[3)]. Die Prüfung erfolgt bei tiefster Betriebstemperatur, jedoch nicht tiefer als die Prüftemperatur bei der Prüfung des Grundwerkstoffes und nicht höher als 20 °C.	
	Bei Betriebstemperaturen tiefer als −10 °C	Wie für den Grundwerkstoff in Querrichtung festgelegt. Bei Verwendung ferritischer Schweißzusätze ≥ 27 J[3)], bei Verwendung ferritisch-austenitischer, austenitischer und nickel-basislegierter Schweißzusätze ≥ 32 J[3)]. Die Prüfung erfolgt bei tiefster Betriebstemperatur. Die Festlegungen in den Abschnitten 4.2 und 4.3 sind zu beachten.	
Kerbschlagbiegeversuch[2)] nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV_2) im Bereich des Schweißnahtübergangs (Probenlage und Kerbrichtung VHT nach DIN EN ISO 9016)	Bei Betriebstemperaturen von −10 °C und höher	≥ 27 J[3)4)] bei tiefster Betriebstemperatur, jedoch nicht tiefer als die Prüftemperatur bei der Prüfung des Grundwerkstoffes und nicht höher als 20 °C.	
	Bei Betriebstemperaturen tiefer als −10 °C	≥ 27 J[3)4)] bei tiefster Betriebstemperatur. Die Festlegungen in den Abschnitten 4.2 und 4.3 sind zu beachten.	
Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173	Biegewinkel Grad	Werkstoff	Biegedorndurchmesser[8)]
	180[6)]	Werkstoffgruppen[5)] 1 bis 7, 9, 11 mit einer Mindestzugfestigkeit < 430 MPa Mindestzugfestigkeit ≥ 430 bis < 460 MPa Mindestzugfestigkeit ≥ 460 MPa	 $2 \cdot a$ $2{,}5 \cdot a$ $3 \cdot a$
	180[6)]	Werkstoffgruppen 8, 41–48 Werkstoffgruppe 10 und warmfeste Stähle der Werkstoffgruppe 8	$2 \cdot a$ $3 \cdot a$
	≥ 90 < 90	Werden 180 Grad Biegewinkel nicht erreicht, gilt: Dehnung (L_0 = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) ≥ Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffes Dehnung über Schweißnahtbreite > 30 %[7)] sowie fehlerfreies Bruchaussehen	
Schliffbeurteilung	Bei Mikroschliffen ist eine Untersuchung auf Risse durchzuführen. Dabei sind nur Heißrisse zulässig, und solche nur dann, wenn sie nach Anzahl und Lage nur als vereinzelte Heißrisse festgestellt werden und Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle über deren Zulässigkeit im Hinblick auf Werkstoff und Anwendungsbereich vorliegt.		
Härteprüfung nach DIN EN ISO 9015-1	Grundsätzlich gelten die Grenzwerte der Tabelle 2 der DIN EN ISO 15614-1. Jedoch sind Werte über 350 HV 10 in schmalen Übergangszonen nur dann nicht zu beanstanden, wenn sie örtlich begrenzt sind. Bei Werkstoffen der Werkstoffuntergruppe 3.2 sind die Grenzwerte mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

1) Die Längszugprobe kann entfallen, wenn für den Schweißzusatz eine Eignungsfeststellung entsprechend AD 2000-Merkblatt W 0 Abschnitt 4.3 vorliegt.
2) Bei Proben, die nicht der genormten Breite von 10 mm entsprechen, verringern sich die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit proportional dem Probenquerschnitt.
3) Der Mindestmittelwert darf nur von einem Einzelwert, und zwar höchstens um 30 %, unterschritten werden.
4) Bei Schweißverbindungen an X20CrMoV11-1 darf dieser Wert um 10 % unterschritten werden.
5) Für die Zugfestigkeit ist der kleinste Dickenbereich maßgebend.
6) 180 Grad gelten als erfüllt, wenn die Biegeprobe nach DIN EN ISO 5173 geprüft und ohne Anriss durch die Auflager gedrückt wurde.
7) Bei nicht artgleich geschweißten Stählen, z. B. X8Ni9, können abweichende Werte mit der zuständigen unabhängigen Stelle vereinbart werden.
8) Verfahrensprüfungen, die mit kleineren Biegedorndurchmessern durchgeführt wurden, erfüllen ebenfalls die Anforderungen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Prüfanforderungen für Schweißverbindungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen

Art der Prüfung	Anforderungen		
Querzugversuch nach DIN EN ISO 4136	Zugfestigkeit wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Zugversuch nach DIN EN ISO 5178 an einer Schweißgutprobe	0,2 %-Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Kerbschlagbiegeversuch[1] nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm) aus der Mitte der Schweißnaht (Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016; Mittelwert aus 3 Proben)	Bei Raumtemperatur Bei Betriebstemperaturen tiefer als −50°C	≥ 16 J, kein Einzelwert unter 12 J ≥ 14 J, kein Einzelwert unter 12 J	
Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173 bei $t \leq 15$ mm Querbiegeproben ober-/wurzelseitig bei $t > 15$ mm Seitenbiegeproben	Biegewinkel Grad	Werkstoff	Biegedorndurchmesser[2]
	180	EN AW-Al99,98 EN AW-Al99,8 EN AW-Al99,7 EN AW-Al99,5 EN AW-AlMn1	$2 \cdot a$
	180	EN AW-AlMn1Cu EN AW-AlMg3 EN AW-AlMg2Mn0,8 EN AW-AlMg4,5Mn0,7	$4 \cdot a$
	≥ 90 oder < 90	Werden 180 Grad Biegewinkel nicht erreicht, gilt: Dehnung (L_0 = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) > Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffes Dehnung über Schweißnahtbreite > 20 % sowie fehlerfreies Bruchaussehen	
Schliffbeurteilung	Die Schweißverbindung muss im Makroschliff einen einwandfreien Nahtaufbau und eine einwandfreie Durchschweißung erkennen lassen. Bei Mikroschliffen ist eine Untersuchung auf Risse durchzuführen. Risse sind nicht zulässig.		

1) Nur für Aluminiumlegierungen der Werkstoffgruppe Al 2 nach AD 2000-Merkblatt HP 0 Tafel 2a. Wenn eine Verfahrensprüfung objektbezogen für nicht stoßartig beanspruchte Druckbehälter durchgeführt wird, kann der Kerbschlagbiegeversuch entfallen.

2) Verfahrensprüfungen, die mit kleineren Biegedorndurchmessern durchgeführt wurden, erfüllen ebenfalls die Anforderungen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 — Prüfumfang und Anforderungen für das Punkt-, Rollnaht- und Buckelschweißen

Prüfstücke/Probe	Prüfart	Probenanzahl	Anforderungen
Einzelpunkt-, Zweipunkt-, Vielpunkt- oder Buckelschweißprobe	Sichtprüfung	alle	
	Oberflächenrissprüfung	100 %	Lineare Anzeigen unzulässig
	Scherzugprüfung oder Kopfzugprüfung[a]	11	
	Makroschliff[b]	2	
	Härteprüfung	2	Tafel 1
Überlapp-Rollennahtprobe (Prüfstück) Länge min. 350 mm	Sichtprüfung	alle	
	Schälprüfung	11	
	Scherzugprüfung[c]	4	
	Berstdruckprüfung[d]	3	
	Makroschliff[e]	3	
	Härteprüfung	2	Tafel 1

[a] Ersatzprüfung für die Scherzugprüfung bei überwiegend Kopfzugbelastung.

[b] Die beiden Schliffe sind um 90° versetzt und senkrecht zur Blechebene zu legen, bei Längsbuckeln in die beiden Hauptachsen.

[c] Ersatzprüfung für Schälprüfung, wenn überwiegend Scherzugbeanspruchung vorliegt.

[d] Nur, wenn Dichtheit verlangt wird (Kissenprobe).

[e] 1 Querschliff und 1 Längsschliff.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2014**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Schweißaufsicht, Schweißer**	**AD 2000-Merkblatt HP 3**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Schweißaufsicht 2
3 Schweißer/Bediener 2

Ersatz für Ausgabe Februar 2007; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Anforderungen an die Schweißaufsicht sowie an die Prüfung der Schweißer und Bediener als Voraussetzung für die Herstellung geschweißter Druckbehälter oder Druckbehälterteile.

2 Schweißaufsicht

2.1 Allgemeine Voraussetzungen

2.1.1 Die verantwortliche Schweißaufsichtsperson muss dem jeweiligen Herstellerwerk angehören. Sie wird der zuständigen unabhängigen Stelle vom Hersteller benannt.

2.1.2 Die Schweißaufsicht muss für das in Frage kommende Aufgabengebiet in fachlicher und persönlicher Hinsicht die erforderlichen Voraussetzungen besitzen. Sie muss vor allem praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der Schweißtechnik haben, das für die Fertigung der Behälter im betreffenden Betrieb angewandt wird.

2.1.3 Die Aufgaben und die Verantwortung der Schweißaufsicht ergeben sich aus DIN EN ISO 14731. Die Schweißaufsicht hat dafür zu sorgen, dass die in Betracht kommenden Regelungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe HP eingehalten werden.

2.1.4 Werden in einem Betrieb mehrere Personen als verantwortliche Schweißaufsicht benannt, sind die Zuständigkeitsbereiche der einzelnen Personen klar abzugrenzen.

2.2 Personenkreis

Für die Schweißaufsicht kommen Personen in Frage, die aufgrund ihrer Ausbildung, Erfahrung und Fähigkeiten nach entsprechender Einarbeitung für die Aufgabe als geeignet angesehen werden. Hinsichtlich der Qualifikation ist folgender Personenkreis zu unterscheiden:

2.2.1 Schweißaufsichten (Schweißfachingenieure) mit umfassenden technischen Kenntnissen nach DIN EN ISO 14731, Abschnitt 6.2 a) können ohne Einschränkung des Aufgabenbereichs eingesetzt werden.

2.2.2 Schweißaufsichten (Schweißtechniker) mit speziellen technischen Kenntnissen nach DIN EN ISO 14731, Abschnitt 6.2 b) können unter Einschränkungen auf bestimmte Werkstoffe als Schweißaufsicht eingesetzt werden.

2.2.3 Schweißaufsichten (Schweißfachmann) mit technischen Basis-Kenntnissen nach DIN EN ISO 14731, Abschnitt 6.2 c) können für Bauteile aus einfachen und ohne Wärmebehandlung zu verarbeitenden Werkstoffen die Schweißaufsicht ausüben.

2.2.4 Andere als Schweißaufsicht geeignete Personen, die über entsprechende Qualifikationsnachweise nicht verfügen, können für die besonderen Arbeitsbereiche, für die sie sich die notwendigen Erfahrungen angeeignet haben, sinngemäß wie der in den Abschnitten 2.2.1 bis 2.2.3 genannte Personenkreis eingesetzt werden.

3 Schweißer/Bediener

3.1 Prüfgrundlage

Die Prüfung der Schweißer erfolgt bei Stahl nach DIN EN ISO 9606-1, bei Aluminium und Aluminiumlegierungen nach DIN EN ISO 9606-2. Bei Kupfer sowie dessen Legierungen gilt die DIN EN ISO 9606-3, bei Nickel sowie dessen Legierungen gilt die DIN EN ISO 9606-4, und für Titan, Zirkonium sowie deren Legierungen erfolgt die Prüfung nach DIN EN ISO 9606-5. Andere Werkstoffe sind entsprechend ihren Eigenschaften den vorgenannten Normen sinngemäß zuzuordnen.

Bediener von vollmechanischen und automatischen Schweißeinrichtungen werden auf Grundlage der DIN EN ISO 14732 zugelassen.

Eine fachkundliche Prüfung der Schweißer und Bediener ist gemäß dem jeweiligen Anhang der Normen erforderlich.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2 Ausbildung

Die Schweißer/Bediener müssen durch Stellen ausgebildet werden, die sich planmäßig mit der Ausbildung von Schweißern/Bedienern befassen und die alle Voraussetzungen für eine den Prüfanforderungen entsprechende Schulung der Schweißer/Bediener erfüllen.

3.3 Erstmalige Schweißer- und Bedienerprüfung

Die Prüfung wird von der zuständigen unabhängigen Stelle durchgeführt.

Die Prüfungsbescheinigung ist zeitlich zu befristen. Nach Ablauf der Gültigkeit kann eine erneute Prüfung nach diesem Abschnitt oder eine Verlängerung nach Abschnitt 3.4 erfolgen.

3.4 Verlängerung der Schweißer- bzw. Bedienerqualifikation

Die Verlängerung der Schweißer- und Bedienerqualifikation erfolgt entsprechend den in Abschnitt 3.1 genannten Prüfgrundlagen durch die zuständige unabhängige Stelle auf der Grundlage von Prüfberichten über volumetrische zerstörungsfreie Prüfungen oder zerstörende Prüfungen. Zur Verlängerung von Schweißerqualifikationen in den Prozessen 131, 135, 138 und 311 sind ergänzend zu den Forderungen aus DIN EN ISO 9606-1 Ergebnisse von Bruchprüfungen vorzulegen.

Für Druckbehälter oder Druckbehälterteile der Kategorien II, III und IV ist eine Verlängerung nach Abschnitt 9.3 c) nach DIN EN ISO 9606-1 bzw. 5.3 c) nach DIN EN ISO 14732 nicht zulässig.

3.5 Prüfungsbescheinigungen

Die Prüfungsbescheinigungen sind am Einsatzort des Schweißers bzw. des Bedieners zur Verfügung zu halten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2016**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Prüfaufsicht und Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen**	**AD 2000-Merkblatt HP 4**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Allgemeine Grundsätze	2
3	Prüfaufsicht	2
4	Prüfer	2

Ersatz für Ausgabe November 2014; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Anforderungen an die Prüfaufsicht und die Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen an Schweißnähten von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen.

2 Allgemeine Grundsätze

Die im AD 2000-Merkblatt HP 5/3 festgelegten zerstörungsfreien Prüfungen sind in der Regel durch den Hersteller durchzuführen. Prüfaufsicht und Prüfer gehören dabei im Allgemeinen dem Herstellerwerk an. Der Hersteller kann zur Durchführung zerstörungsfreier Prüfungen betriebsfremde Prüfaufsichten und Prüfer heranziehen, die die Anforderungen der Abschnitte 3 und 4 erfüllen. Prüfaufsicht und Prüfer müssen ein Zertifikat nach DIN EN ISO 9712, ausgestellt durch eine anerkannte unabhängige Prüfstelle nach Druckgeräterichtlinie, besitzen.

3 Prüfaufsicht

3.1 Die Prüfaufsicht muss ein für ihre Aufgaben erforderliches Wissen und Grundkenntnisse in der Schweißtechnik und eine Schulung, Qualifizierung und Zertifizierung nach DIN EN ISO 9712 (mindestens Stufe 2) für den Produktsektor geschweißte Produkte (w) besitzen. Sie muss die durchzuführenden Prüfungen entsprechend den im AD 2000-Merkblatt HP 5/3 festgelegten Anforderungen beherrschen. Sie hat weiterhin für den notwendigen Ausbildungsstand der Prüfer und für die einwandfreie Beschaffenheit der Prüfeinrichtungen zu sorgen.

3.2 Die Prüfaufsicht soll von der Fertigung unabhängig sein und wird vom Hersteller benannt.

3.3 Die Prüfaufsicht bestimmt das anzuwendende Prüfverfahren und die Einzelheiten der Prüfdurchführung entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 5/3 – gegebenenfalls nach Abstimmung mit dem Besteller – und setzt die Prüfer ein.

3.4 Die Prüfaufsicht unterzeichnet den nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 anzufertigenden Prüfbericht.

4 Prüfer

Die Prüfer müssen für alle anzuwendenden Prüfverfahren eine Schulung, Qualifizierung und Zertifizierung nach DIN EN ISO 9712 im Produktsektor geschweißte Produkte (w) nachweisen und ausreichende technische Grundkenntnisse besitzen, um die von ihnen durchzuführenden Prüfungen entsprechend den im AD 2000-Merkblatt HP 5/3 genannten Anforderungen beherrschen zu können.

Personen, die Sichtprüfungen im Sinne des AD 2000-Merkblatts HP 5/3 Abs. 2.1 Satz 1 oder des AD 2000-Merkblatts HP 512, Abs. 5 (5) durchführen, müssen ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen bezogen auf die einschlägigen Normen und Spezifikationen vorweisen. Bescheinigungen nach DIN EN ISO 9712 sind für diese Sichtprüfungen nicht erforderlich.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2008**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Herstellung und Prüfung der Verbindungen **Arbeitstechnische Grundsätze**	AD 2000-Merkblatt **HP 5/1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter-und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Arbeitstechnische Grundsätze für Schweißverbindungen

3 Arbeitstechnische Grundsätze für Löt-, Klebe- und andere Verbindungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt behandelt die arbeitstechnischen Grundsätze für das Fügen von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen aus Stahl sowie Aluminium und Aluminiumlegierungen durch Schweißen, Löten, Kleben und andere Fügeverfahren.

Für Druckbehälter oder Druckbehälterteile aus anderen NE-Metallen gilt dieses AD 2000-Merkblatt sinngemäß.

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nur für Druckbehälter unter ruhender Beanspruchung. Für Druckbehälter unter Wechselbeanspruchung im Sinne des AD 2000-Merkblattes HP 801 Nr. 15 gelten ergänzend AD 2000-Merkblatt S 1 Abschnitt 6.2 bzw. AD 2000-Merkblatt S 2 Abschnitt 11.2.

2 Arbeitstechnische Grundsätze für Schweißverbindungen

2.1 Die Schweißnähte sind in Übereinstimmung mit der entwurfsgeprüften Zeichnung und den dazugehörigen Unterlagen sowie den Bedingungen der Verfahrensprüfung auszuführen.

2.2 Stumpf- und Kehlnähte als Schweißnähte an drucktragenden Teilen sollen so ausgeführt werden, dass sie hinsichtlich ihres äußeren Befundes der Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817 (Stahl, Titan, Nickel und deren Legierungen) und DIN EN ISO 10042 (Aluminium) entsprechen. Abweichend hiervon genügt die Bewertungsgruppe C nach DIN EN ISO 5817 für die Unregelmäßigkeiten

Ersatz für Ausgabe Januar 2003; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf photomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Nr. 1.3 Oberflächenpore bei Kehlnähten ohne Dichtheitsfunktion,
Nr. 1.7 Einbrandkerbe[1],
Nr. 1.8 Wurzelkerbe,
Nr. 1.10 Zu große Nahtüberhöhung bei Kehlnähten,
Nr. 1.11 Zu große Wurzelüberhöhung,
Nr. 1.14 Decklagenunterwölbung[2],
Nr. 1.16 Übermäßige Asymmetrie bei Kehlnähten,
Nr. 1.17 Wurzelrückfall,
Nr. 3.1 Kantenversatz h bei beidseitig geschweißten Rundnähten, Bild B,

und nach DIN EN ISO 10042 für die Unregelmäßigkeiten

Nr. 1.10 Ordnungs-Nr. 5011 Durchlaufende Einbrandkerbe, jedoch max. 0,2 mm tief,
Nr. 1.11 Zu große Nahtüberhöhung bei Stumpfnähten,
Nr. 1.12 Zu große Nahtüberhöhung bei Kehlnähten,
Nr. 1.14 Zu große Wurzelüberhöhung,
Nr. 1.16 Decklagenunterwölbung,
Nr. 1.17 Übermäßige Ungleichschenkligkeit bei Kehlnähten,
Nr. 1.18 Wurzelrückfall/Wurzelkerbe.

Hinsichtlich des inneren Befundes gelten die Regelungen des AD 2000-Merkblattes HP 5/3.

2.3 Für Zündstellen und Schweißspritzer (nach DIN EN ISO 5817) gilt:

Nr. 1.22 Zündstellen sind außerhalb der Schweißfuge unzulässig.
Nr. 1.23 Angeschmolzene Schweißspritzer und die dadurch wärmebeeinflussten Zonen sind sowohl auf der Schweißnaht wie auch auf dem Grundwerkstoff zu entfernen, wenn schädliche Werkstoffbeeinflussungen oder Funktionsstörungen zu erwarten sind.

2.4 Mehrfachunregelmäßigkeiten (entspricht Nr. 4 nach DIN EN ISO 5817 bzw. DIN EN ISO 10042) im Querschnitt werden in diesem Merkblatt nicht benutzt.

2.5 Die Schweißstellen sind gegen schädliche Witterungseinflüsse, z. B. Niederschläge und Wind, zu schützen. Für Schweiß- und Schneidarbeiten bei Umgebungstemperaturen unter + 5 °C sind die erforderlichen Maßnahmen festzulegen.

2.6 Ist bei der Beseitigung von Einbrandkerben eine Auftragsschweißung nicht zu umgehen, so sind die dafür notwendigen schweißtechnischen Grundsätze unbedingt zu beachten. Das Gleiche gilt auch bei anderen Ausbesserungsschweißungen.

[1] Durchlaufend nicht zulässig! Dies gilt auch für Kehlnähte.

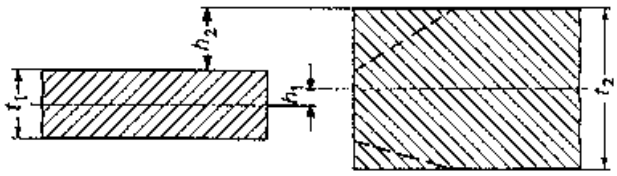
[2] Beim WIG-Orbitalschweißen ohne Schweißzusatz sind in der 12-Uhr-Position Decklagenunterwölbung/Wurzeldurchhang und in der 6-Uhr-Position Wurzelrückfall/Decklagenüberwölbung der Schweißpositionen PF, PG in folgendem Umfang zugelassen:
$h \leq 0{,}2\ t + 0{,}12\ b$, max. 0,6 mm, wobei bedeuten
t = Wanddicke
b = Nahtbreite
h = Decklagenunterwölbung/-überwölbung.

2.7 Jede Schweißnaht ist so zu kennzeichnen, dass ihre Lage erkennbar bleibt und die Schweißer jederzeit ermittelt werden können. Beides kann durch entsprechende Eintragung in Zeichnungen oder Schweißplänen erfüllt werden.

Für seriengefertigte Druckbehälter können besondere Festlegungen getroffen werden.

2.8 Anschweißteile, auch solche, die später wieder entfernt werden, sind unter Einhaltung der für den Behälterwerkstoff notwendigen schweißtechnischen Maßnahmen, wenn erforderlich zweilagig ohne wesentliche Zwischenabkühlung, anzuschweißen. Das Anschweißen ist in der Regel vor einer Wärmebehandlung vorzunehmen. Schweißarbeiten nach der letzten Wärmebehandlung bedürfen der Zustimmung des Bestellers/Betreibers und der zuständigen unabhängigen Stelle.

2.9 Beim Kantenversatz an ungleichen Wanddicken beidseitig geschweißter Nähte gelten die Bedingungen nach Bild 1. Bei ungleichen Wanddicken einseitig geschweißter Nähte gelten die Bedingungen nach Bild 2. Sind die Bedingungen nach Bild 1 oder 2 überschritten, ist die dickere Wand unter einem Winkel von höchstens 30 Grad auf die dünnere Wand abzuschrägen.



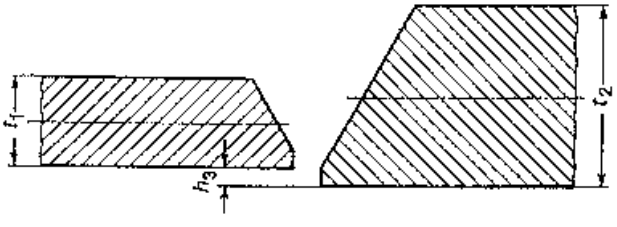
Längsnähte

$h_1 \leq 0{,}15 \cdot t_1$; max. 3 mm
$h_2 \leq 0{,}3 \cdot t_1$; max. 6 mm
$t_2 - t_1 \leq 0{,}3 \cdot t_1$; max. 6 mm

Rundnähte

$h_1 \leq 0{,}2 \cdot t_1$; max. 5 mm
$h_2 \leq 0{,}4 \cdot t_1$; max. 10 mm
$t_2 - t_1 \leq 0{,}4 \cdot t_1$; max. 10 mm

Bild 1. Zulässiger Versatz bei ungleichen Wanddicken bei beidseitig geschweißten Nähten



Längs- und Rundnähte

$h_3 \leq 0{,}1 \cdot t_1$; max. 2 mm

Bild 2. Zulässiger Versatz bei ungleichen Wanddicken bei einseitig geschweißten Nähten

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.10 Bei plattierten Blechen können – abhängig von Art und Dicke der Plattierung – geringere Abweichungen notwendig werden.

2.11 Für das Verarbeiten der Werkstoffe sind die Hinweise im Regelwerk, z. B. Normen, Werkstoffblätter und Spezifikationen, zu beachten. Bei Feinkornbaustählen gilt das Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 088.

3 Arbeitstechnische Grundsätze für Löt-, Klebe- und andere Verbindungen

Bis zu einer entsprechenden Erweiterung dieses AD 2000-Merkblattes sind die Arbeitstechnischen Grundsätze für Löt-, Klebe- und andere Verbindungen bei Druckbehältern zwischen Hersteller, Betreiber/Besteller und der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2011**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Herstellung und Prüfung der Verbindungen **Arbeitsprüfung an Schweißnähten, Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 5/2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e. V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Art der Prüfstücke 2
3 Anzahl der Prüfstücke bei Längsnähten 2
4 Anzahl der Prüfstücke bei Rundnähten (getrennt geschweißte Prüfstücke) 3
5 Anzahl der Prüfstücke bei geschweißten Böden 3
6 Auswahl und Abmessungen der Prüfstücke 3
7 Prüfung der Schweißverbindungen 3
8 Anforderungen an die Schweißverbindungen 4
9 Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen 4

Ersatz für Ausgabe Februar 2007; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Prüfung der Güteeigenschaften von Schweißverbindungen sowie die Prüfung der Grundwerkstoffe nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen bei Druckbehältern oder Druckbehälterteilen (Arbeitsprüfungen) aus Stahl, Aluminium und Aluminiumlegierungen, Nickel und Nickellegierungen und reaktiven Metallen. Bei anderen Nichteisenmetallen sind die nachfolgenden Regelungen sinngemäß anzuwenden.

2 Art der Prüfstücke

Bei Druckbehältern oder Druckbehälterteilen mit Längsnähten[1)] oder Längs- und Rundnähten, die nach gleichem Schweißverfahren hergestellt werden, sind die nach Abschnitt 3 erforderlichen Prüfstücke in Verlängerung der Längsnaht zu schweißen. Werden nur Rundnähte oder Rundnähte nach anderen Verfahren hergestellt, sind die nach Abschnitt 4 erforderlichen Prüfplatten oder Prüfringe getrennt zu schweißen.

3 Anzahl der Prüfstücke bei Längsnähten

Die Anzahl der Prüfstücke richtet sich nach den verwendeten Werkstoffen, der Anzahl der Schüsse und nach der nach den Tafeln 1b, 2b oder 3b des AD 2000-Merkblattes HP 0 möglichen Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung (K/S) in der Schweißnaht zu 100 % oder 85 %.

Drucktragende Schweißnähte in Halbkugelböden sowie deren Anschlussnaht zum Behältermantel sind wie Längsnähte zu behandeln (siehe AD 2000-Merkblatt B 3, Bild 7).

Die nachfolgend genannten Prüfgruppen sind im AD 2000-Merkblatt HP 0 festgelegt.

Folgende Prüfstücke sind erforderlich:

3.1 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung zu 100 %

3.1.1 Werkstoffe der Prüfgruppen 1, 4.1, 5.1, 6, 7 und Al 1, Ni 1

Unabhängig von der Zahl der Schmelzen ein Prüfstück je Druckbehälter, bei mehr als fünf Schüssen je Druckbehälter zwei Prüfstücke.

Bei wärmebehandelten Druckbehältern ein Prüfstück je Wärmebehandlungslos. Für den Stahl X11CrMo9-1 der Prüfgruppe 4.1 gilt jedoch Abschnitt 3.1.2. Bestehen die Schüsse, Böden oder Segmente des Druckbehälters aus unterschiedlichen Werkstoffsorten, so sind alle verwendeten Werkstoffsorten zu erfassen. In einem Prüfstück können zwei Werkstoffsorten erfasst werden.

3.1.2 Werkstoffe der Prüfgruppen 2, 3, 4.2, 5.2, 5.3, 5.4, 8 und Al 2, Al 3, Ni 2 und Ti 1

Ein Prüfstück je Schmelze und Druckbehälter, bei Druckbehältern mit mehr als fünf Schüssen gleicher Schmelze zwei Prüfstücke. In einem Prüfstück können zwei Schmelzen erfasst werden.

Bei Werkstoffen der Prüfgruppen

- 2 und 5.2, für die keine Wärmebehandlung erforderlich ist,
- 3 und 5.3 bei Wanddicken < 20 mm oder entsprechend der Wanddickenbegrenzung, für die nach der Eignungsfeststellung auf eine Wärmebehandlung verzichtet werden kann,
- 5.4, wenn keine Wärmebehandlung durchgeführt wird,

gilt Abschnitt 3.1.1.

1) Längsnahtgeschweißte Stutzen sind wie Schüsse zu behandeln.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.1.3 Erleichterungen

Eine Verringerung der Anzahl der Prüfstücke bis auf 10 % ist zulässig, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1) Serienfertigung ab 50. Druckbehälter oder jeweils innerhalb des Geltungsbereiches einer Verfahrensprüfung bei den Werkstoffen der Prüfgruppen 1, 2, 6, Al 1, Al 2 und Al 3 nach 25 Arbeitsprüfungen, bei den Werkstoffen der Prüfgruppen 3, 4.1, 5.1 bis 5.4 und 7 nach 50 Arbeitsprüfungen.

2) Die Ergebnisse der vorausgegangenen Arbeitsprüfungen müssen den Anforderungen der Tafel 1 oder Tafel 2 genügt haben.

Bei einem Wechsel der Schweißaufsicht und bei längerer Unterbrechung der Fertigung können die Erleichterungen nur in Anspruch genommen werden, wenn die Erfahrungen erhalten geblieben sind.

Flüssigkeitsvergütete Feinkornbaustähle sind von den Erleichterungen ausgenommen.

3.2 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung zu 85 %

Soweit nach den Tafeln 1b, 2b oder 3b des AD 2000-Merkblattes HP 0 die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung der Schweißnaht zu 85 % möglich ist und in Anspruch genommen wird, ist ein Prüfstück an 2 % der Schüsse erforderlich, mindestens jedoch ein Prüfstück je Jahr, Prüfgruppe und Schweißverfahren.

4 Anzahl der Prüfstücke bei Rundnähten (getrennt geschweißte Prüfstücke)

Werden an Druckbehältermänteln nur Rundnähte geschweißt oder hierfür andere Schweißverfahren als für die Längsnähte angewendet, so ist je Prüfgruppe und Schweißverfahren ein Prüfstück je Jahr erforderlich.

5 Anzahl der Prüfstücke bei geschweißten Böden

5.1 Aus geschweißten Ronden hergestellte Böden

Bei Schweißnähten von aus geschweißten Ronden hergestellten Böden – ausgenommen Halbkugelböden – wird nach Abschnitt 4 verfahren, wenn die Schweißnaht oder ihre Verlängerung den Scheitelbereich von $0{,}6 \cdot D_a$ schneidet (siehe auch AD 2000-Merkblatt B 3, Bilder 5 und 6, linkes Teilbild).

5.2 Aus Pressteilen geschweißte Böden

Bei Schweißnähten von aus Pressteilen geschweißten Böden – ausgenommen Halbkugelböden – wird nach Abschnitt 4 verfahren, wenn die Schweißnaht oder ihre Verlängerung den Scheitelbereich von $0{,}6 \cdot D_a$ schneidet (siehe auch AD 2000-Merkblatt B 3, Bilder 5 und 6, linkes Teilbild).

6 Auswahl und Abmessungen der Prüfstücke

6.1 Soweit die Prüfungen schmelzenunabhängig erfolgen, können die Prüfstücke aus Teilen etwa gleicher Dicke (Abweichungen von $\pm$ 20 % sind zulässig) entnommen werden. Bei schmelzenabhängiger Prüfung müssen die Prüfstücke in Dicke und Schmelze den ausgeführten Druckbehältern entsprechen. Soweit Erleichterungen nach Abschnitt 3.1.3 in Anspruch genommen werden, können Prüfstücke aus Schmelzen vergleichbarer Zusammensetzung verwendet werden.

Bei Dicken < 10 mm kann die Gesamttoleranz auf eine Seite verlagert werden.

6.2 Die Prüfstücke sind so zu wählen, dass die nach den Tafeln 1b, 2b oder 3b des AD 2000-Merkblattes HP 0 und die gegebenenfalls nach Abschnitt 9 erforderlichen Proben entnommen werden können und die Möglichkeit der Entnahme von Ersatzproben gegeben ist. Die Länge der Schweißnaht soll 300 mm nicht unterschreiten.

Bei getrennt geschweißten Prüfstücken sind die Abmessungen und die Schweißbedingungen dem Bauteil anzupassen.

7 Prüfung der Schweißverbindungen

Die Prüfstücke müssen im gleichen Wärmebehandlungszustand vorliegen, der der letzten Wärmebehandlung des Behälters entspricht. Bei Böden, die aus geschweißten Ronden hergestellt oder aus Pressteilen geschweißt sind, müssen die Prüfstücke im gleichen Wärmebehandlungszustand vorliegen, der der letzten Wärmebehandlung der Böden entspricht. Soweit bei Klöpperböden auf eine Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen verzichtet werden kann, müssen die Prüfstücke im Wärmebehandlungszustand der Ausgangsbleche vorliegen. Anschließend sind die Proben herauszuarbeiten und zu prüfen.

Die Prüfung erfolgt in Gegenwart der zuständigen unabhängigen Stelle. Der Prüfumfang richtet sich hierbei nach dem Werkstoff, der Wanddicke und der Wärmebehandlung und ist den Tafeln 1b, 2b oder 3b des AD 2000-Merkblattes HP 0 zu entnehmen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

In besonderen Fällen können ergänzende oder abweichende Proben vereinbart werden.

Die Probenaufteilung und die Prüfung erfolgen sinngemäß nach AD 2000-Merkblatt HP 2/1.

Bei tiefster Betriebstemperatur unter −200 °C erfolgt die Prüfung der Kerbschlagarbeit bei −196 °C unter der Voraussetzung, dass

1) in der Verfahrensprüfung und in der ersten Arbeitsprüfung die Kerbschlagarbeit bei −196 °C und bei tiefster Betriebstemperatur geprüft wird. Hierbei darf kein wesentlicher Abfall der Prüfergebnisse bei der tiefsten Betriebstemperatur gegenüber denen bei −196 °C erfolgen;

2) in den weiteren Arbeitsprüfungen die Prüfergebnisse der Kerbschlagarbeit nicht wesentlich von denen abweichen, die in der Verfahrensprüfung oder in der ersten Arbeitsprüfung ermittelt wurden.

8 Anforderungen an die Schweißverbindungen

Für die Anforderungen an die Schweißverbindungen gelten Tafel 1 oder 2.

9 Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen

9.1 Die Prüfung der Grundwerkstoffe nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen erfolgt an den Prüfstücken, die nach den Abschnitten 3.1.1 und 3.1.2 vorgesehen sind.

9.2 Bei den Prüfgruppen 1, 4.1 und 5.1 erfolgt die Prüfung von Zugfestigkeit und Streckgrenze des Grundwerkstoffes nur bei der Durchführung des Querzugversuches nach DIN EN ISO 4136 (jedoch Versuchslänge gleich Schweißnahtbreite + mindestens 80 mm) nach Tafel 1b des AD 2000-Merkblattes HP 0, Spalte 12. Wenn die Prüfergebnisse eine Beurteilung des Grundwerkstoffes nicht erlauben, ist die Entnahme einer Zugprobe aus dem durch das Schweißen unbeeinflussbaren Grundwerkstoff der Prüfstücke erforderlich. In Einzelfällen sind geringfügige Unterschreitungen der Mindeststreckgrenze und Mindestzugfestigkeit bis zu 5 % zulässig. Unterschreitungen der Mindeststreckgrenze und Mindestzugfestigkeit über 5 % bis zu 10 % sind zulässig, wenn der Nachweis geführt wird, dass

1) die Wärmebehandlung ordnungsgemäß durchgeführt wurde,

2) die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit des Grundwerkstoffes erfüllt sind,

3) die Dimensionierung des Druckbehälters noch ausreichend ist.

9.3 Bei den Prüfgruppen 2, 3, 4.2, 5.2 und 5.3 erfolgt die Prüfung von Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung an Zugproben und die Prüfung der Kerbschlagarbeit an Kerbschlagproben, die aus dem durch das Schweißen unbeeinflussten Grundwerkstoff der Prüfstücke für jede Schmelze entnommen werden. Bruchdehnung und Kerbschlagarbeit müssen den Anforderungen an den Grundwerkstoff (Prüfung – soweit möglich – in Querrichtung) genügen. In Einzelfällen sind geringfügige Unterschreitungen der Mindeststreckgrenze und Mindestzugfestigkeit bis zu 5 % zulässig. Unterschreitungen der Mindeststreckgrenze und Mindestzugfestigkeit über 5 % bis zu 10 % sind zulässig, wenn der Nachweis geführt wird, dass

1) die Wärmebehandlung ordnungsgemäß durchgeführt wurde,

2) die Dimensionierung des Druckbehälters noch ausreichend ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 — Prüfanforderungen für Schweißverbindungen an Stählen, Nickel und Nickellegierungen (für die Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen gilt Abschnitt 9)

Art der Prüfung	Anforderungen		
Querzugversuch nach DIN EN ISO 4136	Zugfestigkeit wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Längszugversuch nach DIN EN ISO 5178 an einer Schweißgutprobe	Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Kerbschlagbiegeversuch[1] nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV_2) aus der Mitte der Schweißnaht (Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016)	Bei Betriebstemperaturen von −10 °C und höher	Wie für den Grundwerkstoff in Querrichtung festgelegt, jedoch mindestens 27 J[2]. Bei Verwendung ferritisch-austenitischer, austenitischer und nickelbasislegierter Schweißzusätze ≥ 40 J[2]. Die Prüfung erfolgt bei tiefster Betriebstemperatur, jedoch nicht tiefer als die Prüftemperatur bei der Prüfung des Grundwerkstoffes und nicht höher als 20 °C.	
	Bei Betriebstemperaturen[7] tiefer als −10 °C	Wie für den Grundwerkstoff in Querrichtung festgelegt. Bei Verwendung ferritischer Schweißzusätze ≥ 27 J[2], bei Verwendung ferritisch-austenitischer, austenitischer und nickelbasislegierter Schweißzusätze ≥ 32 J[2][6]. Prüftemperatur wie in AD 2000-Merkblatt HP 0 Tafel 1b bzw. 3b Spalte 9 festgelegt.	
Kerbschlagbiegeversuch[1] nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV_2) im Bereich des Schweißnahtübergangs (Probenlage und Kerbrichtung VHT nach DIN EN ISO 9016)	Bei Betriebstemperaturen von −10 °C und höher	≥ 27 J[2][3] bei tiefster Betriebstemperatur, jedoch nicht tiefer als die Prüftemperatur bei der Prüfung des Grundwerkstoffes und nicht höher als 20 °C.	
	Bei Betriebstemperaturen[7] tiefer als −10 °C	≥ 27 J[2][3] bei einer Prüftemperatur wie in AD 2000-Merkblatt HP 0 Tafel 1b bzw. 3b Spalte 9 festgelegt.	
Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173	Biegewinkel Grad	Festigkeitsgruppe (maßgeblich ist der kleinste Dickenbereich)	Biegedorndurchmesser[8]
	180[4]	Ferritische Stähle mit einer Mindestzugfestigkeit < 430 MPa Mindestzugfestigkeit ≥ 430 bis < 460 MPa Mindestzugfestigkeit ≥ 460 MPa	 $2 \cdot a$ $2{,}5 \cdot a$ $3 \cdot a$
	180[4]	Nichtrostende und kaltzähe austenitische Stähle Ferritisch-austenitische Stähle Nickel und Nickellegierungen Warmfeste austenitische Stähle	$2 \cdot a$ $3 \cdot a$ $2 \cdot a$ $3 \cdot a$
	≥ 90	Werden 180 Grad Biegewinkel nicht erreicht, gilt: Dehnung (L_0 = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) ≥ Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffes	
	< 90	Dehnung über Schweißnahtbreite > 30 %[5] sowie fehlerfreies Bruchaussehen	
Schliffbeurteilung	Die Schweißverbindung muss im Makroschliff einen einwandfreien Nahtaufbau und eine einwandfreie Durchschweißung der Naht erkennen lassen. Bei Mikroschliffen ist eine Untersuchung auf Risse durchzuführen. Dabei sind nur Heißrisse zulässig, und solche nur dann, wenn sie nach Anzahl und Lage nur als vereinzelte Heißrisse festgestellt werden und Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle über deren Zulässigkeit im Hinblick auf Werkstoff und Anwendungsbereich vorliegt.		
Härteprüfung nach DIN EN ISO 9015-1	Grundsätzlich gelten die Grenzwerte der Tabelle 2 der DIN EN ISO 15614-1. Jedoch sind Werte über 350 HV 10 in schmalen Übergangszonen nur dann nicht zu beanstanden, wenn sie örtlich begrenzt sind. Bei Werkstoffen der Werkstoffuntergruppe 3.2 sind die Grenzwerte mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

1) Bei Proben, die nicht der genormten Breite von 10 mm entsprechen, verringern sich die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit proportional dem Probenquerschnitt.

2) Der Mindestmittelwert darf nur von einem Einzelwert, und zwar höchstens um 30 %, unterschritten werden.

3) Bei Schweißverbindungen an X20CrMoV11-1 darf dieser Wert um 10 % unterschritten werden.

4) 180 Grad gelten als erfüllt, wenn die Biegeprobe nach DIN EN ISO 5173 geprüft und ohne Anriss durch die Auflager gedrückt wurde.

5) Bei nicht artgleich geschweißten Stählen, z. B. X8Ni9, können abweichende Werte mit der zuständigen unabhängigen Stelle vereinbart werden.

6) Bei tiefster Betriebstemperatur unter −200 °C erfolgt die Prüfung der Kerbschlagarbeit bei −196 °C unter der Voraussetzung, dass in der Verfahrensprüfung und in der ersten Arbeitsprüfung die Kerbschlagarbeit bei −196 °C und bei tiefster Betriebstemperatur geprüft wird. Hierbei darf kein wesentlicher Abfall der Prüfergebnisse bei der tiefsten Betriebstemperatur gegenüber denen bei −196 °C erfolgen; dürfen in den weiteren Arbeitsprüfungen die Prüfergebnisse der Kerbschlagarbeit nicht wesentlich von denen abweichen, die in der Verfahrensprüfung bzw. in der ersten Arbeitsprüfung ermittelt wurden.

7) Liegt die tiefste Betriebstemperatur höher als nach AD 2000-Merkblatt W 10 Tafel 1 Spalte 4, gelten bei Inanspruchnahme der Beanspruchungsfälle II und III nach AD 2000-Merkblatt W 10 die gleichen Temperaturdifferenzen wie für die Grundwerkstoffe (vgl. AD 2000-Merkblatt HP 2/1 Abschnitt 4.3).

8) Verfahrensprüfungen, die mit kleineren Biegedorndurchmessern durchgeführt wurden, erfüllen ebenfalls die Anforderungen.

Tafel 2 — Prüfanforderungen für Schweißverbindungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen

<table>
<tr><th>Art der Prüfung</th><th colspan="4">Anforderungen</th></tr>
<tr><td>Querzugversuch nach DIN EN ISO 4136</td><td colspan="4">Zugfestigkeit wie für den Grundstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt</td></tr>
<tr><td>Zugversuch nach DIN EN ISO 5178 an einer Schweißgutprobe</td><td colspan="4">0,2 %-Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt</td></tr>
<tr><td>Kerbschlagbiegeversuch[1] nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm) aus der Mitte der Schweißnaht (Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016; Mittelwert aus 3 Proben)</td><td colspan="2">Bei Raumtemperatur
Bei Betriebstemperaturen tiefer als −50 °C</td><td colspan="2">≥ 16 J, kein Einzelwert unter 12 J
≥ 14 J, kein Einzelwert unter 12 J</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173
bei $t \leq 15$ mm Querbiegeproben ober-/wurzelseitig
bei $t > 15$ mm Seitenbiegeproben</td><td>Biegewinkel Grad</td><td colspan="2">Werkstoff und Werkstoffzustand</td><td>Biegedorn-durchmesser[2]</td></tr>
<tr><td>180</td><td colspan="2">EN AW-Al99,98
EN AW-Al99,8
EN AW-Al99,7
EN AW-Al99,5
EN AW-AlMn1</td><td>2 · a</td></tr>
<tr><td>180</td><td colspan="2">EN AW-AlMn1Cu
EN AW-AlMg3
EN AW-AlMg2Mn0,8
EN AW-AlMg4,5Mn0,7</td><td>4 · a</td></tr>
<tr><td>≥ 90
oder
< 90</td><td colspan="2">Werden 180 Grad Biegewinkel nicht erreicht, gilt: Dehnung (L_0 = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) ≥ Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffes
Dehnung über Schweißnahtbreite > 20 % sowie fehlerfreies Bruchaussehen</td><td></td></tr>
<tr><td>Schliffbeurteilung</td><td colspan="4">Die Schweißverbindung muss im Makroschliff einen einwandfreien Nahtaufbau und eine einwandfreie Durchschweißung erkennen lassen.</td></tr>
</table>

1) Nur für Aluminiumlegierungen der Werkstoffuntergruppen 22.1 bis 22.4 nach AD 2000-Merkblatt HP 0 Tafel 2a bei Druckbehältern, bei denen mit stoßartiger Beanspruchung gerechnet werden muss.

2) Verfahrensprüfungen, die mit kleineren Biegedorndurchmessern durchgeführt wurden, erfüllen ebenfalls die Anforderungen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 — Prüfanforderungen für Titan, Zirkonium und ihre Legierungen

<table>
<tr><th>Art der Prüfung</th><th colspan="3">Anforderungen</th></tr>
<tr><td>Querzugversuch nach DIN EN ISO 9015-1</td><td colspan="3">Zugfestigkeit wie für den Grundstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt</td></tr>
<tr><td>Kerbschlagbiegeversuch[1] nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV_2) aus der Mitte der Schweißnaht (Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016; Mittelwert aus 3 Proben)</td><td colspan="2">Bei Betriebstemperaturen des Beschickungsgutes von −10 °C und höher</td><td>Wie für den Grundwerkstoff in Querrichtung festgelegt. Prüftemperatur wie bei der Prüfung des Grundwerkstoffes festgelegt.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173</td><td colspan="3">Biegedorndurchmesser, Biegewinkel und Anforderungen nach DIN EN ISO 15614-5 Abschnitt 7.4.3. Während der Prüfung dürfen keine Anrisse auftreten.</td></tr>
<tr><td>Querbiegeproben ober-/wurzelseitig</td><td>Biegewinkel Grad
≥ 90</td><td>Wird der Biegewinkel gemäß Norm nicht erreicht, gilt:
Dehnung (L_0 = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) ≥ Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffes</td></tr>
<tr><td>Schliffbeurteilung</td><td colspan="3">Die Schweißverbindung muss im Makroschliff einen einwandfreien Nahtaufbau und eine einwandfreie Durchschweißung erkennen lassen.
Bei Mikroschliffen ist eine Untersuchung auf Risse durchzuführen. Risse sind nicht zulässig.
Am Makroschliff ist eine Härteprüfung HV 5 durchzuführen. Die ermittelte Aufhärtung in der Schweißverbindung darf nicht mehr als 50 Härteeinheiten über dem unbeeinflussten Grundwerkstoff liegen.</td></tr>
<tr><td colspan="4">1) Bei Proben, die nicht der genormten Breite von 10 mm entsprechen, verringern sich die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit proportional dem Probenquerschnitt.</td></tr>
</table>

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2015**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Herstellung und Prüfung der Verbindungen **Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindungen**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 5/3**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Art und Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen	2
3	Zeitpunkt der zerstörungsfreien Prüfung	4
4	Bewertung von Anzeigen	4
5	Überwachung der Prüfungen	6
6	Abweichungen	6
7	Prüfbericht	6

Ersatz für Ausgabe Mai 2011; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt ergänzend zu AD 2000-Merkblatt HP 0 Art und Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen, die Bewertung der Anzeigen an Schweißverbindungen von Druckbehältern und drucktragenden Druckbehälterteilen sowie die Überwachung der Prüfungen.

Die verfahrenstechnischen Anforderungen für die zerstörungsfreien Prüfverfahren sind in der Anlage 1 zu diesem AD 2000-Merkblatt angegeben.

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nur für Druckbehälter unter ruhender Beanspruchung. Für Druckbehälter unter Schwellbeanspruchung im Sinne des AD 2000-Merkblattes HP 801 Nr. 15 gelten ergänzend AD 2000-Merkblatt S 1 Abschnitt 6.2 bzw. AD 2000-Merkblatt S 2 Abschnitt 11.2.

2 Art und Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen

2.1 Allgemeine Festlegungen

Vor Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen sind die Schweißverbindungen zu besichtigen.

Schmelzgeschweißte Nähte sind in Abhängigkeit von Prüfgruppe, Wanddicke s[1)] und Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung nach den in den Tafeln 1b, 2b und 3b des AD 2000-Merkblatts HP 0 angegebenen Prüfverfahren, Prüfklassen und Prüfumfängen zu prüfen. Die für die verschweißte Wanddicke[1)] zugrunde zu legenden Maße t oder *a* sind in den Bildern 1 bis 3 dargestellt.

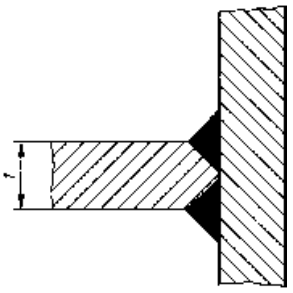


Bild 1

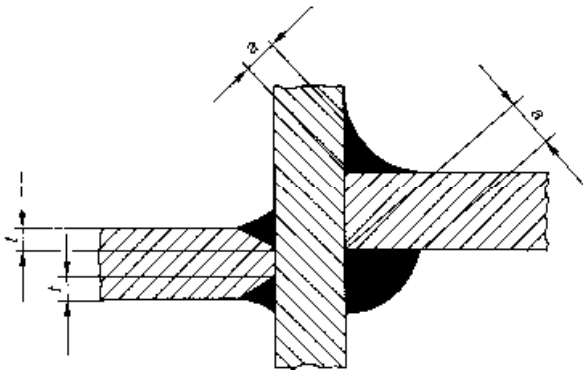


Bild 2

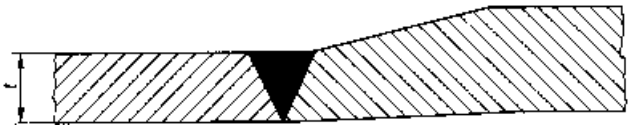


Bild 3

Der nach den Tafeln 1b, 2b und 3b des AD 2000-Merkblatts HP 0 in den Spalten 16 und 18 festgelegte Prüfumfang für Längs- und Rundnähte gibt den Prozentsatz der Nahtlänge eines Druckbehälters an. Der Prüfumfang für Stoßstellen und Stutzennähte in den Spalten 17 und 20 bezieht sich auf die Anzahl der Stoßstellen und Stutzennähte eines Behälters. Als Stutzennaht gilt die Verbindungsnaht zwischen Behälterwandung und Stutzen.

Weitere Stumpfnähte (Rund- und Längsnähte) am Stutzen mit Innendurchmessern ≥ 120 mm und einer Wanddicke > 15 mm sind im gleichen Umfang wie die Stutzennähte zu prüfen. Die anzuwendenden Prüfverfahren richten sich nach den Tafeln 1b, 2b und 3b des AD 2000-Merkblatts HP 0, Spalte 19; Oberflächenprüfungen sind nicht erforderlich.

Bei Schmelzschweißverbindungen zwischen Werkstoffen unterschiedlicher Prüfgruppen sind die jeweils höheren Anforderungen zugrunde zu legen.

1) Für s, t oder *a* sind die Zeichnungsmaße zugrunde zu legen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei Mischverbindungen zwischen ferritischen und sonstigen Werkstoffen (z. B. Austenit, Nickelbasislegierungen) sind Prüfmethode und Prüfumfang zwischen den Beteiligten (Hersteller, Besteller/Betreiber und der zuständigen unabhängigen Stelle) zu vereinbaren.

Die nach Tafel 1b des AD 2000-Merkblatts HP 0, Spalte 23 und 24, festgelegte Oberflächenprüfung nach dem Magnetpulver- (MT) oder Eindringverfahren (PT) ist in dem dort angegebenen Prüfumfang auf beiden Seiten der Schweißverbindung durchzuführen. Wenn nur eine Seite zugänglich ist, erfolgt die Prüfung in dem angegebenen Umfang nur auf einer Seite.

Bei Anwendung anderer Schweißverfahren ist das Prüfverfahren zwischen den Beteiligten (Hersteller, Besteller/Betreiber und der zuständigen unabhängigen Stelle) abzustimmen.

2.2 Abweichende Festlegungen zum Prüfumfang

2.2.1 Reduzierung des Prüfumfanges

Die in den Tafeln 1 und 2 des AD 2000-Merkblatts HP 0 als Voraussetzung für die Inanspruchnahme des reduzierten Prüfumfanges genannten Erfahrungen sind gegeben, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1) Serienfertigung ab 50. Behälter oder jeweils innerhalb des Geltungsbereiches einer Verfahrensprüfung bei den Werkstoffen der Prüfgruppen 1, 2, 6, 7, Al 1 und Al 2 nach 25 Arbeitsprüfungen, bei den Werkstoffen der Prüfgruppen 4.1, 5.1 und 5.2 nach 50 Arbeitsprüfungen;
2) bei einem Wechsel der Prüfaufsicht und bei längerer Unterbrechung der Fertigung muss die Erfahrung erhalten geblieben sein;
3) gleiches Prüfverfahren;
4) die Ergebnisse der vorausgegangenen zerstörungsfreien Prüfungen dürfen keine schwerwiegenden Mängel oder systematischen Fehler gezeigt haben.

Erleichterungen können bei Rundnähten, die mit vollmechanisierten Verfahren geschweißt werden, auch in Anspruch genommen werden, wenn bei den Prüfgruppen 1, 2, 6, Al 1 und Al 2 150 m Nahtlänge und bei den Prüfgruppen 4.1, 5.1 und 5.2 300 m Nahtlänge innerhalb des Geltungsbereiches einer Verfahrensprüfung geschweißt worden sind. Die Bedingungen 2), 3) und 4) sind dabei einzuhalten.

2.2.2 Erhöhung des Prüfumfanges

Zusätzlich zu dem unter Abschnitt 2.1 genannten Prüfumfang sind zu prüfen:

1) Kreuzungen von Stumpfnähten;
2) Stumpfnähte im Bereich von Bohrungen und Ausschnitten, wenn der Abstand der Stumpfnaht zum Bohrungs- oder Ausschnittrand $< 3 \cdot$ Wanddicke der Stumpfnaht beträgt;
3) einseitig geschweißte Längsnähte und andere einseitig geschweißte, voll beanspruchte Nähte (z. B. Eckschweißungen nach AD 2000-Merkblatt B 2 Abschnitt 2.3) sind hinsichtlich des Umfanges der zerstörungsfreien Prüfungen wie bei zulässiger Berechnungsspannung von 100 % zu behandeln. Bei Inanspruchnahme des reduzierten Prüfumfanges ist für die Prüfgruppen 1, 5.1 und 6 eine nicht objektgebundene zerstörungsfreie Prüfung zulässig;
4) Anschlussnähte gewölbter Böden ohne zylindrischen Bord an Schüssen;
5) die Schweißverbindungen bei aus Einzelteilen zusammengeschweißten und anschließend umgeformten Böden im Bereich der Krempe und des zylindrischen Bordes, wobei die Oberflächenprüfung (MT, PT)
   - bei warmumgeformten Böden an der Außenseite,
   - bei kaltumgeformten Böden an der Innen- und Außenseite

   erfolgt;
6) Schweißverbindungen in Bereichen, die während des Betriebs hoch beansprucht werden (AD 2000-Merkblatt S 1 Abschnitt 7.2.2).

2.2.3 Zünd- und Kontaktstellen

Zündstellen und Kontaktstellen mit Anschmelzungen sind zu beschleifen. Sie sind, wenn dies wegen der verwendeten Werkstoffe oder wegen der auftretenden Beanspruchungen erforderlich ist, einer Oberflächenprüfung (MT, PT) zu unterziehen.

2.2.4 Vorgehensweise bei Ausbesserungen

Werden bei der Prüfung Fehler festgestellt, die ausgebessert werden müssen, so ist der prozentuale Prüfumfang in den betroffenen Nahtbereichen oder Nähten unter Berücksichtigung der Fehlerursache (z. B. Handfertigkeitsfehler des Schweißers) zu verdoppeln, falls diese Nähte nicht schon zu 100 % geprüft werden.

Bei systematischen Schweißnahtfehlern, gekennzeichnet durch große Häufigkeit gleichen Fehlertyps über lange Nahtabschnitte, ist der Prüfumfang auf 100 % zu erhöhen.

Werden bei der nicht objektgebundenen Prüfung Fehler festgestellt, die ausgebessert werden müssen, so ist der erhöhte Prüfumfang so lange anzuwenden, bis die Fehlerursache erkannt und abgestellt worden ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3 Zeitpunkt der zerstörungsfreien Prüfung

Soweit eine Wärmebehandlung oder Umformung der Schweißverbindung nach dem Schweißen vorgesehen ist, sind die zerstörungsfreien Prüfungen grundsätzlich nach der letzten Wärmebehandlung oder Umformung durchzuführen.

Sind Schweißverbindungen nach der letzten Wärmebehandlung nicht mehr zugänglich, können zwischen den Beteiligten (Hersteller, Besteller/Betreiber und der zuständigen unabhängigen Stelle) andere Vereinbarungen getroffen werden.

Bei Schweißverbindungen, die sowohl mit dem Ultraschall- als auch mit dem Durchstrahlungsverfahren geprüft werden, kann die Durchstrahlungsprüfung vor der letzten Wärmebehandlung durchgeführt werden.

4 Bewertung von Anzeigen

4.1 Allgemeine Hinweise

Die in den folgenden Abschnitten enthaltenen Bewertungskriterien der Anzeigen von Ultraschall-, Durchstrahlungs- und Oberflächenprüfungen (MT, PT) dienen als Anhaltswerte. Abweichungen können zwischen den Beteiligten vereinbart werden, wobei Gestaltung und Beanspruchung des Druckbehälters, Art der Schweißverfahren, äußerer Befund der Schweißverbindung, mechanisch-technologische Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe sowie Messtoleranzen der Prüfsysteme berücksichtigt werden sollen.

Wenn die Bewertung von Anzeigen unter Berücksichtigung der nachfolgenden Kriterien zu Bedenken Anlass gibt, so ist ein Ausbessern oder eine Kontrollprüfung mit geeigneten anderen Prüftechniken oder Prüfverfahren oder stichprobenweises Öffnen der Naht erforderlich.

4.2 Prüfbereiche

Zum Prüfbereich gehören das Schweißgut und die wärmebeeinflussten Zonen.

4.3 Bewertung von Durchstrahlungsbildern

4.3.1 Risse, Bindefehler, Wurzelfehler

Risse und Flankenbindefehler sind nicht zulässig.

Nicht durchgeschweißte Wurzeln bei einseitig geschweißten Nähten sind nicht zulässig.

Bei unbearbeiteten Wurzeln einseitig geschweißter Nähte sind flacher Wurzelrückfall und flache Wurzelkerben zulässig.

Lagenbindefehler in drei- oder mehrlagigen Schweißverbindungen und Wurzelfehler in beidseitig geschweißten Nähten sind wie Einschlüsse nach Abschnitt 4.3.2 zu behandeln.

4.3.2 Feste und gasförmige Einschlüsse

4.3.2.1 Mehrlagige Schweißverbindungen

Es können feste Einschlüsse (einschließlich Oxide in Aluminiumschweißverbindungen), Porenketten, parallel zur Oberfläche verlaufende Schlauchporen sowie Wolframeinschlussketten nach den Anhaltswerten der Tafel 1 unter Berücksichtigung des Gesamteindruckes (aus dem Schwärzungsgrad abschätzbare Tiefenausdehnung, Form, Orientierung) belassen werden.

Mehrere hintereinander liegende Einschlüsse, welche die Bedingungen der Tafel 1 erfüllen, können belassen werden, wenn die Summe ihrer Längen auf einer Nahtlänge von $6 \cdot t$ oder $6 \cdot a$ kleiner als t oder a bleibt und wenn das fehlerfreie Schweißgut zwischen zwei benachbarten Fehlern eine Ausdehnung aufweist, die mindestens gleich der doppelten Länge des größeren der beiden Einschlüsse ist. Bei Nahtlängen unter $6 \cdot t$ oder $6 \cdot a$ gilt diese Bedingung proportional.

Die Fläche der auf dem Durchstrahlungsbild erkennbaren Poren darf, auf 150 mm Nahtlänge bezogen, nicht mehr als $1{,}5 \cdot t$ oder $1{,}5 \cdot a$ (in mm^2) betragen. Der maximale Porendurchmesser darf dabei nicht mehr als $0{,}25 \cdot t$ oder $0{,}25 \cdot a$ (max. 4 mm) betragen.

Örtliche Porenkonzentrationen in Form von Porennestern sollten nur vereinzelt auftreten.

Schlauchporen, die senkrecht zur Oberfläche verlaufen, sind unter Berücksichtigung ihrer Tiefenausdehnung (abschätzbar aus dem Schwärzungsgrad) nur als Einzelfehler bei Anschlussquerschnitten über 10 mm zulässig.

Wolframeinschlüsse sollen bei Wanddicken bis 12 mm eine Länge von 3 mm, bei größeren Wanddicken den Wert von $t/4$ oder $a/4$ (max. 5 mm) nicht überschreiten. Örtliche Einschlusskonzentrationen sollten nur vereinzelt (max. drei je Meter) auftreten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 — Anhaltswerte für zulässige Längen von Einschlüssen in mehrlagigen Schweißverbindungen bei der Bewertung von Durchstrahlungsbildern

t oder *a*[1)] mm	Länge mm
≤ 10	7
> 10 bis ≤ 75	$^2/_3$ *t* oder $^2/_3$ *a*
> 75 bis ≤ 150	50 $^2/_3$ *t* oder $^2/_3$ *a* bei mehr als 10 mm Fehlerabstand von der endgültigen Oberfläche[2)]
> 150	50 100 bei mehr als 10 mm Fehlerabstand von der endgültigen Oberfläche[2)]

1) Siehe Bild 1 bis 3.

2) Die Tiefenlage kann mittels Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung mittels Stereoaufnahme ermittelt werden.

4.3.2.2 Einlagige Schweißverbindungen

Bei einlagigen Schweißverbindungen dürfen vereinzelte Poren belassen werden, wenn deren Durchmesser $0{,}25 \cdot t$ oder $0{,}25 \cdot a$ nicht überschreitet.

4.4 Bewertung von Ultraschallanzeigen

4.4.1 Allgemeines

Sofern Prüfbefunde im Ausmaß unzulässiger Fehler durch Ultraschallprüfung sich nicht eindeutig beurteilen lassen, sind Kontrollprüfungen, z. B. Durchstrahlungsprüfungen, durchzuführen. Wird dadurch der Fehler bestätigt, ist auszubessern. Wird ein zulässiger Fehler eindeutig nachgewiesen, kann er belassen werden.

Die Ausbesserung muss auch dann erfolgen, wenn die Kontrollprüfung nicht eindeutig eine unwesentliche Ursache der US-Anzeige ergibt.

4.4.2 Längsfehlerprüfung

Die Bewertung erfolgt nach den in Tafel 2 genannten Anhaltswerten.

Hintereinander liegende Anzeigen gleicher Tiefenlage müssen um mindestens das Doppelte der Länge der längeren Anzeige voneinander entfernt sein. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, sind die betreffenden Anzeigen als zusammenhängend zu betrachten und nach Tafel 2 zu bewerten.

Übereinander liegende Anzeigen müssen in Dickenrichtung einen Abstand aufweisen, der größer als die Länge der längeren Anzeige ist.

Aufgrund von Kontrollprüfungen zulässige Fehlerlängen über 50 mm müssen mehr als 10 mm unter der endgültigen Oberfläche liegen.

Werden die Zulässigkeitskriterien überschritten, müssen zur Festlegung des Ausbesserungsbereiches auch benachbarte Reflexionsstellen bis zu 6 dB unter der Registriergrenze in die Bewertung miteinbezogen werden.

4.4.3 Querfehlerprüfung

Alle Fehler, die bei der Querfehlerprüfung angezeigt werden und bei denen nicht eindeutig nachgewiesen werden kann, dass sie von einem bereits erfassten Längsfehler herrühren, gelten als Querfehler. Zulässig sind für Querfehler jedoch nur maximal drei Fehler pro Meter Schweißnaht mit Ausdehnungen bis zu 10 mm Registrierlänge und Echohöhen bis zu 6 dB über der Registriergrenze. Treten bei der Querfehlerprüfung nicht voneinander trennbare Echoanzeigen (Anzeigenscharen) auf, so muss ausgebessert werden, und zwar auch dann, wenn die Anzeigen unterhalb der Registriergrenze liegen. Hierzu ist die Prüfempfindlichkeit so einzustellen, dass Anzeigen registriert werden können, die bei Anwendung der AVG-Methode die Echohöhe eines Kreisscheibenreflektors mit einem Durchmesser von 1 mm überschreiten oder bei Anwendung der Vergleichskörper- oder Vergleichslinienmethode bis zu 12 dB unterhalb der vorgegebenen Registriergrenze liegen. Eine Abweichung von dieser Bewertung ist nur zulässig, wenn stichprobenweise durch Öffnen der Naht eindeutig nachgewiesen wurde, dass die Anzeigen nicht von Rissen herrühren.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Anhaltswerte für zulässige Ultraschallbefunde bei der Prüfung auf Längsfehler

t oder a[1)] mm	max. zulässige Registrierlänge von Einzelfehlern mm	Summe aller Registrierlängen je 6 · t oder 6 · a mm
≤ 6	–	–
> 6 bis ≤ 10	10	20
> 10 bis ≤ 20	20	30
> 20 bis ≤ 40	25	1,5 · t oder 1,5 · a
> 40 bis ≤ 60	30	1,5 · t oder 1,5 · a
> 60 bis ≤ 120	40	2 · t oder 2 · a
> 120	50	2 · t oder 2 · a

1) Siehe Bild 1 bis 3.

Die Registriergrenzen sind der Anlage 1 zu entnehmen.

Punktförmige registrierpflichtige Anzeigen werden zur Ermittlung der Summe aller Registrierlängen mit 10 mm angenommen.

Maximal zulässige Echohöhenüberschreitung der Registriergrenze bis 6 dB.

Bei Wanddicken > 10 mm darf je Meter Naht eine Anzeige mit einer Echohöhenüberschreitung bis 12 dB von 10 mm Länge vorhanden sein. Bei derartigen Anzeigen ist jedoch eine stichprobenweise Kontrollprüfung erforderlich. Als zusätzliche Untersuchung kommt z. B. eine Durchstrahlungsprüfung oder stichprobenweises Öffnen der Naht in Betracht.

4.4.4 Zusätzliche Beurteilungskriterien

Anzeigen, die auf flächenhaften Charakter schließen lassen, oder registrierpflichtige Anzeigen bei der Tandemprüfung geben Anlass zu Bedenken (siehe Abschnitt 4.1).

4.5 Bewertung von Befunden der Oberflächenprüfung

Lineare Anzeigen, die auf Werkstofftrennungen zurückzuführen sind, sind unzulässig.

Oberflächenporen sind vereinzelt zulässig.

5 Überwachung der Prüfungen

Die zuständige unabhängige Stelle überzeugt sich von der einwandfreien Durchführung der Prüfungen, insbesondere hinsichtlich Art, Umfang und Auswahl der geprüften Stellen, der sachgemäßen Ausführung und Bewertung der Anzeigen. Stellt sie dabei bedenkliche Mängel fest, hat sie die Wiederholung der Prüfungen oder Ausbesserungen zu verlangen.

Bei Anwendung des Durchstrahlungsverfahrens sind der zuständigen unabhängigen Stelle die Filme und Prüfberichte einschließlich der vor Ausbesserungen angefertigten Aufnahmen vorzulegen. Die zuständige unabhängige Stelle überzeugt sich in der Regel durch Stichproben, ob sie zu einer ähnlichen Bewertung der Filme kommt. Stellt sie dabei mangelhafte Übereinstimmung der Bewertung fest, hat sie sämtliche Filme im Rahmen des Prüfumfangs zu bewerten.

Bei Anwendung des Ultraschallverfahrens begutachtet die zuständige unabhängige Stelle die Prüfberichte. Die Ergebnisse der werksseitig durchgeführten Ultraschallprüfung werden von der zuständigen unabhängigen Stelle stichprobenweise bis zu 10 % des Prüfumfanges nicht objektgebunden überprüft.

Bei Anwendung der Oberflächenprüfung (MT, PT) sind der zuständigen unabhängigen Stelle die Prüfberichte vorzulegen.

6 Abweichungen

Abweichungen von den Festlegungen dieses Merkblattes oder von der Anlage 1 zu diesem Merkblatt sind zwischen den Beteiligten (Hersteller, Besteller/Betreiber und der zuständigen unabhängigen Stelle) abzustimmen.

7 Prüfbericht

Über die zerstörungsfreien Prüfungen sind Prüfberichte auszustellen. Der Prüfbericht hat ggf. Hinweise zu Ausbesserungen zu enthalten. Die Prüfberichte für die Prüfverfahren Magnetpulverprüfung, Eindringprüfung und Durchstrahlungsprüfung müssen den entsprechenden Abschnitten der zutreffenden und in Anlage 1 zu diesem Merkblatt genannten Prüfnormen entsprechen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Für die Ultraschallprüfung muss der Prüfbericht neben der eindeutigen Zuordnung zum Prüfobjekt

- Herstell-Nr.,
- Zeichnungs-Nr.,
- Werkstoff,
- Abmessungen,
- Schweißverfahren,
- geprüfter Bereich

folgende weitere Informationen enthalten:

- Prüfklasse,
- Oberflächenzustand,
- Prüfgerät,
- Prüfköpfe,
- Koppelmittel,
- Einschallpositionen,
- Justierreflektoren (Art, Schallweg),
- Registriergrenze,
- Echohöhe des Justierreflektors,
- Verstärkungszuschlag,
- ggf. Schallschwächung,
- Korrekturwerte bei Justierung am Kontrollkörper.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2015**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindungen **Verfahrenstechnische Mindestanforderungen für die zerstörungsfreien Prüfverfahren**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 5/3 Anlage 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Vorbemerkung	2
2	Durchstrahlungsprüfung (RT)	2
3	Ultraschallprüfung (UT)	2
4	Magnetpulverprüfung (MT)	5
5	Eindringprüfung (PT)	5
6	Sonstige Verfahren	5

Ersatz für Ausgabe Januar 2002; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Vorbemerkung

Dieses AD 2000-Merkblatt beschreibt die verfahrenstechnischen Mindestanforderungen und enthält einige Beispiele für die Bewertung von Prüfergebnissen.

2 Durchstrahlungsprüfung (RT)

Für die Durchführung der Durchstrahlungsprüfung gelten die Regelungen der DIN EN ISO 17636-1.

Die in den Tafeln 1b, 2b und 3b des AD 2000-Merkblatts HP 0 geforderten Prüfklassen entsprechen für die Durchstrahlungsprüfung den Klassen nach DIN EN ISO 17636-1.

3 Ultraschallprüfung (UT)

3.1 Stumpfnähte

3.1.1 Prüfklassen

Bei der Längsfehlerprüfung nach Prüfklasse A genügt es im Allgemeinen, die Prüfung der Schweißnaht nur von einer Oberfläche und einer Nahtseite aus (Position 1, 2, 3 oder 4 in Bild 1) mit nur einem Prüfwinkel vorzunehmen.

Zur Querfehlerprüfung ist von der Nahtoberfläche aus einzuschallen (Position 1 und 2 in Bild 2). Wenn dies wegen der Rauigkeit der Decklage nicht möglich ist, darf von der Grundwerkstoffoberfläche aus eingeschallt werden (Position 3 und 4 oder 5 und 6 in Bild 2).

Bei der Prüfklasse B muss die Schweißnaht von beiden Nahtseiten geprüft werden (für die Längsfehlerprüfung nach den Positionen 1 und 2 oder den Positionen 3 und 4 nach Bild 1, für die Querfehlerprüfung nach den Positionen 1 und 2 in Bild 2). Wenn dies wegen der Rauigkeit der Decklage nicht möglich ist, darf von der Grundwerkstoffoberfläche aus geprüft werden (Position 3 bis 6 in Bild 2).

Bei Prüfklasse C ist die Längsfehlerprüfung wie bei Prüfklasse B, die Querfehlerprüfung von der Nahtoberfläche aus, d. h. von den Positionen 1 und 2 in Bild 2 aus, durchzuführen. Dazu muss gegebenenfalls die Ankopplung durch Bearbeiten der Deckraupe ermöglicht werden. Diese Bearbeitung ist bereits vor der Längsfehlerprüfung vorzunehmen. Bei Wanddicken > 100 mm ist zusätzlich eine Prüfung nach der Tandem-Methode auf Längs- und Querfehler vorzunehmen.

3.1.2 Einschallwinkel

Bei Prüfflächen, die in Prüfrichtung nicht gekrümmt sind, sollte der Einschallwinkel nicht kleiner als 45 Grad sein. Bei den Prüfklassen A und B und bei der Prüfklasse C im Wanddickenbereich ≤ 40 mm ist durch geeignete Wahl des Einschallwinkels sicherzustellen, dass die Auftreffwinkel an den zu prüfenden Oberflächen 70 Grad nicht überschreiten.

Auftreffwinkel sind die Winkel zwischen Hauptstrahl und Oberflächennormale am Auftreffpunkt (Beispiel Winkel β_1 und β_2 in Bild 4). Falls erforderlich, sind zur Erfüllung dieser Bedingung für den Auftreffwinkel entsprechende Einschallwinkel einzusetzen, oder es ist auch von weiteren Prüfflächen aus einzuschallen.

Bei Wanddicken > 40 mm ist – soweit es die Geometrie der Naht zulässt – für die Längs-, Schräg- und Querfehlerprüfung ein Winkelprüfkopf zu verwenden, mit dem die oberflächennahen Zonen mit Auftreffwinkeln < 60 Grad erfasst werden. Zusätzlich ist in der Prüfklasse C bei diesen Wanddicken ein Winkelkopf zu verwenden, dessen Hauptstrahl möglichst senkrecht auf flächenhafte, senkrecht zur Oberfläche verlaufende Fehler auftrifft. Ergibt es sich, dass diese Bedingungen am besten unter Senkrechteinschallung zu erfüllen sind, ist hierfür ein Senkrechtprüfkopf zu verwenden.

Wenn auf senkrecht oder annähernd senkrecht zur Oberfläche verlaufende Fehler nach dem Tandemverfahren geprüft wird, so ersetzt diese Prüfung den zuvor geforderten zusätzlichen Einschallwinkel.

3.1.3 Breite der Prüffläche

Die Breite des als Prüffläche vorzubereitenden Oberflächenstreifens ergibt sich aus der Forderung, dass die Längsfehlerprüfung bei jedem Volumenelement der Schweißnahtzone in den Bereichen von mindestens zwei halben Sprungabständen durchzuführen ist, sofern nicht durch Einschallen von einer anderen Oberfläche aus unter einem entsprechenden zweiten Einschallwinkel geprüft wird.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei Wanddicken > 40 mm und Prüfklasse C ergibt sich die Breite der Prüffläche aus der Forderung, dass der Auswertebereich beim kleineren Einschallwinkel den ganzen Sprungabstand und beim großen Einschallwinkel den halben Sprungabstand umfasst.

Zur Schweißnahtzone gehören das Schweißgut und der beiderseits angrenzende Grundwerkstoff in einer Breite von

- je 10 mm bei Wanddicken ≤ 30 mm,
- je ⅓ der Wanddicke bei Wanddicken > 30 bis ≤ 60 mm,
- je 20 mm bei Wanddicken > 60 mm.

3.2 Stutzen- und Anschweißnähte

3.2.1 Bei der Prüfung sind das Schweißgut und der angrenzende Grundwerkstoff so weit wie möglich zu erfassen.

3.2.2 Bei der Längsfehlerprüfung genügt bei Prüfklasse A die Prüfung von einer Nahtseite mit einem Einschallwinkel (z. B. Positionen 1 oder 2 nach Bild 5).

Bei Prüfklasse B und C erfolgt die Prüfung von beiden Nahtseiten mit einem Einschallwinkel (z. B. Position 1 und 2 nach Bild 5).

Zusätzlich ist bei Wanddicken $s > 40$ mm bei Prüfklasse C eine weitere Einschallposition (z. B. Position 3 nach Bild 5) anzuwenden.

Bei der Längsfehlerprüfung sind das Schweißgut und der angrenzende Grundwerkstoff so weit wie möglich im ganzen Sprungabstand zu erfassen.

3.2.3 Bei der Querfehlerprüfung genügt bei Prüfklasse A und B und bei Prüfklasse C mit Wanddicken $s \leq 40$ mm die Prüfung im spitzen Winkel, im halben Sprungabstand, mit einem Einschallwinkel und von einer Oberfläche aus (z. B. Position 4 und 5 nach Bild 5).

Bei Prüfklasse C mit Wanddicken $s > 40$ mm ist zusätzlich eine Prüfung von einer weiteren Oberfläche aus erforderlich (z. B. Position 6 und 7 nach Bild 5).

3.2.4 Falls aufgrund der geometrischen Bedingungen am Bauteil eine andere als in Bild 5 dargestellte Einschallposition im Hinblick auf die Prüfaussage günstiger ist, soll diese Einschallposition angewendet werden.

3.3 Prüfrichtung

Neben den besonders sorgfältig zu erfassenden Richtungen für die Längs- und Querfehlerprüfung sind auch alle zwischen diesen Richtungen liegenden Seitenrichtungen im Hinblick auf mögliche Fehlerorientierungen zu berücksichtigen und dementsprechend alle Prüfrichtungen anzuwenden. Hierzu genügt es, neben der Hin- und Herbewegung des Prüfkopfes für die Längs- und Querfehlerprüfung diesen Vorgang unter fächerndem Schwenken zu wiederholen.

Bei gekrümmten Oberflächen ist wegen der ständig wechselnden Ankopplungsbedingungen auf ausreichende Ankopplung zu achten. Bei Großbadschweißungen (z. B. Elektroschlackeschweißnähten) ist noch eine zusätzliche Prüfrichtung auf Schrägfehler unter einem Seitenwinkel von 45 Grad erforderlich (Bild 3).

Bei Rundnähten mit Durchmesser ≤ 101,6 mm entfällt die Querfehlerprüfung.

3.4 Oberflächenzustand

Die Ankopplungsflächen dürfen keine Erhebungen oder Vertiefungen aufweisen, damit der Prüfkopf an jeder Stelle satt aufliegt und nicht kippen kann und der Einschallwinkel eindeutig festliegt. Die Ankopplungsfläche muss frei von Rost, Zunder, Schweißspritzern und sonstigen, die Ankopplung störenden Verunreinigungen sein. Riefen senkrecht zum Hauptstrahl, welche die Prüfungen wesentlich beeinträchtigen, müssen beseitigt werden.

3.5 Prüffrequenzen

Im Allgemeinen ist bei Wanddicken ≤ 40 mm eine Frequenz von 4 MHz und bei Wanddicken > 40 mm eine Frequenz von 2 MHz anzuwenden.

3.6 Empfindlichkeitsjustierung

3.6.1 Registriergrenze

3.6.1.1 AVG-Methode

Für die Senkrecht- und Winkeleinschallung gelten für nicht formbedingte Echos jeweils die Echohöhen der in Tafel 1 angegebenen Kreisscheibenreflektoren.

Für die Tandemprüfung gilt die Echohöhe eines Kreisscheibenreflektors von 6 mm Durchmesser.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 — Registriergrenze in Abhängigkeit von der verschweißten Wanddicke für Längs- und Querfehler

$t^{1)2)}$ oder $a^{2)}$ mm	Durchmesser des Kreisscheibenreflektors mm			
	Eisenwerkstoffe		Aluminiumwerkstoffe	
	Winkeleinschallung	Senkrechteinschallung	Winkeleinschallung	Senkrechteinschallung
≤ 15	1,0	2,0	1,0	2,0
> 15 bis ≤ 20	1,5	2,0	1,5	2,0
> 20 bis ≤ 40	2,0	2,0	2,0	2,0
> 40	3,0	3,0	2,0	3,0

1) Siehe AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Bild 1 bis 3.

2) Bei unterschiedlichen verschweißten Wanddicken ist die kleinere ohne Berücksichtigung der Raupenhöhe maßgebend.

3.6.1.2 Vergleichskörper- oder Vergleichslinienmethode

Es gilt eine Anzeigenhöhe von 50 % (Verstärkungszuschlag: 6 dB) der Echohöhe der in Bild 6 angegebenen Justierreflektoren.

3.6.2 Absenken der Registriergrenze bei Querfehlerprüfung

Treten bei der Querfehlerprüfung nicht voneinander trennbare Echoanzeigen (Anzeigenscharen) auf, so ist die Prüfempfindlichkeit so einzustellen, dass Anzeigen registriert werden, die bei Anwendung der AVG-Methode die Echohöhe eines Kreisscheibenreflektors mit einem Durchmesser von 1 mm überschreiten oder bei Anwendung der Vergleichskörper- oder Vergleichslinienmethode bis zu 12 dB unterhalb der vorgegebenen Registriergrenze liegen.

3.6.3 Transferkorrektur

Die in Abschnitt 3.6.1 angegebenen Grenzwerte für die Registrierung gelten nur nach Anwendung der Transferkorrektur zur Berücksichtigung der wechselnden Ankopplungs- und Schwächungsbedingungen im Prüfstück oder der Unterschiede gegenüber dem Justierkörper. Diese Korrektur ist an verschiedenen Stellen zu kontrollieren, wobei insbesondere auf die Schallweganteile im Schweißgut und die Gleichmäßigkeit der Oberflächenbedingungen zu achten ist.

Für die Prüfung von Stutzen- und Anschweißnähten sind die an vergleichbaren Stellen des Bauteils ermittelten Transferkorrekturen anzuwenden.

3.7 Formbedingte Reflexionsstellen

Für Formechos, die an Raupenflanken entstehen können (Bild 7, Stellung 1), gilt der Nachweis als erbracht, wenn vom mutmaßlichen Ort des Reflektors bei Einschallung von der anderen Seite der Schweißverbindung (Bild 7, Stellung 2) kein Echo angezeigt wird.

Zum Nachweis von Formechos an Schweißnähten mit schmalen Wurzeln soll ein Testkörper gleicher Dicke, Schallgeschwindigkeit und gegebenenfalls Krümmung wie der Prüfgegenstand mit einer 1 × 1 mm Rechtecknut verwendet werden. Die Lage der maximalen Echohöhe der Nut wird auf dem Bildschirm markiert. Der verkürzte Projektionsabstand wird am Testkörper gemessen (Bild 8 a und b). Die zu untersuchenden Reflektoren werden gemäß Bild 8 c und d so angeschallt, dass die dabei auftretenden Echoanzeigen mit ihrem Fußpunkt – ohne Berücksichtigung des Echomaximums – mit der zuvor ermittelten Bildschirmmarkierung in Deckung gebracht werden (Bild 8 e). Das nach Bild 8 a ermittelte Maß für den verkürzten Projektionsabstand a' wird auf der Oberfläche markiert (Bild 8 c). Falls nichts anderes vereinbart, gilt der Nachweis als erbracht, wenn die beiden Markierungen mindestens 3 mm Abstand haben. Andernfalls dürfen die Echoanzeigen nicht als Formechos klassifiziert werden (Bild 8 d).

Bei Kehlnähten mit Anzeigen vom Wurzelspalt ist entsprechend zu verfahren, wenn der Wurzelspalt nicht als Anpassfehler zu beurteilen ist.

Bei Stutzennähten mit konstruktiv unverschweißten Spalten gilt es als Fehler, wenn sich beim Prüfen aufgrund des Halbwertspiels ergibt, dass die Tiefenausdehnung des Spaltes um mehr als 3 mm größer sein kann, als konstruktiv vorgesehen ist. Es empfiehlt sich, ein entsprechendes Teststück zu verwenden.

3.8 Ausdehnung von Reflexionsstellen

Bei Überschreitung der Registriergrenze wird die Länge von Reflexionsstellen durch den Prüfkopfabstand gegeben, bei dem die Echohöhen um die in Tafel 2 angegebenen dB-Werte unter die Registriergrenze nach Abschnitt 3.6.1 abgefallen sind.

Bei Registrierlängen über 10 mm sind die Längen anzugeben. Punktförmige registrierpflichtige Anzeigen werden mit ≤ 10 mm protokolliert.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Wenn die Echohüllkurve bei der Prüfkopfverschiebung deutlich ein Plateau erkennen lässt oder durch andere Merkmale der Hinweis auf einen flächenhaften Charakter gegeben ist, so ist dies im Prüfbericht zu vermerken.

Tafel 2 — Echohöhenunterschreitung zur Bestimmung der Registrierlänge[1)]

***t* oder *a*[2)] mm**	**Echohöhenunterschreitung der Registriergrenze dB**
≤ 10	0
> 10 bis ≤ 40	6
> 40	12

1) Die Genauigkeit der Messung der Registrierlänge darf durch zusätzliche Prüfköpfe und unter Berücksichtigung der Schallbündelöffnung gesteigert werden, z. B. Prüfköpfe mit höheren Prüfgrenzen oder fokussierte Prüfköpfe.

2) Siehe AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Bild 1 bis 3.

4 Magnetpulverprüfung (MT)

Die Durchführung der Magnetpulverprüfung hat als Nassprüfung nach DIN EN ISO 17638 und den ergänzenden Festlegungen der Abschnitte 4.1 und 4.2 zu erfolgen.

4.1 Oberflächenvorbereitung

Besteht der Verdacht auf das Vorhandensein von Rissen oder haben sich bereits Risse gezeigt, sind die Prüfungen an überschliffenen Oberflächen vorzunehmen.

4.2 Kontaktstellen bei Selbstdurchflutung

4.2.1 Wird mittels Selbstdurchflutung geprüft, sollen nach Möglichkeit abschmelzende Elektroden (z. B. Blei-Zinn-Legierungen) verwendet werden. Es ist sicherzustellen, dass in den Kontaktbereichen Überhitzungen des zu prüfenden Werkstoffes vermieden werden.

4.2.2 Sind dennoch Überhitzungsbereiche entstanden, so sind sie zu kennzeichnen, nach Abschluss der Prüfung zu überschleifen und einer Magnetpulverprüfung mittels Jochmagnetisierung zu unterziehen.

5 Eindringprüfung (PT)

Die Durchführung der Prüfung hat nach DIN EN ISO 3452-1 zu erfolgen. Die Kontrolle der Prüfmittel und des Prüfmittelsystems erfolgt nach DIN EN ISO 3452-2.

6 Sonstige Verfahren

Werden andere als die unter Abschnitt 4 und 5 behandelten Verfahren angewendet, sind die Anforderungen mit den Beteiligten abzustimmen.

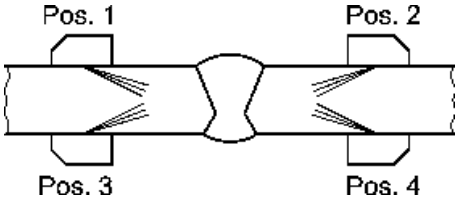


Bild 1 — Prüfkopfpositionen für die Längsfehlerprüfung

Prüfklasse A: Pos. 1, 2, 3 oder 4
Prüfklasse B und C: Pos. 1 und 2 oder Pos. 3 und 4

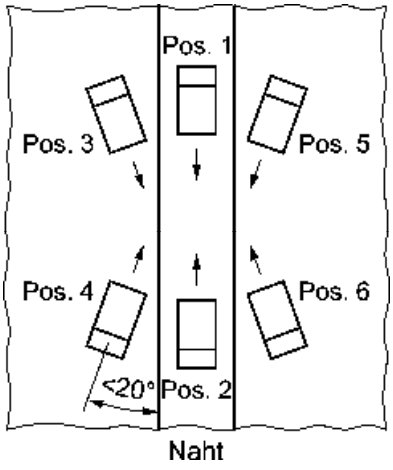


Bild 2 — Prüfkopfpositionen für die Querfehlerprüfung

Prüfklasse A: Pos. 3 und 4 oder Pos. 5 und 6, falls Pos. 1 und 2 nicht möglich
Prüfklasse B: Pos. 3 bis 6, falls Pos. 1 und 2 nicht möglich
Prüfklasse C: Pos. 1 und 2

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

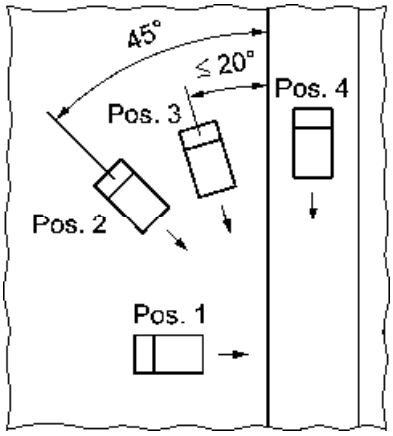


Bild 3 — Prüfkopfpositionen bei Längs-, Schräg- und Querfehlern

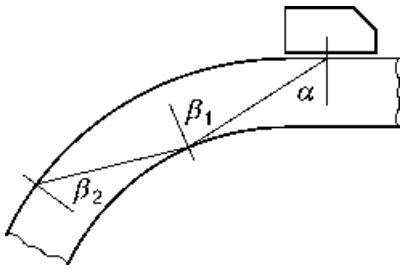
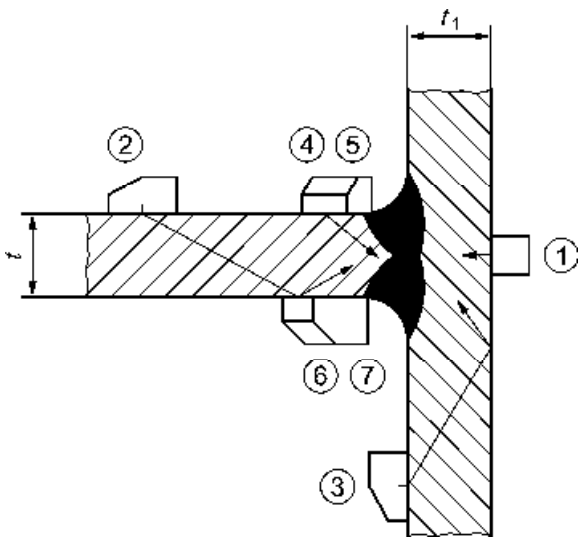


Bild 4 — Auftreffwinkel bei in Prüfrichtung gekrümmter Werkstoffgeometrie

Pos. 1: Längsfehler
Pos. 2: Schrägfehler
Pos. 3 oder 4: Querfehler



4, 5 Querfehlerprüfung in zwei gegensinnigen
6, 7 Prüfrichtungen mit Anstellwinkel zur Naht

Prüf-klasse	Wanddicke t, t_1 mm	Einschallposition	
		Längsfehler-prüfung	Querfehler-prüfung
A	alle	1 oder 2	4 und 5
B	alle	1 und 2	4 und 5
C	≤ 40		
	> 40	1 und 2 und 3	4 und 5 und 6 und 7

Bild 5 — Einschallpositionen für die Ultraschallprüfung von Stutzen- und Anschweißnähten

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

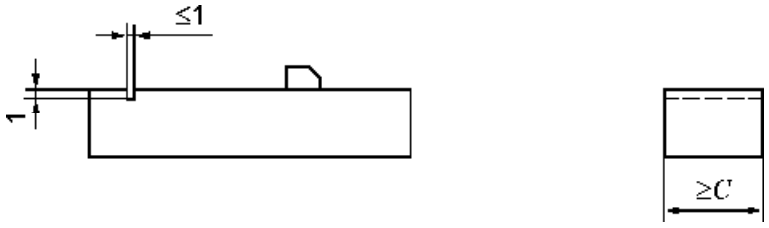
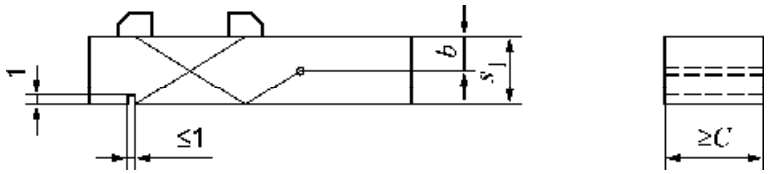
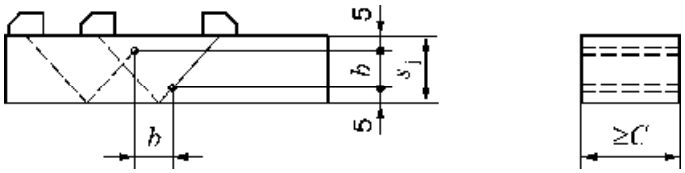
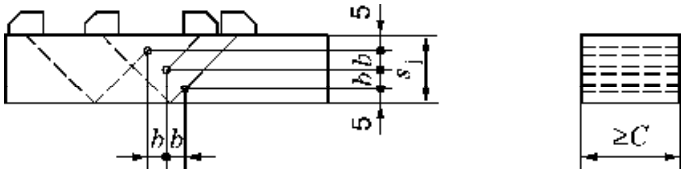
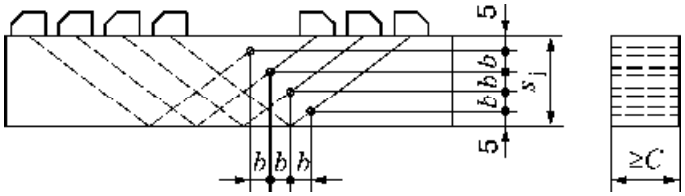
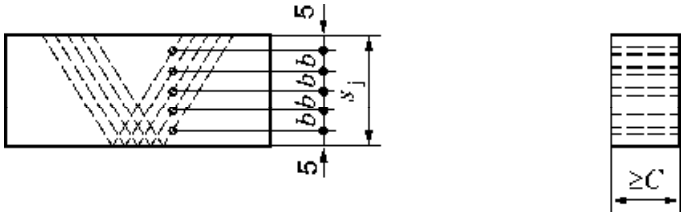
$s \leq 10$	
$10 < s \leq 15$	 Bohrungsdurchmesser = 3 mm $b = \frac{s_j}{2}$
$15 < s \leq 20$	 Bohrungsdurchmesser = 3 mm $b = s_j - 10$
$20 < s \leq 40$	 Bohrungsdurchmesser = 3 mm $b = \frac{s_j - 10}{2}$
$40 < s \leq 80$	 Bohrungsdurchmesser = 3 mm $b = \frac{s_j - 10}{3}$
$80 < s$	 Bohrungsdurchmesser = 3 mm $b = \frac{s_j - 10}{4}$

Bild 6 — Justier- oder Vergleichskörper zur Empfindlichkeitsjustierung bei der Schrägeinschallung

$$C = \frac{2 s_{max} \times \lambda}{D} \text{ [mm]}$$

s_{max}: maximaler Schallweg zum Vergleichsreflektor [mm]
λ: Wellenlänge [mm]
D: Schwingergröße quer zur Einschallrichtung [mm]

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

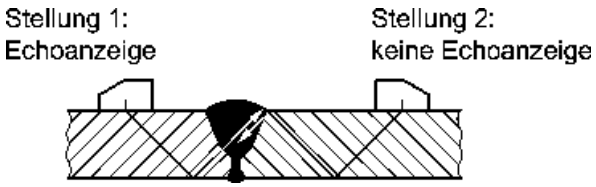


Bild 7 — Beispiel zum Nachweis eines Formechos

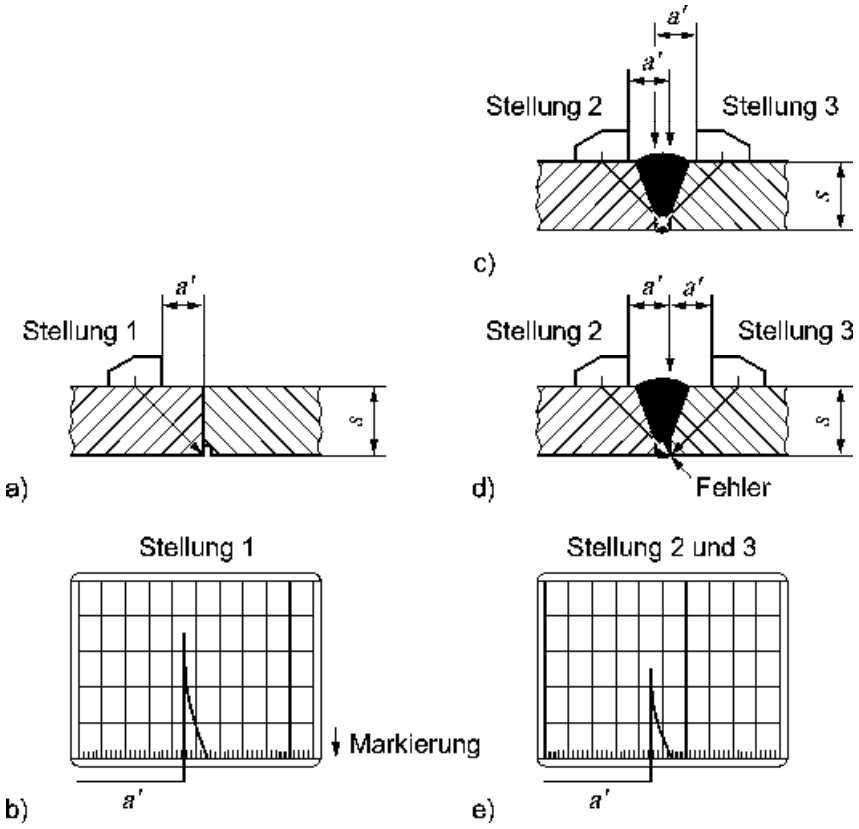


Bild 8 — Nachweis von Formechos durch Vergleich mit der Echoanzeige einer Nut

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2014**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Wärmebehandlung **Allgemeine Grundsätze**	AD 2000-Merkblatt **HP 7/1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Grundsätze für die Wärmebehandlung	2
3	Bescheinigungen	2

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Voraussetzungen und die Art der Wärmebehandlung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen nach dem Kaltumformen, Warmumformen oder Schweißen. Die Prüfungen nach Umformen sind in den AD 2000-Merkblättern HP 8/1 und HP 8/2 geregelt.

2 Grundsätze für die Wärmebehandlung

2.1 Die Hersteller müssen über geeignete Einrichtungen für die in Frage kommenden Wärmebehandlungen verfügen. Es können auch werksfremde Einrichtungen in Anspruch genommen werden, die die Voraussetzungen erfüllen.

2.2 Die Wärmebehandlungseinrichtungen müssen eine ausreichende Genauigkeit und Gleichmäßigkeit der Temperaturführung im Werkstück für die gewählte Art der Wärmebehandlung ermöglichen. Diese Anforderungen gelten als erfüllt, wenn die stationären Wärmebehandlungseinrichtungen für den jeweiligen Anwendungstemperaturbereich die Qualitätsklasse C nach DIN 17052-1 erfüllen. Bei Aluminium und Aluminiumlegierungen sowie Stählen mit engen zulässigen Temperaturspannen für die Wärmebehandlung gilt Qualitätsklasse B. Für örtliche Wärmenachbehandlungen von Stählen gilt die Qualitätsklasse II in DIN EN ISO 17663. Für Stahlsorten mit engen zulässigen Temperaturspannen für die Wärmenachbehandlung gilt Qualitätsklasse III in DIN EN ISO 17663.

Für das Durchführen der Wärmebehandlung und für die Temperaturmessung ist sachkundiges Personal einzusetzen.

Bei ortsfesten Wärmebehandlungseinrichtungen ist der Temperaturverlauf über die Zeit mit selbstschreibenden Instrumenten in einer der Größe der Einrichtung oder des Werkstückes angepassten Zahl von Messstellen festzuhalten. Werden bei ortsbeweglichen Wärmebehandlungseinrichtungen keine selbstschreibenden Instrumente verwendet, so sind die Messergebnisse festzuhalten.

2.3 Die Temperaturmesseinrichtungen sind in angemessenen Zeitabständen zu überprüfen. Über die Prüfung ist Protokoll zu führen. Die zuständige unabhängige Stelle ist berechtigt, bei der Schlussprüfung die Protokolle einzusehen.

2.4 Die Druckbehälterteile sind in der Regel einer Wärmebehandlung im Ganzen zu unterziehen. Hiervon kann beim Spannungsarm- und Anlassglühen von Schweißnähten und örtlich umgeformten Bereichen abgewichen werden, wenn die Schweißverbindung bzw. die Verformungszone bei der Wärmebehandlung voll erfasst wird, z. B. bei zylindrischen Bauteilen ein ausreichend breiter zylindrischer Abschnitt oder bei Längsnähten offener Schüsse die Nahtzone in ausreichender Breite über die Länge der Schweißnaht. Schroffe Temperaturübergänge sind zu vermeiden. Die zur Breite der erwärmten Zone L_W und zum Abstand L_{BW} zur nächsten Stumpfnaht in DIN EN ISO 17663 enthaltenen Vorgaben sind zu beachten.

2.5 Wärmebehandlungstemperatur und -dauer sind werkstoff- und bauteilbedingt. Die Angaben hierüber sind im Allgemeinen den Werkstoffspezifikationen zu entnehmen. Abhängig von Werkstoff, Wanddicke und Bauteilabmessungen sind auch die Wärm- und Abkühlgeschwindigkeiten zu wählen.

Bei Verbindung unterschiedlicher Werkstoffe kann sich die Notwendigkeit ergeben, von den jeweils angegebenen Temperaturen abzuweichen. Für die Verbindung unterschiedlicher Werkstoffe sind – falls erforderlich – die zweckmäßigen Bedingungen für eine Wärmebehandlung im Rahmen der Verfahrensprüfung festzulegen. Soweit bei häufig vorkommenden Werkstoffkombinationen Festlegungen bestehen, sollen diese angewendet werden.

2.6 Sollen einzelne Prüfstücke für Werkstoffprüfungen wärmebehandelt werden, so ist sicherzustellen, dass sie die gleiche Temperaturführung erhalten wie die zugehörigen Druckbehälter oder Druckbehälterteile. Dies erfordert beim Beilegen kleiner Prüfstücke bei der Wärmebehandlung großer Bauteile im Allgemeinen besondere Maßnahmen.

3 Bescheinigungen

3.1 Für Druckbehälter oder Druckbehälterteile, die wärmebehandelt wurden, ist von dem Werk, das die Wärmebehandlung durchgeführt hat, eine Bescheinigung über die Wärmebehandlung mit Angabe der Temperatur, der Art der Abkühlung und gegebenenfalls der Haltedauer auszustellen. In dieser Bescheinigung ist zu bestätigen, dass die Eignung der Wärmebehandlungseinrichtungen erstmalig festgestellt wurde.

3.2 Für warmgeformte Druckbehälterteile, die nach dem Warmumformen nicht wärmebehandelt wurden, ist vom Hersteller dieser Teile eine Bescheinigung darüber auszustellen, dass das Umformen innerhalb des nach der Werkstoffspezifikation für den Werkstoff angegebenen Temperaturbereiches begonnen und beendet worden ist. Die Art der Abkühlung ist ebenfalls anzugeben.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe März 2009**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Wärmebehandlung **Ferritische Stähle**	AD 2000-Merkblatt **HP 7/2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen
3 Wärmebehandlung nach dem Warmumformen
4 Wärmebehandlung nach dem Schweißen
5 Wärmebehandlung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen mit besonderen Anforderungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B+F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenem Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Wärmebehandlung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen aus ferritischen Stählen nach dem Kaltumformen, Warmumformen oder Schweißen. Ausgenommen hiervon sind die nichtrostenden und hitzebeständigen ferritischen Chromstähle[1)].

2 Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen

Vor dem Kaltumformen müssen sich die Werkstoffe im Lieferzustand entsprechend den Regelungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W befinden. Mit Rücksicht auf die durch Kaltumformen und Altern möglichen Veränderungen der Werkstoffeigenschaften ist nach folgenden Grundsätzen zu verfahren:

2.1 Druckbehälterteile für Druckbehälter, die bei Betriebstemperaturen herab bis –10 °C oder Umgebungstemperaturen betrieben werden, sind bei einem Umformgrad > 5 % (bei zylindrischen Schüssen und Kugelsegmenten $s > 0{,}05 \cdot D_m$) entsprechend den Festlegungen in der Werkstoffspezifikation wärmezubehandeln (Normalglühen oder Vergüten).

[1)] Bis zur Aufstellung eines AD 2000-Merkblattes für diese Stähle gelten die Festlegungen der VdTÜV-Werkstoffblätter.

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf photomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei Teilen aus Feinkornbaustählen mit Mindeststreckgrenzen ≥ 355 MPa, die bei einem Kaltumformgrad von > 2 % bis ≤ 5 % nicht spannungsarmgeglüht werden, ist die Kerbschlagarbeit zusätzlich an einem Probensatz je Schmelze mit gleichartiger Kaltumformung nach einem Anlassen von 30 min bei 250 °C zu ermitteln. Hierbei dürfen die in der Norm genannten Mindestwerte der Kerbschlagarbeit um 8 J unterschritten werden, aber nicht unter 27 J liegen. Sonderregelungen in den VdTÜV-Werkstoffblättern sind zu beachten.

2.2 Druckbehälterteile für Druckbehälter, die bei Betriebstemperaturen unter –10 °C betrieben werden, sind

(1) bei Stahlsorten nach DIN EN 10028- 3 und -4, DIN EN 10216-3 und -4 sowie DIN EN 10217-3 und -4 – ausgenommen 12Ni14, X12Ni5 und X8Ni9/X10Ni9 – bei Umformgraden > 2 %

(2) bei Stahlsorten 12Ni14, X12Ni5 und X8Ni9/X10Ni9 nach DIN EN 10028-4 und DIN EN 10216-4 bei Umformgraden > 5 %

entsprechend den Festlegungen in den Werkstoffspezifikationen wärmezubehandeln (Normalglühen oder Vergüten).

2.3 Kaltumgeformte Böden, auch solche, die aus geschweißten Ronden hergestellt wurden, sind entsprechend den Festlegungen in der Werkstoffspezifikation wärmezubehandeln (Normalglühen oder Vergüten).

2.4 Von den Festlegungen nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 kann abgewichen werden, wenn der Nachweis erbracht wird, dass die Werkstoffe in ihren Eigenschaften den Beanspruchungen beim Betrieb des Druckbehälters genügen.

2.5 Kaltumgeformte Klöpperböden aus Stahlsorten mit Mindeststreckgrenzen ≤ 265 MPa brauchen nicht wärmebehandelt zu werden, sofern die Betriebstemperatur –10 °C nicht unterschreitet und die Berechnungstemperatur entsprechend AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 4 120 °C nicht überschreitet und die Nennwanddicke ≤ 8 mm ist.

2.6 Bei den mit Biegeradien $r_m \geq 1{,}3 \cdot d_a$ kaltgebogenen Rohren aus Stahlsorten nach den im AD 2000-Merkblatt W 4 genannten Normen ist eine Wärmebehandlung bei Außendurchmessern ≤ 133 mm nicht erforderlich. Bei den mit Biegeradien $r_m \geq 2{,}5 \cdot d_a$ kaltgebogenen Rohren aus Stahlsorten nach den im AD 2000-Merkblatt W 4 genannten DIN-Normen ist eine Wärmebehandlung in der Regel nicht erforderlich. Ausgenommen sind Rohre aus kaltzähen Stählen mit Wanddicken > 2,5 mm und kaltgebogene Rohre, die wärmebehandelt werden müssen wegen der Korrosionsbeanspruchung oder weil belastete Teile außerhalb der neutralen Zone angeschweißt werden.

2.7 Werden die zulässigen Umformgrade bei Kaltumformung überschritten, ist die Wärmebehandlung im Regelfall vor dem Schweißen durchzuführen.

2.8 Bei plattierten Druckbehältern oder Druckbehälterteilen ist die Wärmebehandlung entsprechend dem Grundwerkstoff durchzuführen, sofern mit Rücksicht auf die Plattierung keine besonderen Vereinbarungen getroffen werden müssen.

3 Wärmebehandlung nach dem Warmumformen

3.1 Nach dem Warmumformen sind die Druckbehälterteile entsprechend den Festlegungen in der Werkstoffspezifikation wärmezubehandeln.

3.2 Wenn das Umformen innerhalb des in der Werkstoffspezifikation angegebenen Temperaturbereiches begonnen und beendet worden ist, kann nach dem Warmumformen bei normalgeglühten Stählen auf ein Normalglühen verzichtet werden. Bei luftvergüteten Stählen ist ein anschließendes Anlassglühen erforderlich.

3.3 Bei in Teilbereichen mit örtlicher Erwärmung durchzuführender Warmumformung gilt die Regelung nach Tafel 1 unter der Voraussetzung, dass die Bauteile vor dem Umformen dem für die Stahlsorte vorgesehenen Lieferzustand (Wärmebehandlungszustand) der AD 2000-Merkblätter der Reihe W entsprechen.

4 Wärmebehandlung nach dem Schweißen

4.1 Die Notwendigkeit und die Art der Wärmebehandlung nach dem Schweißen ergeben sich in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung der Werkstoffe und Schweißzusätze, der Form des Bauteils, der Wanddicke, den Schweißbedingungen, den Festigkeitseigenschaften, dem Umfang der zerstörungsfreien Prüfung und, soweit notwendig, von der Einhaltung zusätzlicher Bedingungen.

4.2 Auf eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen kann verzichtet werden, wenn die in der Tafel 1 des AD 2000-Merkblattes HP 0 genannten Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind und vor dem Schweißen sich alle Teile in dem Wärmebehandlungszustand befinden, den die Abschnitte 2 und 3 oder die AD 2000-Merkblätter der Reihe W vorsehen.

4.3 Ist eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen erforderlich, genügt hierfür in der Regel ein Spannungsarm- oder Anlassglühen.

4.4 Normalglühen oder Vergüten des Werkstückes ist unter Beachtung der Festigkeitseigenschaften des Schweißgutes erforderlich, wenn

(1) die geforderten Eigenschaften der Schweißverbindung nur durch Normalglühen oder Vergüten erreicht werden können,

(2) das Werkstück kaltumgeformt wurde und der Umformgrad von 2 % oder 5 % überschritten ist (siehe Abschnitt 2) und vor dem Schweißen nicht wärmebehandelt wurde.

4.5 Bei plattierten Druckbehälterteilen ist die Wärmebehandlung entsprechend dem Grundwerkstoff durchzuführen, sofern mit Rücksicht auf die Plattierung keine besonderen Vereinbarungen getroffen werden müssen.

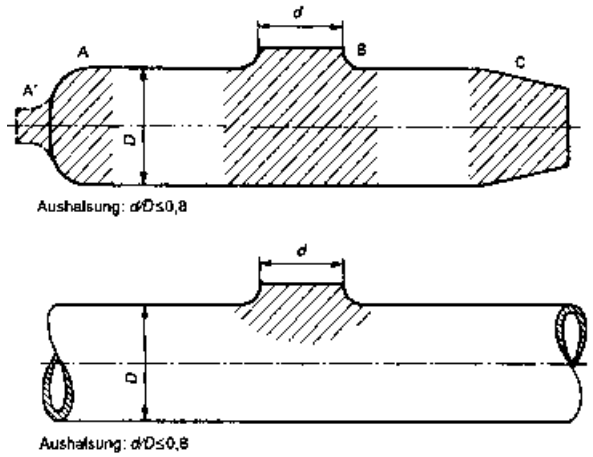
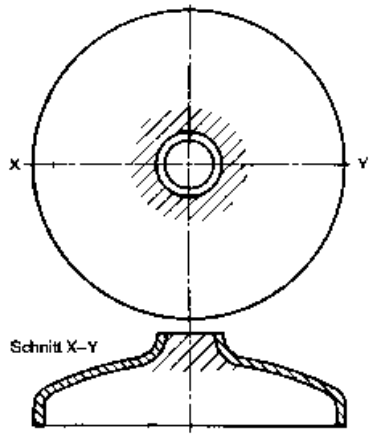
4.6 Das Ein- und Anschweißen von Teilen an Druckbehälterwandungen ist vor der Wärmebehandlung durchzuführen. Von dieser Regel kann bei Kleinteilen abgewichen werden, wenn die Eigenschaften der Werkstoffe bei Betriebsbedingungen und die Schweißverbindungen es zulassen. Dieses bedarf der Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle.

5 Wärmebehandlung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen mit besonderen Anforderungen

Werden besondere Anforderungen hinsichtlich des Wärmebehandlungszustandes gestellt (z. B. im Hinblick auf die Gefahr der Korrosion), so ist das bei der Bestellung zu vereinbaren. Bedeutet die vereinbarte Wärmebehandlung eine wesentliche Beeinträchtigung der Eigenschaften des Werkstoffes, bedarf es der Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle. Die abweichende Wärmebehandlung ist in der Bescheinigung nach AD 2000-Merkblatt HP 7/1 Abschnitt 3 aufzuführen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1. Wärmebehandlung von zylindrischen Bauteilen und Böden nach Umformen in Teilbereichen mit örtlicher Erwärmung

Beispiele für Ausführungsformen	Bauteile aus Stahlsorten im Lieferzustand		
	normalgeglüht	luftvergütet	andere
	Bei Stählen mit einer Mindestzugfestigkeit $R_m < 470$ MPa keine Wärmebehandlung.[1] Bei Stählen mit einer Mindestzugfestigkeit $R_m \geq 470$ MPa Normalglühen des gesamten Bauteiles	Bei Formen B und C Anlassglühen des jeweiligen Zylinderabschnittes.[2] Bei Formen A (A′) Luftvergüten des gesamten Bauteiles	Erneute Wärmebehandlung des gesamten Bauteiles entsprechend den Angaben in der Werkstoffspezifikation für die jeweilige Stahlsorte
		Anlassglühen des gesamten Bauteiles	
Schraffierte Bereiche stellen die Erwärmungszonen dar.			

[1] Mit Ausnahme von Stählen mit besonderen Eigenschaften, z. B. Feinkornbaustähle und kaltzähe Stähle

[2] Glühung von Zylinderabschnitten nur, wenn beim Glühen eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen ist

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2015**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Wärmebehandlung **Austenitische und austenitisch-ferritische Stähle**	AD 2000-Merkblatt **HP 7/3**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Wärmebehandlung nach Kaltumformen	2
3	Wärmebehandlung nach Warmumformen	2
4	Wärmebehandlung nach dem Schweißen	2
5	Wärmebehandlung von Druckbehälterteilen mit besonderen Anforderungen	3

Ersatz für Ausgabe September 2001; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Wärmebehandlung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen aus austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen, die in den Tafeln 1a, 1b und 1c des AD 2000-Merkblatts W 2 aufgeführt sind, nach Kaltumformen, Warmumformen oder Schweißen. Bei anderen austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen richtet sich die Wärmebehandlung nach den Festlegungen in der Eignungsfeststellung.

2 Wärmebehandlung nach Kaltumformen

2.1 Als Wärmebehandlung kommt ein Lösungsglühen und Abschrecken oder Stabilglühen entsprechend Tafel 1 Spalte 5 bis 7 in Betracht.

2.2 Auf eine Wärmebehandlung von lösungsgeglühten und abgeschreckten oder stabilgeglühten austenitischen Stählen nach Kaltumformung kann verzichtet werden, wenn

2.2.1 die einzuhaltenden Mindestwerte für die Bruchdehnung $A \geq 30$ % am Ausgangswerkstoff oder wenn für Abmessungsbereiche, bei denen die einzuhaltenden Mindestwerte für die Bruchdehnung A unter 30 % liegen, im Abnahmeprüfzeugnis eine Bruchdehnung $A \geq 30$ % nachgewiesen ist, der Kaltumformgrad von 15 % nicht überschritten ist oder der Nachweis einer Restbruchdehnung A von mindestens 15 % nach Kaltumformung erbracht wird,

2.2.2 bei Umformgraden über 15 % im Einzelfall nachgewiesen wird, dass die Restbruchdehnung A nach Kaltumformung noch mindestens 15 % beträgt,

2.2.3 bei Klöpper-, Korbbogen- und Halbkugelböden im Abnahmeprüfzeugnis der Ausgangswerkstoffe folgende Bruchdehnungen A nachgewiesen sind:

(1) $\geq$ 40 % bei Nennwanddicken $\leq$ 15 mm bei Betriebstemperaturen bis -196 °C,

(2) $\geq$ 45 % bei Nennwanddicken $>$ 15 mm bei Betriebstemperaturen bis -196 °C,

(3) $\geq$ 50 % bei Betriebstemperaturen unter -196 °C,

2.2.4 bei Druckbehälterteilen, ausgenommen Böden, die bei Betriebstemperaturen unter –196 °C betrieben werden, der Umformgrad von 10 % nicht überschritten wird.

2.3 Bei den mit Biegeradien $r_m \geq 1{,}3 \cdot d_a$ kaltgebogenen Rohren aus austenitischen Stählen ist eine Wärmebehandlung in der Regel nicht erforderlich.

Bei kaltgebogenen Rohren aus austenitischen Stählen, die bei Betriebstemperaturen unter –196 °C betrieben werden, gilt Abschnitt 2.2.4.

2.4 Auf eine Wärmebehandlung von lösungsgeglühten und abgeschreckten austenitisch-ferritischen Stählen nach Kaltumformung kann verzichtet werden, wenn der Kaltumformgrad von 5 % nicht überschritten ist oder bei Kaltumformgraden $>$ 5 % bis 10 % im Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangswerkstoffs eine Bruchdehnung $\geq$ 30 % nachgewiesen ist. Bei Kaltumformgraden größer 10 % ist eine Wärmebehandlung erforderlich.

3 Wärmebehandlung nach Warmumformen

Für die Wärmebehandlung oder für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Warmumformen gelten die Regelungen der Tafel 1. Bei einem Verzicht auf Wärmebehandlung bei den dort nicht mit Kurznamen/Werkstoffnummer aufgeführten austenitischen Stahlsorten muss der zuständigen unabhängigen Stelle der Nachweis erbracht werden, dass die Anforderungen an die mechanisch-technologischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit eingehalten werden. Der Nachweis kann im Rahmen einer Verfahrensprüfung erfolgen. Wird von dem Verzicht auf Wärmebehandlung Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle in der Bescheinigung nach AD 2000-Merkblatt HP 7/1, Abschnitt 3 anzugeben.

4 Wärmebehandlung nach dem Schweißen

Eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen ist in der Regel nicht erforderlich.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5 Wärmebehandlung von Druckbehälterteilen mit besonderen Anforderungen

Werden an warm- oder kaltumgeformte Druckbehälterteile oder an Schweißverbindungen besondere Anforderungen, z. B. im Hinblick auf mechanische Bearbeitung, Maßhaltigkeit, Gefährdung durch Spannungsrisskorrosion, Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, Einsatz bei hohen Temperaturen im Langzeitbereich, gestellt, so können die in den Abschnitten 2, 3 und 4 genannten Regelungen nicht in allen Fällen ausreichend sein. In diesen Fällen ist bei der Bestellung ein geeigneter Wärmebehandlungszustand zu vereinbaren.

Tafel 1 — Übersicht über die Wärmebehandlung umgeformter austenitischer und austenitisch-ferritischer Stähle

<table>
<tr><th colspan="2">Stahlsorte[1)]</th><th colspan="2">Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach Warmumformen bei</th><th colspan="2">Angaben zur Wärmebehandlung bei Stabilglühen[2)] bei</th><th rowspan="2">Lösungsglühen Abkühlungsart: $s \geq 6$ mm (W, SL) $s < 6$ mm (L)</th></tr>
<tr><th>Kurzname</th><th>Werkstoffnummer</th><th>nichtgeschweißten Teilen</th><th>geschweißten Teilen</th><th>nichtgeschweißten Teilen</th><th>geschweißten Teilen</th></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr>
<tr><td>Stabilisierte Stähle
X6CrNiTi18-10
X6CrNiNb18-10</td><td>1.4541
1.4550</td><td rowspan="6">Anfangs-Umformungstemperaturen 1000 bis 1150 °C, End-Umformungstemperaturen > 750 °C (möglichst schnelles Abkühlen). Die Anfangs-Umformungstemperatur von 1000 °C kann unterschritten werden, wenn das Teil vor dem Warmumformen im abgeschreckten Zustand vorliegt.</td><td rowspan="6">Anfangs-Umformungstemperaturen 1000 bis 1150 °C, End-Umformungstemperaturen > 750 °C (möglichst schnelles Abkühlen) und stabilisierte Schweißzusätze oder nichtstabilisierte Schweißzusätze mit ≤ 0,04 % C im Schweißgut</td><td>900 ± 20 °C (L)</td><td>920 ± 20 °C</td><td>≥ 1020 °C</td></tr>
<tr><td>X6CrNiMoTi17-12-2
X6CrNiMoNb17-12-2</td><td>1.4571
1.4580</td><td rowspan="2">nicht zulässig</td><td rowspan="2">nicht zulässig</td><td></td></tr>
<tr><td>X4NiCrMoCuNb20-18-2</td><td>1.4505</td><td>≥ 1050 °C</td></tr>
<tr><td>Stähle mit ≤ 0,03 % C
X2CrNi19-11
X2CrNiN18-10</td><td>1.4306
1.4311</td><td>900 ± 20 °C (L)</td><td>920 ± 20 °C (L)[4)]</td><td>≥ 1000 °C</td></tr>
<tr><td>X2CrNiMo17-12-2
X2CrNiMo18-14-3
X2CrNiMoN17-12-2</td><td>1.4404
1.4435
1.4406</td><td rowspan="2">960 ± 20 °C (L)[5)]</td><td rowspan="2">980 ± 20 °C (L)[4) 5)]</td><td>≥ 1020 °C</td></tr>
<tr><td>X2CrNiMoN17-13-3
X2CrNiMo18-15-4
X2CrNiMoN17-13-5</td><td>1.4429
1.4438
1.4439</td><td>≥ 1040 °C</td></tr>
<tr><td>Stähle mit ≤ 0,07 % C
X5CrNi18-10
X5CrNi18-12</td><td>1.4301
1.4303</td><td rowspan="2">Anfangs-Umformungstemperaturen 1000 bis 1150 °C[3)], End-Umformungstemperaturen > 875 °C (Abschrecken für Wanddicken ≥ 6 mm in/mit Wasser). Die Anfangs-Umformungstemperatur von 1000 °C kann unterschritten werden, wenn das Teil vor dem Warmumformen im abgeschreckten Zustand vorliegt.</td><td rowspan="2">Anfangs-Umformungstemperaturen 1000 bis 1150 °C[3)], End-Umformungstemperaturen > 875 °C (Abschrecken für Wanddicken ≥ 6 mm in/mit Wasser) und stabilisierte Schweißzusätze oder nichtstabilisierte Schweißzusätze mit ≤ 0,06 % C</td><td>nicht zulässig</td><td>nicht zulässig</td><td>≥ 1000 °C</td></tr>
<tr><td>X5CrNiMo17-12-2
X3CrNiMo17-13-3</td><td>1.4401
1.4436</td><td>nicht zulässig</td><td>nicht zulässig</td><td>≥ 1050 °C</td></tr>
<tr><td>austenitisch-ferritische Standardgüten, z. B.
X2CrNiMoN22-5-3</td><td>1.4462</td><td colspan="2">Wärmebehandlung erforderlich</td><td>nicht zulässig</td><td>nicht zulässig</td><td>≥ 1020 °C</td></tr>
<tr><td>austenitisch-ferritische Sondergüten, z. B.
X2CrNiMoN25-7-4</td><td>1.4410</td><td colspan="2">Wärmebehandlung erforderlich</td><td>nicht zulässig</td><td>nicht zulässig</td><td>≥ 1050 °C</td></tr>
</table>

1) Für die in Tafel 1 nicht aufgeführten Stahlsorten nach AD 2000-Merkblatt W 2 gelten die Angaben sinngemäß. Die Angaben zur Wärmebehandlung in den entsprechenden Werkstoffspezifikationen sind dabei zu berücksichtigen.

2) Stabilglühen oder entsprechendes Glühen bei nichtstabilisierten Stählen mit rund 30 min Haltedauer

3) Haltedauer mind. 5 min

4) Bei Verwendung stabilisierter Schweißzusätze ist Stabilglühen nicht zulässig.

5) Für die Stähle 1.4406 und 1.4429 kann das Stabilglühen bei niedrigeren Temperaturen durchgeführt werden, wenn der zuständigen unabhängigen Stelle die Gleichwertigkeit nachgewiesen wird.

(L) Abkühlen in/mit Luft; (W, SL) Abschrecken in/mit Wasser oder Abkühlen in strömender Luft

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2015**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Wärmebehandlung **Aluminium und Aluminiumlegierungen**	AD 2000-Merkblatt **HP 7/4**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Wärmebehandlung nach Kaltumformen 2
3 Wärmebehandlung nach Warmumformen 2
4 Wärmebehandlung nach dem Schweißen 3
5 Wärmebehandlung von Druckbehälterteilen mit besonderen Anforderungen 3

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Wärmebehandlung (Weichglühen) von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen nach Kaltumformen, Warmumformen oder Schweißen.

2 Wärmebehandlung nach Kaltumformen

2.1 Auf eine Wärmebehandlung kann verzichtet werden, wenn die in Tafel 1 angegebenen Bedingungen erfüllt sind.

2.2 Zusätzlich zu den für zylindrische Schüsse, Kugelsegmente und konische Schüsse ohne Krempe in Tafel 1 angegebenen zulässigen Kaltumformgraden gelten für die Restbruchdehnung folgende Bedingungen:

(1) Bei Werkstoffen der Gruppe Al 1 ≥ 15 %;

(2) bei Werkstoffen der Gruppe Al 2 ≥ 12 %;

(3) in Sonderfällen, z. B. bei gesickten Mantelschüssen, ist die Mindestbruchdehnung in geeigneter Weise festzulegen.

Tafel 1 — Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach Kaltumformen

Werkstoffe[1]		**Zylindrische Schüsse, Kugelsegmente, konische Schüsse mit und ohne Krempen**	**Gewölbte Böden**	**Kaltgebogene Rohre**
Chemisches Symbol	**Numerische Bezeichnung**	**zulässiger Kaltumformgrad %**	**Restbruchdehnung %**	**Biegeradius r_m**
EN AW-Al 99,98 EN AW-Al 99,8(A) EN AW-Al 99,5 EN AW-Al 99,7 EN AW-Al Mn1 EN AW-Al Mn1Cu	EN AW-1098 EN AW-1080A EN AW-1050A EN AW-1070A EN AW-3103 EN AW-3003	≤ 15[2]	≥ 15	≥ 1,3 · d_a
EN AW-Al Mg3 EN AW-Al Mg2Mn0,8	EN AW-5754 EN AW-5049	≤ 5[3]	≥ 12	≥ 4 · d_a
EN AW-Al Mg4,5Mn0,7	EN AW-5083	≤ 5[3]	Wärmebehandlung immer erforderlich	≥ 4 · d_a
EN AW-Al MgSi	EN AW-6060	Entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung		

1) Beispiele der Zuordnung von Aluminium und Aluminiumlegierungen in den Anwendungsgrenzen nach AD 2000-Merkblatt W 6/1 zu den Prüfgruppen der Tafel 2b des AD 2000-Merkblatts HP 0 und zu den Werkstoffuntergruppen siehe Tafel 2a des AD 2000-Merkblatts HP 0. Andere als die hier aufgeführten Legierungen sind gemäß Eignungsfeststellung den Prüf- und Werkstoffuntergruppen zuzuordnen.

2) Dies ist bei zylindrischen Schüssen gegeben, wenn $s \le 0{,}15 \cdot D_m$ beträgt.

3) Dies ist bei zylindrischen Schüssen gegeben, wenn $s \le 0{,}05 \cdot D_m$ beträgt.

2.3 Für das Weichglühen gelten die in Tafel 2 aufgeführten Temperaturgrenzen.

3 Wärmebehandlung nach Warmumformen

Es kann auf eine Wärmebehandlung nach dem Warmumformen verzichtet werden, wenn der zuständigen unabhängigen Stelle in einer Verfahrensprüfung erstmalig nachgewiesen wird, dass die in AD 2000-Merkblatt W 6/1 Tafel 2 A enthaltenen Werte eingehalten werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Art der Wärmebehandlung und Glühtemperaturen für Aluminium und Aluminiumlegierungen

Prüfgruppe	Werkstoff		Art der Wärmebehandlung	Glühtemperatur °C
	Chemisches Symbol	Numerische Bezeichnung		
Al 1	EN AW-Al 99,98 O/H111 EN AW-Al 99,8(A) O/H111, H112 EN AW-Al 99,7 O/H111, H112 EN AW-Al 99,5 O/H111, H112	EN AW-1098 EN AW-1080A EN AW-1070A EN AW-1050A	Weichglühen	300 bis 400[1)]
Al 2	EN AW-Al Mn1 O/H111, H112 EN AW-Al Mn1Cu F, O EN AW-Al Mg3 O/H111, H112 EN AW-Al Mg2Mn0,8 O/H111, H112 EN AW-Al Mg4,5Mn0,7 O/H111, H112	EN AW-3103 EN AW-3003 EN AW-5754 EN AW-5049 EN AW-5083	Weichglühen	300 bis 450[1)]
Al 3	EN AW-Al MgSi T4	EN AW-6060	entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung	

[1)] Die Haltedauer ist so zu wählen, dass die Werte nach AD 2000-Merkblatt W 6/1 Tafel 2 A für den jeweiligen Werkstoff erreicht werden.

4 Wärmebehandlung nach dem Schweißen

Nach dem Schweißen ist in der Regel eine Wärmebehandlung nicht erforderlich. Wird eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen durchgeführt, gelten hierfür die in der Eignungsfeststellung festgelegten Temperaturen.

5 Wärmebehandlung von Druckbehälterteilen mit besonderen Anforderungen

Werden besondere Anforderungen hinsichtlich des Wärmebehandlungszustandes gestellt (z. B. im Hinblick auf die Gefahr von Korrosion), so ist das bei Bestellung zu vereinbaren. Bedeutet die vereinbarte Wärmebehandlung eine wesentliche Beeinträchtigung der Eigenschaften des Werkstoffes, bedarf es der Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle. Die abweichende Wärmebehandlung ist in der Bescheinigung nach AD 2000-Merkblatt HP 7/1 Abschnitt 3 aufzuführen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2013**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Prüfung von Pressteilen aus Stahl sowie Aluminium und Aluminiumlegierungen**	**AD 2000-Merkblatt HP 8/1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Werkstoffprüfungen ... 2
3 Umfang der Werkstoffprüfung und Probenahme ... 2
4 Anforderungen ... 3
5 Wiederholungsprüfungen ... 3
6 Besichtigung und Maßprüfung ... 4
7 Kennzeichnung ... 4
8 Prüfbescheinigungen ... 4
Anhänge ... 4
Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt HP 8/1 ... 10
Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt HP 8/1 ... 11
Anhang 3 zum AD 2000-Merkblatt HP 8/1 ... 12

Ersatz für Ausgabe September 2001; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Prüfung der Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften von Pressteilen aus Flacherzeugnissen, unabhängig vom Herstellverfahren, sowie die Besichtigung und Maßprüfung. Zu den Pressteilen gehören Böden, Segmente und andere Formteile.

1.2 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt auch für aus Einzelteilen durch Schweißen und anschließendes Umformen hergestellte Pressteile. Die Prüfung dieser Schweißverbindungen vor und nach dem Umformen ist in den AD 2000-Merkblättern HP 2/1, HP 5/2 und HP 5/3 geregelt.

2 Werkstoffprüfungen

Voraussetzung für die Anwendung dieses AD 2000-Merkblattes ist die Überprüfung des Formgebungsverfahrens und der Einrichtungen nach AD 2000-Merkblatt HP 0 oder W 0. Bei Pressteilen nach Abschnitt 1.2 ist eine Verfahrensprüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 2/1 erforderlich, die auch die umgeformte Schweißverbindung umfasst.

2.1 Die Werkstoffprüfung der Pressteile nach Tafel 1 erfolgt nach der auf das Umformen folgenden Wärmebehandlung. Die Prüfung ist auch dann erforderlich, wenn nach den AD 2000-Merkblättern HP 7/2, HP 7/3 oder HP 7/4 auf eine Wärmebehandlung verzichtet werden kann; sie ist dann nach dem Umformen vorzunehmen. Abweichend hiervon genügt bei Klöpperböden, für die nach AD 2000-Merkblatt HP 7/2 Abschnitt 2.5 eine Wärmebehandlung nicht erforderlich ist und auch nicht durchgeführt wird, die Prüfung der Ausgangserzeugnisse.

Besteht die Wärmebehandlung des Pressteiles aus einem Spannungsarmglühen, dürfen die Probenabschnitte vorher entnommen und gleichartig wärmebehandelt werden (siehe AD 2000-Merkblatt HP 7/1 Abschnitt 2.6).

2.2 Für den Umfang der Werkstoffprüfung von Pressteilen gilt Abschnitt 3. Voraussetzung hierfür ist, dass die Ausgangs-Flacherzeugnisse die Anforderungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W erfüllen. Bei Einzelprüfung der Pressteile durch die zuständige unabhängige Stelle dürfen in Abweichung von den AD 2000-Merkblättern der Reihe W die Ausgangs-Flacherzeugnisse durch den Abnahmebeauftragten des Werkstoff-Herstellers geprüft werden.

Für Pressteile, die durch Kaltumformen ohne anschließende Wärmebehandlung hergestellt werden, sind entsprechend den AD 2000-Merkblättern der Reihe W geprüfte Flacherzeugnisse zu verwenden.

2.3 Bei Pressteilen aus plattierten Flacherzeugnissen gilt für den Umfang der Werkstoffprüfung Abschnitt 3 sinngemäß. Für die Zuordnung zu den Prüfgruppen der Tafel 1 ist der Grundwerkstoff maßgebend. Ist wegen des Plattierungswerkstoffes für den Grundwerkstoff eine andere Wärmebehandlung anzuwenden, können hinsichtlich der Prüfung besondere Vereinbarungen erforderlich werden.

2.4 Bei vergüteten Stählen ist bei losweiser Prüfung zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Vergütung eine Härteprüfung an 10 % der Pressteile, mindestens aber an drei Pressteilen, durch den Hersteller erforderlich.

2.5 Die Prüfung von Pressteilen aus Werkstoffen nach anderen Werkstoffspezifikationen erfolgt nach der in der Eignungsfeststellung vorgenommenen Zuordnung zu einer Prüfgruppe entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 0 Tafeln 1b und 2b, sofern nicht in der Eignungsfeststellung Einzelprüfung festgelegt ist.

3 Umfang der Werkstoffprüfung und Probenahme

3.1 Bei Pressteilen mit Längen oder Durchmessern $\leq$ 4 m richtet sich der Umfang der Werkstoffprüfung nach Tafel 1. Zu einem Fertigungslos können nur Pressteile aus Flacherzeugnissen gleicher Schmelze, bei Stählen der Prüfgruppen 2 bis 4.1, 5.1 bis 5.4 (ohne X8Ni9) und 7 gleicher Schmelze und gleicher abschließender Wärmebehandlung, zusammengefasst werden. Die Wanddicke von Pressteilen eines Fertigungsloses darf höchstens um 20 % von der mittleren Wanddicke abweichen. Es ist jeweils ein Probenabschnitt zu entnehmen.

3.2 Bei Pressteilen mit Längen oder Durchmessern $>$ 4 m ist die Werkstoffprüfung an jedem Pressteil durchzuführen (Einzelprüfung). Dies gilt sowohl für Pressteile, die als Ganzes erwärmt und umgeformt oder als Ganzes wärmebehandelt werden, als auch für Pressteile, die aus Einzelteilen durch Schweißen und anschließendes Umformen hergestellt werden. Diese Festlegungen gelten nicht für Pressteile aus Werkstoffen der Prüfgruppen 1 (1) dickenunabhängig und Prüfgruppe 6 bei Dicken $\leq$ 30 mm für die Werkstoffe 1.4541 und 1.4571 sowie $\leq$ 20 mm für die anderen Werkstoffe.

3.2.1 Pressteilen mit Längen oder Durchmessern $>$ 4 m bis $\leq$ 6 m ist je ein Probenabschnitt zu entnehmen. Sind in einem Pressteil Einzelteile aus mehr als einer Schmelze vorhanden, ist je Schmelze ein Probenabschnitt zu entnehmen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2.2 Pressteilen mit Längen oder Durchmessern > 6 m ist an zwei gegenüberliegenden Seiten je ein Probenabschnitt zu entnehmen. Besteht das Pressteil aus zwei oder mehreren Einzelteilen gleicher Schmelze, sind die beiden Probenabschnitte an zwei Einzelteilen zu entnehmen. Sind in einem Pressteil Einzelteile aus mehreren Schmelzen vorhanden, ist je Schmelze ein Probenabschnitt zu entnehmen.

3.3 Zur Entnahme der Probenabschnitte sind Überlängen vorzusehen. Ist dies nicht möglich, so ist die Entnahme der Probenabschnitte gegebenenfalls mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren. Bei Werkstoffen der Prüfgruppen 1 und 5.1 dürfen Probenabschnitte, die einer gleichartigen Wärmebehandlung wie die Pressteile selbst unterzogen worden sind, geprüft werden.

3.3.1 Falls es bei Pressteilen ≤ 6 m Länge oder Durchmesser möglich ist, den Pressteilen Ausschnitte zu entnehmen, so können diese die Probenabschnitte aus den Überlängen ersetzen.

3.3.2 Bei losweiser Prüfung ist es nicht erforderlich, die Überlängen für die Probenabschnitte an allen Pressteilen eines Loses vorzusehen.

3.4 Den Probenabschnitten ist je ein Probensatz, bestehend aus einer Zugprobe und drei Kerbschlagproben, zu entnehmen. Werden Ausgangs-Flacherzeugnisse verwendet, die nicht entsprechend den AD 2000-Merkblättern der Reihe W geprüft worden sind, richten sich die durchzuführenden Prüfungen nach den Anforderungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W. Die Proben sind quer[1)] zur Walzrichtung zu entnehmen. Bei Pressteilen aus Stählen nach DIN EN 10025-2 sind die Kerbschlagproben in Walzrichtung zu entnehmen.

4 Anforderungen

Es gelten die für die Ausgangserzeugnisse in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W festgelegten Anforderungen entsprechend der Nennwanddicke der Pressteile, sofern nicht in den AD 2000-Merkblättern HP 7/2, HP 7/3 und HP 7/4 abweichende Regelungen festgelegt sind. Dabei sind die Regelungen des AD 2000-Merkblattes HP 5/2 Abschnitt 8 zu beachten.

Bei Pressteilen, die warmumgeformt oder wärmebehandelt wurden, ist eine Überschreitung der oberen Grenze der Zugfestigkeitsspanne bis zu etwa 5 % zulässig, sofern die anderen Eigenschaften am fertigen Teil den Bedingungen entsprechen.

5 Wiederholungsprüfungen

5.1 Entspricht das Ergebnis nicht den Anforderungen, so ist wie folgt zu verfahren:

5.1.1 Ist das ungenügende Ergebnis einer Prüfung offensichtlich auf prüftechnische Mängel oder auf eine engbegrenzte Fehlstelle einer Probe zurückzuführen, so ist das Fehlergebnis bei der Entscheidung über die Erfüllung der Anforderungen außer Betracht zu lassen und der entsprechende Versuch zu wiederholen.

5.1.2 Ist das ungenügende Ergebnis einer Prüfung auf eine nicht ordnungsgemäße Wärmebehandlung zurückzuführen, so können die Pressteile der zugehörigen Prüfeinheit erneut wärmebehandelt werden, worauf die gesamte Prüfung zu wiederholen ist.

5.1.3 Entsprechen ordnungsgemäß entnommene Proben nicht den Anforderungen, so ist wie folgt zu verfahren:

5.1.3.1 Genügen bei stückweiser Prüfung die Ergebnisse des Zugversuches nicht den Anforderungen, so ist die Prüfung an zwei weiteren, dem Probenabschnitt entnommenen Zugproben zu wiederholen, wobei beide Ergebnisse den Anforderungen genügen müssen. Falls die Ergebnisse der Prüfung der drei Kerbschlagproben den Anforderungen nicht entsprechen, werden dem Probenabschnitt drei weitere Proben entnommen und geprüft. Der Mittelwert aus den sechs Einzelversuchen muss dann den Anforderungen entsprechen. Von den sechs Einzelwerten dürfen nur zwei unter dem Mindestwert liegen, davon jedoch höchstens ein Einzelwert um mehr als 30 %.

5.1.3.2 Bei losweiser Prüfung ist das Pressteil, das den Anforderungen nicht genügte, aus dem Los auszuscheiden. Der Versuch ist für jede nicht genügende Zugprobe und für den Fall, dass die Ergebnisse der drei geprüften Kerbschlagproben den Anforderungen nicht entsprechen, an zwei anderen Pressteilen desselben Loses zu wiederholen, wobei die Ergebnisse den Anforderungen genügen müssen.

5.1.3.3 Bei losweiser Prüfung nach Tafel 1 Spalte 5 für die Prüfgruppe 1 (2) und für die Prüfgruppe 6 bei den Stählen X6CrNiTi18-10 und X6CrNiMoTi17-12-2 > 30 mm Wanddicke oder bei den anderen Sorten der Prüfgruppe 6 > 20 mm Wanddicke ist für den Fall, dass die Ergebnisse des Zugversuches oder des Kerbschlagbiegeversuches den Anforderungen nicht entsprechen, zunächst das Verfahren nach Abschnitt 5.1.3.2 für das geprüfte Fertigungslos anzuwenden. Für den Fall, dass das Prüfergebnis an einer dieser Ersatzproben den Anforderungen nicht entspricht, sind die Prüfungen auf zwei weitere Fertigungslose auszudehnen. Entspricht das Prüfergebnis an einem weiteren Fertigungslos nicht den Anforderungen, so entfallen bis auf Weiteres die Erleichterungen nach den Spalten 4 und 5 der Tafel 1.

1) Von der Querrichtung ist eine Abweichung bis zu 20 Grad zulässig.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6 Besichtigung und Maßprüfung

Pressteile, die mit Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204 geliefert werden, sind vom Abnahmebeauftragten des Herstellers oder von der zuständigen unabhängigen Stelle im Lieferzustand zu besichtigen und einer Maßprüfung zu unterziehen. Das Ergebnis einer durchgeführten Besichtigung und Maßprüfung ist im Abnahmeprüfzeugnis zu bestätigen. Bei Pressteilen, die mit Werksbescheinigung oder Werkszeugnis geliefert werden, wird die Besichtigung und Maßprüfung durch den Hersteller der Pressteile durchgeführt.

7 Kennzeichnung

Die Pressteile sind gemäß den Regelungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W zu kennzeichnen, wobei das Zeichen des Herstellers des Ausgangswerkstoffes entfallen kann. Zusätzlich ist das Zeichen des Pressteil-Herstellers in die Kennzeichnung aufzunehmen. Bei losweiser Prüfung muss die Zugehörigkeit zum Los erkennbar sein. Die Pressteile, aus denen die Proben entnommen wurden, sind entsprechend zu kennzeichnen.

Bei Pressteilen, die aus Einzelteilen durch Schweißen und nachfolgendes Umformen hergestellt werden, gelten die Festlegungen für jedes Einzelteil.

Für die Kennzeichnung kleiner Pressteile bis 220 mm äußerem Durchmesser oder Nennweite gelten die Regelungen der Tafel 2.

8 Prüfbescheinigungen

8.1 Über die Ergebnisse der Prüfungen ist eine Bescheinigung nach DIN EN 10204 auszustellen.

Die Art der Bescheinigung richtet sich nach den Festlegungen in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W entsprechend der Werkstoffsorte und der Nennwanddicke des Pressteiles.

Für Pressteile aus Aluminiumlegierungen nach AD 2000-Merkblatt W 6/1 Abschnitt 2.1 ist nach Einzelprüfung an 30 Pressteilen mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 (ausgestellt durch die zuständige unabhängige Stelle) der Übergang auf Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 möglich nach den Regelungen des AD 2000-Merkblattes W 6/1 Abschnitt 7.3.2.

Für den Inhalt von Bescheinigungen über warm- oder kaltumgeformte Pressteile siehe Beispiele in den Anhängen zu diesem AD 2000-Merkblatt.

8.2 Außerdem sind die Art der Wärmebehandlung und der ordnungsgemäße Wärmebehandlungszustand entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 7/1 sowie die ordnungsgemäße Umstempelung zu bescheinigen.

8.3 Für warmumgeformte oder wärmebehandelte Pressteile aus nichtrostenden austenitischen Stählen nach DIN EN 10028-7 ist die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion zu bestätigen, sofern der Betreiber nicht darauf verzichtet.

Anhänge

Anhang 1 Beispiel einer Bescheinigung für warmumgeformte Pressteile aus ferritischen Stählen

Anhang 2 Beispiel einer Bescheinigung für warmumgeformte Pressteile aus austenitischen Stählen

Anhang 3 Beispiel einer Bescheinigung für kaltumgeformte Pressteile

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 — Umfang der Werkstoffprüfung von Pressteilen mit Längen oder Durchmessern ≤ 4 m

Prüf-gruppe[1)]	Werkstoffsorten[6)]	Prüfumfang ohne Erleichterungen	Prüfumfang mit Erleichterungen	
			Voraussetzungen	Prüfumfang
1	2	3	4	5
1(1)	Unlegierte Stähle mit einer unteren Grenze der Zugfestigkeit ≤ 440 MPa, ausgenommen Feinkornbaustähle	Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind[3)]	–	–
1(2)	Legierte Stähle und Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze < 355 MPa sowie P295GH und P355GH nach DIN EN 10028-2 und S355J2+N nach DIN EN 10025-2, ausgenommen kaltzähe Stähle. Für Klöpperböden siehe Fußnote[2)]	1. Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind[3)] und 2. je Fertigungslos Prüfung von Pressteilen, und zwar bei Fertigungslosen bis zu 10 Stück 1 Pressteil bis zu 25 Stück 2 Pressteile bis zu 100 Stück 3 Pressteile für je weitere 100 Stück 1 Pressteil	Zunächst müssen 30 Fertigungslose ohne Beanstandung geprüft worden sein (Nachweis fehlerfreier Fertigung), ausgenommen „andere Werkstoffe“, für die im Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle Einzelprüfung festgelegt ist	1. Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind[3)] und 2. aus je 100 Pressteilen aus dem gleichen Werkstoff und mit gleicher abschließender Wärmebehandlung Prüfung eines Pressteils
1(3)	Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 355 MPa bis < 370 MPa, ausgenommen kaltzähe Stähle	Prüfung eines jeden Pressteiles (Einzelprüfung)	Zunächst müssen 30 Pressteile ohne Beanstandung geprüft worden sein (Nachweis fehlerfreier Fertigung), ausgenommen „andere Werkstoffe“, für die im Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle Einzelprüfung festgelegt ist	1. Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind[3)] und 2. je Fertigungslos Prüfung von Pressteilen, und zwar bei Fertigungslosen bis zu 10 Stück 1 Pressteil bis zu 25 Stück 2 Pressteile bis zu 100 Stück 3 Pressteile für je weitere 100 Stück 1 Pressteil
2	Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 370 MPa bis < 430 MPa, ausgenommen kaltzähe Stähle			
3	Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 430 MPa, ausgenommen kaltzähe Stähle, vergütete warmfeste Baustähle 11NiMoV5-3 17MnMoV6-4 15NiCuMoNb5-6-4 12MnNiMo5-5 13MnNiMo5-4 20MnMoNi4-5			
4.1	Warmfeste Stähle: 13CrMo4-5 10CrMo9-10 X12CrMo5			

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 *(fortgesetzt)*

Prüf-gruppe[1)]	Werkstoffsorten[6)]	Prüfumfang ohne Erleichterungen	Prüfumfang mit Erleichterungen	
			Voraussetzungen	Prüfumfang
1	2	3	4	5
5.1	Feinkornbaustähle nach DIN EN 10028-3 der kaltzähen Reihe und der kaltzähen Sonderreihe mit einer Mindeststreckgrenze < 370 MPa. Feinkornbaustähle nach DIN EN 10028-3 der Grund- und warmfesten Reihe mit einer Mindeststreckgrenze < 370 MPa, wenn sie nach AD 2000-Merkblatt W 10 im Beanspruchungsfall I unter −10 °C verwendet werden. Stahlsorten 11MnNi5-3 und 13MnNi6-3 nach DIN EN 10028-4 bei tiefsten Anwendungstemperaturen bis einschließlich −60 °C.	Prüfung eines jeden Pressteiles (Einzelprüfung)	Zunächst müssen 30 Pressteile ohne Beanstandung geprüft worden sein (Nachweis fehlerfreier Fertigung), ausgenommen „andere Werkstoffe“, für die im Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle Einzelprüfung festgelegt ist	1. Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind[3)] und 2. je Fertigungslos Prüfung von Pressteilen, und zwar bei Fertigungslosen bis zu 10 Stück 1 Pressteil bis zu 25 Stück 2 Pressteile bis zu 100 Stück 3 Pressteile für je weitere 100 Stück 1 Pressteil
5.2	Feinkornbaustähle nach DIN EN 10028-3 der kaltzähen Reihe und der kaltzähen Sonderreihe mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 370 MPa bis < 430 MPa. Feinkornbaustähle nach DIN EN 10028-3 der Grund- und warmfesten Reihe mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 370 MPa bis < 430 MPa, wenn sie nach AD 2000-Merkblatt W 10 im Beanspruchungsfall I unter −10 °C verwendet werden.			

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 *(fortgesetzt)*

Prüf-gruppe[1)]	Werkstoffsorten[6)]		Prüfumfang ohne Erleichterungen	Prüfumfang mit Erleichterungen	
				Voraussetzungen	Prüfumfang
1	2		3	4	5
5.3	Feinkornbaustähle nach DIN EN 10028-3 mit einer Mindest-streckgrenze ≥ 430 MPa der kalt-zähen Reihe und der kaltzähen Sonderreihe. Feinkornbaustähle nach DIN EN 10028-3 mit einer Mindeststreck-grenze ≥ 430 MPa der Grund- und warmfesten Reihe, wenn sie nach AD 2000-Merkblatt W 10 im Bean-spruchungsfall I unter −10 °C verwendet werden.		Prüfung eines jeden Pressteiles (Einzelprüfung)	Zunächst müssen 30 Pressteile ohne Beanstandung geprüft worden sein (Nachweis fehler-freier Fertigung), ausgenommen „andere Werk-stoffe“, für die im Gutachten der zuständigen unab-hängigen Stelle Einzelprüfung festgelegt ist	1. Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind[3)] und 2. je Fertigungslos Prüfung von Pressteilen, und zwar bei Fertigungslosen bis zu 10 Stück 1 Pressteil bis zu 25 Stück 2 Pressteile bis zu 100 Stück 3 Pressteile für je weitere 100 Stück 1 Pressteil
5.4	Kaltzähe Ni-Stähle nach DIN EN 10028-4	11MnNi5-3 13MnNi6-3 12Ni14 X12Ni5			
		X8Ni9		keine Erleichterungen	keine Erleichterungen
6	Austenitische Stähle nach AD 2000-Merkblatt W 2[4)]	X6CrNiTi18-10 und X6CrNiMoTi17 -12-2 ≤ 30 mm, andere Sorten ≤ 20 mm	Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Proben-abschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind	–	–
		X6CrNiTi18-10 > 30 mm und X6CrNiMoTi17 -12-2 > 30 mm, andere Sorten > 20 mm	1. Prüfung der Ausgangs-bleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärme-behandelten Blechen entnommen worden sind[5)] und 2. je Fertigungslos Prüfung von Pressteilen, und zwar bei Fertigungslosen bis zu 10 Stück 1 Pressteil bis zu 25 Stück 2 Pressteile bis zu 100 Stück 3 Pressteile für je weitere 100 Stück 1 Pressteil	Zunächst müssen 30 Fertigungslose ohne Beanstan-dung geprüft worden sein (Nachweis fehler-freier Fertigung), ausgenommen „andere Werk-stoffe“, für die im Gutachten der zuständigen unab-hängigen Stelle Einzelprüfung festgelegt ist	1. Prüfung der Ausgangs-bleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärme-behandelten Blechen entnommen worden sind[5)] und 2. aus je 100 Pressteilen aus dem gleichen Werkstoff und mit gleicher abschließender Wärmebehandlung Prüfung eines Pressteils

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 *(fortgesetzt)*

Prüf-gruppe[1)]	Werkstoffsorten[6)]	Prüfumfang ohne Erleichterungen	Prüfumfang mit Erleichterungen	
			Voraussetzungen	Prüfumfang
1	2	3	4	5
7	Ferritfreie austenitische Stähle, jedoch gegebenenfalls mit Ferritanteilen im Schweißgut und austenitische Stähle der Prüfgruppe 6, soweit sie mit Schweißzusätzen mit ≤ 3 % Deltaferrit im Schweißgut verschweißt werden, z. B. X8CrNiNb16-13, X8CrNiMoNb16-16, X8CrNiMoVNb16-13	Prüfung eines jeden Pressteiles (Einzelprüfung)	Zunächst müssen 30 Fertigungslose ohne Beanstandung geprüft worden sein (Nachweis fehlerfreier Fertigung), ausgenommen „andere Werkstoffe“, für die im Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle Einzelprüfung festgelegt ist	1. Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind und 2. je Fertigungslos Prüfung von Pressteilen, und zwar bei Fertigungslosen bis zu 10 Stück 1 Pressteil bis zu 25 Stück 2 Pressteile bis zu 100 Stück 3 Pressteile für je weitere 100 Stück 1 Pressteil
8	Austenitisch-ferritische nichtrostende Stahlsorten gemäß AD 2000-Merkblatt W 2			
Al 1	EN AW-1098 EN AW-1080A EN AW-1070A EN AW-1050A	Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind	–	–
Al 2 (1)	EN AW-3103 EN AW-3003			
Al 2 (2)	EN AW-5754 ≤ 30 mm EN AW-5049 ≤ 30 mm EN AW-5083 ≤ 15 mm	1. Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind und 2. je Fertigungslos Prüfung von Pressteilen, und zwar bei Fertigungslosen bis zu 10 Stück 1 Pressteil bis zu 25 Stück 2 Pressteile bis zu 100 Stück 3 Pressteile für je weitere 100 Stück 1 Pressteil	Zunächst müssen 30 Pressteile ohne Beanstandung geprüft worden sein (Nachweis fehlerfreier Fertigung), ausgenommen „andere Werkstoffe“, für die im Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle Einzelprüfung festgelegt ist	1. Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind und 2. aus je 100 Pressteilen aus dem gleichen Werkstoff und mit gleicher abschließender Wärmebehandlung Prüfung eines Pressteils
Al 2 (3)	EN AW-5754 > 30 mm EN AW-5049 > 30 mm EN AW-5083 > 15 mm	Prüfung eines jeden Pressteiles (Einzelprüfung)	Zunächst müssen 30 Pressteile ohne Beanstandung geprüft worden sein (Nachweis fehlerfreier Fertigung), ausgenommen „andere Werkstoffe“, für die im Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle Einzelprüfung festgelegt ist	1. Prüfung der Ausgangsbleche mit Proben aus Probenabschnitten, die getrennt wärmebehandelt oder den fertig wärmebehandelten Blechen entnommen worden sind und 2. je Fertigungslos Prüfung von Pressteilen, und zwar bei Fertigungslosen bis zu 10 Stück 1 Pressteil bis zu 25 Stück 2 Pressteile bis zu 100 Stück 3 Pressteile für je weitere 100 Stück 1 Pressteil

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 *(fortgesetzt)*

1) Prüfgruppeneinteilung der Werkstoffsorten entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 0 Tafel 1b oder 2b Die Zuordnung der Streckgrenzengruppen bezieht sich auf den untersten Dickenbereich der entsprechenden Norm oder des Werkstoffblattes. Pressteile aus anderen Stahlsorten sind den vergleichbaren Prüfgruppen entsprechend den Festlegungen der Eignungsfeststellung zuzuordnen. Bei plattierten Stählen richtet sich der Prüfumfang im Allgemeinen nach dem Grundwerkstoff (siehe Abschnitt 2.3).

2) Bei Klöpperböden, für die nach AD 2000-Merkblatt HP 7/2 Abschnitt 2.5 eine Wärmebehandlung nicht erforderlich ist und nicht durchgeführt wurde, genügt die Prüfung der Ausgangs-Flacherzeugnisse.

3) Bei Blechen im Lieferzustand „normalisierend gewalzt“ erfolgt die Prüfung bis auf Weiteres an getrennt normalgeglühten Proben.

4) Die austenitischen Stähle X4NiCrMoCuNb20-18-2, X5CrNiMoTi25-25 und X5CrNiMo17-13-3 sind entsprechend Prüfgruppe 7 zu behandeln.

5) Bei Pressteilen aus austenitischen Stählen, für die nach AD 2000-Merkblatt HP 7/3 eine Wärmebehandlung nicht erforderlich ist und nicht durchgeführt wurde, genügt die Prüfung der Ausgangs-Flacherzeugnisse.

6) Dickenangaben beziehen sich auf Nennwanddicken des Pressteiles.

Tafel 2 — Kennzeichnung[1)] kleiner Pressteile bis 220 mm äußerem Durchmesser oder Nennweite

äußerer Durchmesser oder Nennweite[2)] mm	Prüfgruppe	Kennzeichnung	Prüfbescheinigung gemäß Anhang	Prüfbescheinigung für das Ausgangsmaterial
≤ 50	1 (1) Stahlsorten nach DIN EN 10025-2 AI 1	keine	1, 2 oder 3	verbleibt beim Hersteller der Pressteile
> 50 bis ≤ 220		Werkstoff- und Hersteller-Kennzeichen	1, 2 oder 3	verbleibt beim Hersteller der Pressteile
≤ 220	1 (1) außer den Stahlsorten nach DIN EN 10025-2 1 (2) 6 7 AI 2 (1) AI 2 (2)	Werkstoff- und Hersteller-Kennzeichen	1, 2 oder 3	verbleibt beim Hersteller der Pressteile
≤ 88,9	übrige Prüfgruppen	Werkstoff- und Hersteller-Kennzeichen sowie Prüfzeichen der zuständigen unabhängigen Stelle	1, 2 oder 3	wird der Prüfbescheinigung beigefügt
> 88,9		nach Abschnitt 7	1, 2 oder 3	

1) Ab 3 mm Dicke bei Stahl und ab 5 mm Dicke bei Aluminium erfolgt die Kennzeichnung durch Stempelung oder Einprägen, bei kleineren Dicken durch Farbkennzeichnung oder Gravur.

2) Bei ovalen Teilen kleine Achse der Nennweite.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt HP 8/1

Abnahmeprüfzeugnis 3.1[1)]
Werkszeugnis 2.2[1)]
über warmumgeformte Pressteile aus ferritischen Stählen

Besteller: Bestell-Nr.:

Hersteller: Auftrags-Nr.:

Prüfgrundlage: AD 2000-Merkblatt HP 8/1

Daten der Lieferung:

Pos. Nr.	Stückzahl	Gegenstand/Abmessung	Werkstoff	Schmelze	Proben-Nr.	
					Blech	Pressteil

Wir bestätigen, dass der Umformvorgang nach AD 2000-Merkblatt HP 7/2 Abschnitt 3.2 durchgeführt worden ist. Wärmebehandlung nach dem Umformen: (Haltetemperatur, Haltedauer und Abkühlbedingungen angeben)

Das Warmpressverfahren ist vom (TÜO) überprüft. Die Eignung der Wärmebehandlungseinrichtung nach AD 2000-Merkblatt HP 7/1 Abschnitt 3.1 wurde nachgewiesen.

Verwendet wurden/von Ihnen angelieferte*)/Bleche gem. beiliegender*)/uns vorliegender*)/Prüfbescheinigung(en) nach DIN EN 10204: (Art, Prüf-Nr., Datum, Aussteller angeben)

Die verwendeten Bleche wurden, soweit erforderlich, umgestempelt. Die Pressteile sind zusätzlich mit der folgenden Kennzeichnung versehen:

– Kennzeichen des Pressteil-Herstellers
– Proben-Nummer
– gegebenenfalls Losnummer und Kennzeichnung des Probenträgers
– Zeichen des Prüfers

Prüfung der Pressteile

1. Besichtigung und Maßprüfung
2. Werkstoffprüfung
3. Bei geschweißten Böden:

3.1 Die Anforderungen nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2 sind erfüllt

3.2 Zerstörungsfreie Prüfungen nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3
Oberflächenprüfung
Durchstrahlungsprüfung
Ultraschallprüfung

gemäß Anlage erfüllt

Datum Unterschrift

Anlagen

1) gemäß DIN EN 10204
*) Nichtzutreffendes streichen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt HP 8/1

Abnahmeprüfzeugnis 3.1[1)]
Werkszeugnis 2.2[1)]
über warmumgeformte Pressteile aus austenitischen Stählen

Besteller: Bestell-Nr.:

Hersteller: Auftrags-Nr.:

Prüfgrundlage: AD 2000-Merkblatt HP 8/1

Daten der Lieferung:

Pos. Nr.	Stückzahl	Gegenstand/Abmessung	Werkstoff	Schmelze	Proben-Nr.	
					Blech	Pressteil

Wir bestätigen, dass für den Umformvorgang die Bedingungen des AD 2000-Merkblattes HP 7/3 Tafel 1 Spalte 3*)/4*) eingehalten wurden.
Wärmebehandlung nach dem Umformen: (Lösungsglühen und Abschrecken oder Stabilglühen angeben)

Das Warmpressverfahren ist vom (TÜO) überprüft. Die Eignung der Wärmebehandlungseinrichtung nach AD 2000-Merkblatt HP 7/1 Abschnitt 3.1 wurde nachgewiesen.

Verwendet wurden/von Ihnen angelieferte*)/Bleche gem. beiliegender*)/uns vorliegender*)/Prüfbescheinigung(en) nach DIN EN 10204: (Art, Prüf-Nr., Datum, Aussteller angeben)

Die verwendeten Bleche wurden, soweit erforderlich, umgestempelt. Die Pressteile sind zusätzlich mit der folgenden Kennzeichnung versehen:

– Kennzeichen des Pressteil-Herstellers
– Proben-Nummer
– gegebenenfalls Losnummer und Kennzeichnung des Probenträgers
– Zeichen des Prüfers

Prüfung der Pressteile

1. Besichtigung und Maßprüfung
2. Werkstoffprüfung
3. Bei geschweißten Böden:

3.1 Die Anforderungen nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2 sind erfüllt

3.2 Zerstörungsfreie Prüfungen nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3
Oberflächenprüfung
Durchstrahlungsprüfung
Ultraschallprüfung

gemäß Anlage erfüllt

Datum Unterschrift

Anlagen

1) gemäß DIN EN 10204
*) Nichtzutreffendes streichen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 3 zum AD 2000-Merkblatt HP 8/1

Abnahmeprüfzeugnis 3.1[1)]
Werkszeugnis 2.2[1)]
über kaltumgeformte Pressteile

Besteller: Bestell-Nr.:

Hersteller: Auftrags-Nr.:

Prüfgrundlage: AD 2000-Merkblatt HP 8/1

Daten der Lieferung:

Pos. Nr.	Stückzahl	Gegenstand/Abmessung	Werkstoff	Schmelze	Proben-Nr.	
					Blech	Pressteil

Wir bestätigen, dass nach dem Kaltumformen normalgeglüht*)/lösungsgeglüht*)/bei … °C mit einer Haltedauer von … min und anschließender Abkühlung in/mit …/nicht wärmebehandelt*) wurde. Die Wärmebehandlung entspricht den Festlegungen in dem AD 2000-Merkblatt HP 7/2 oder HP 7/3.
Weitere Wärmebehandlung …

Das Umformverfahren ist vom (TÜO) überprüft. Die Eignung der Wärmebehandlungseinrichtung nach AD 2000-Merkblatt HP 7/1 Abschnitt 3.1 wurde nachgewiesen.

Verwendet wurden/von Ihnen angelieferte*)/Bleche gem. beiliegender*)/uns vorliegender*)/Prüfbescheinigung(en) nach DIN EN 10204: (Art, Prüf-Nr., Datum, Aussteller angeben)

Die verwendeten Bleche wurden, soweit erforderlich, umgestempelt. Die Pressteile sind zusätzlich mit der folgenden Kennzeichnung versehen:

– Kennzeichen des Pressteil-Herstellers
– Proben-Nummer
– gegebenenfalls Losnummer und Kennzeichnung des Probenträgers
– Zeichen des Prüfers

Prüfung der Pressteile

1. Besichtigung und Maßprüfung
2. Werkstoffprüfung
3. Bei geschweißten Böden:

3.1 Die Anforderungen nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2 sind erfüllt

3.2 Zerstörungsfreie Prüfungen nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3
Oberflächenprüfung
Durchstrahlungsprüfung
Ultraschallprüfung

gemäß Anlage erfüllt

Datum Unterschrift

Anlagen

---

1) gemäß DIN EN 10204
*) Nichtzutreffendes streichen

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2014**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Prüfung von Schüssen aus Stahl**	**AD 2000-Merkblatt HP 8/2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Werkstoffprüfungen 2
3 Umfang der Werkstoffprüfung und Probenahme 2
4 Anforderungen 2
5 Wiederholungsprüfungen 2
6 Besichtigung und Maßprüfung 3
7 Kennzeichnung 3
8 Prüfbescheinigungen 3

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Prüfung der Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaft des Grundwerkstoffes von Schüssen, bei denen nach dem Umformen der Bleche eine Wärmebehandlung, ausgenommen ein Spannungsarmglühen, durchgeführt wird. Eine Prüfung ist auch dann erforderlich, wenn die Wärmebehandlung im Rahmen der Warmumformung vorgenommen wird (siehe AD 2000-Merkblatt HP 7/2, Abschnitt 3.2). Es regelt ferner die Besichtigung und die Maßprüfung der Schüsse.

1.2 Die Prüfung der Schweißverbindungen ist in den AD 2000-Merkblättern HP 2/1, HP 5/2 und HP 5/3 geregelt.

2 Werkstoffprüfungen

Bei Schüssen, die nach den Regelungen des AD 2000-Merkblattes HP 7/2, Abschnitte 2 und 3 wärmebehandelt werden, erfolgt die Prüfung des Grundwerkstoffes nach dem letzten Normalglühen oder Vergüten. Bei Schüssen aus austenitischen oder austenitisch-ferritischen Stählen, die nach den Regelungen des AD 2000-Merkblattes HP 7/3, Abschnitte 2 und 3 wärmebehandelt werden, erfolgt die Prüfung des Grundwerkstoffes nach dem letzten Abschrecken oder Stabilglühen.

Für warmumgeformte oder wärmebehandelte Schüsse aus austenitischen oder austenitisch-ferritischen Stählen, die zur Gruppe der korrosionsbeständigen Stähle gehören, ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion erforderlich, sofern der Betreiber nicht darauf verzichtet.

3 Umfang der Werkstoffprüfung und Probenahme

3.1 Für den Umfang der Werkstoffprüfung von Schüssen gilt Tafel 1. Werden Bleche verwendet, die nicht entsprechend den AD 2000-Merkblättern der Reihe W geprüft worden sind, richtet sich der Prüfumfang der Schüsse nach den Anforderungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W.

3.2 Die Probestücke sind aus Anbiegeenden, Prüfringen, Abschnitten oder Blechen gleicher Schmelze und Dicke zu entnehmen. Falls Probestücke vor der letzten Wärmebehandlung entnommen werden, ist sicherzustellen, dass die Probestücke derselben Wärmebehandlung oder einer dem Bauteil gleichartigen Wärmebehandlung unterzogen werden (siehe AD 2000-Merkblatt HP 7/1, Abschnitt 2.6). Es ist nicht erforderlich, umgeformte Probestücke zu verwenden.

3.3 Den Probestücken ist je ein Probensatz, bestehend aus einer Zugprobe und drei Kerbschlagproben, zu entnehmen. Werden Bleche verwendet, die nicht entsprechend den AD 2000-Merkblättern der Reihe W geprüft worden sind, richtet sich der Prüfumfang der Schüsse nach den Anforderungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W. Die Proben sind quer zur Walzrichtung des Bleches zu entnehmen. Bei Schüssen aus Stählen nach DIN EN 10025-2 oder DIN EN 10207 sind die Kerbschlagproben in Walzrichtung des Bleches zu entnehmen.

3.4 Die Prüfung des Grundwerkstoffes nach Tafel 1 kann auch im Rahmen der Arbeitsprüfungen nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2 durchgeführt werden. In diesem Fall sind Probestücke nach Abschnitt 3.2 als Probenplatten für das Prüfstück zu verwenden.

4 Anforderungen

Für die Anforderungen gelten die AD 2000-Merkblätter der Reihe W.

5 Wiederholungsprüfungen

5.1 Entspricht das Ergebnis nicht den Anforderungen, so ist wie folgt zu verfahren:

5.1.1 Ist das ungenügende Ergebnis einer Prüfung offensichtlich auf prüftechnische Mängel oder auf eine engbegrenzte Fehlstelle einer Probe zurückzuführen, so ist das Fehlerergebnis bei der Entscheidung über die Erfüllung der Anforderungen außer Betracht zu lassen und der entsprechende Versuch zu wiederholen.

5.1.2 Ist das ungenügende Ergebnis einer Prüfung auf eine nicht ordnungsgemäße Wärmebehandlung zurückzuführen, so kann der Schuss oder bei losweiser Prüfung das gesamte Prüflos erneut wärmebehandelt werden, worauf die gesamte Prüfung zu wiederholen ist.

5.1.3 Entsprechen ordnungsgemäß entnommene Proben nicht den Anforderungen, so sind Wiederholungsprüfungen entsprechend DIN EN 10021 durchzuführen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6 Besichtigung und Maßprüfung

Schüsse, die mit Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204 geliefert werden, sind vom Werkssachverständigen oder von der zuständigen unabhängigen Stelle im Lieferzustand zu besichtigen und einer Maßprüfung zu unterziehen. Das Ergebnis einer durchgeführten Besichtigung und Maßprüfung ist im Abnahmeprüfzeugnis zu bestätigen. Bei Schüssen, die mit Werksbescheinigung oder Werkszeugnis geliefert werden, werden die Besichtigung und Maßprüfung durch den Hersteller der Schüsse durchgeführt.

7 Kennzeichnung

Die Schüsse sind gemäß den Regelungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe W zu kennzeichnen. Bei stückweiser Prüfung sind die Schüsse zusätzlich zu kennzeichnen mit der Probennummer, bei losweiser Prüfung zusätzlich mit der Losnummer und die geprüften Schüsse des Loses zusätzlich mit den Probennummern.

8 Prüfbescheinigungen

Die Ergebnisse der mechanischen Prüfungen sind in Bescheinigungen über Materialprüfungen nach DIN EN 10204 aufzuführen, deren Art sich aus sinngemäßer Anwendung der entsprechenden Festlegungen in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W ergibt. Die Art der Wärmebehandlung und der ordnungsgemäße Wärmebehandlungszustand entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 7/1 sind zu bescheinigen. Über die Maßprüfung und Besichtigung (siehe gegebenenfalls auch AD 2000-Merkblatt HP 512) wird nach Vereinbarung bei der Bestellung ebenfalls eine Bescheinigung nach DIN EN 10204 ausgestellt, deren Art sich aus Satz 1 ergibt.

Tafel 1 — Umfang der Werkstoffprüfung bei normalgeglühten und vergüteten (Prüfgruppen 1 bis 5.4) oder abgeschreckten oder stabilgeglühten (Prüfgruppen 6 und 7) Schüssen

Prüfgruppe[1)]	Werkstoffsorten	Prüfumfang
1	2	3
1.1	Alle Stahlsorten der Werkstoffgruppe 1 nach Tafel 1 zu AD 2000-Merkblatt HP 0, ausgenommen die unter 1.2 genannten	Keine Prüfung erforderlich
1.2	Stahlsorten mit einer Mindeststreckgrenze ≥ 355 MPa bis < 370 MPa	Je Schmelze und höchstens je 5 Schüsse 1 Probensatz
2	Wie in Tafel 1 zu AD 2000-Merkblatt HP 0	Für jeden Schuss 1 Probensatz[2)]
3		Für jeden Schuss 1 Probensatz[2)]
4.1		Für jeden Schuss 1 Probensatz. Bei 13CrMo4-5 je Schmelze, mindestens jedoch je 5 Schüsse 1 Probensatz
4.2		Für jeden Schuss 1 Probensatz[2)]
5.1		Für jeden Schuss 1 Probensatz[2)]. Die Prüfung der Kerbschlagarbeit erfolgt bei der Prüftemperatur für den Zähigkeitsnachweis nach AD 2000-Merkblatt W 10.
5.2		
5.3		
5.4		
6		Für Wanddicken < 20 mm keine Prüfung erforderlich. Für Wanddicken ≥ 20 mm je 5 Schüsse 1 Probensatz
7		Je Schmelze und höchstens je 5 Schüsse 1 Probensatz

1) Gruppeneinteilungen der Werkstoffsorten entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 0, Tafel 1a.
Für die Zuordnung der Streckgrenzengruppen gilt die Angabe für den kleinsten Wanddickenbereich der entsprechenden Norm oder des Werkstoffblattes.

2) Bei gemeinsamer Wärmebehandlung von mehreren Schüssen genügt ein Probensatz je Schmelze.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2010**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Herstellung und Prüfung von Formstücken aus unlegierten und legierten Stählen**	**AD 2000-Merkblatt HP 8/3**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e. V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Allgemeine Voraussetzungen ... 2
3 Geeignete Werkstoffe ... 2
4 Anforderungen ... 2
5 Prüfungen ... 3
6 Kennzeichnung ... 5
7 Nachweis der Güteeigenschaften ... 5
Anhang zum AD 2000-Merkblatt HP 8/3 ... 7

Ersatz für Ausgabe Mai 2007; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Herstellung und Prüfung von Formstücken aus unlegierten und legierten Stählen für Druckbehälter.

Für Formstücke für Rohrleitungen gilt dieses AD 2000-Merkblatt nicht.

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt ergänzend zur DIN EN 10253-2 (Formstücke zum Einschweißen — Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen) und DIN EN 10253-4 (Formstücke zum Einschweißen — Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen) die Herstellung, die erforderlichen Prüfungen, deren Umfang und die Art der Bescheinigung über Materialprüfungen.

Für Formstücke, die nicht in den Anwendungsbereich der DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4 fallen, kann dieses Merkblatt sinngemäß angewendet werden.

Für aus Stabstahl durch mechanische Bearbeitung hergestellte Reduzierungen und Kappen > DN 50 oder T-Stücke sind zusätzliche Prüfungen an Vormaterial und Endprodukt vorgesehen.

Für Kappen nach DIN EN 10253-2, DIN EN 10253-4 und für andere Formstücke, die aus Blechen umgeformt und/oder durch Schweißen hergestellt sind, gilt AD 2000-Merkblatt HP 8/1. Hinsichtlich der Maße und Maßtoleranzen gelten DIN EN 10253-2 und DIN EN 10253-4.

2 Allgemeine Voraussetzungen

Voraussetzung für die Herstellung ist die Überprüfung des Herstellers der Formstücke nach AD 2000-Merkblatt W 0 oder AD 2000-Merkblatt HP 0.

Die entsprechend qualifizierten Hersteller sind zum Beispiel im VdTÜV-Merkblatt Werkstoffe 1253[1)] bzw. im VdTÜV-Merkblatt Schweißtechnik 1165[1)] gelistet. Die Hersteller der Ausgangswerkstoffe müssen gemäß AD 2000-Merkblatt W 0 überprüft sein.

3 Geeignete Werkstoffe

Geeignet sind alle Werkstoffe der AD 2000-Merkblätter der Reihe W innerhalb der dort angegebenen Grenzen.

4 Anforderungen

4.1 Herstellverfahren

Es gelten die Herstellverfahren nach Tabelle 1 der DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4.

Für Formstücke, die nach anderen Herstellungsverfahren hergestellt werden, ist die Eignungsfeststellung des Verfahrens der zuständigen unabhängigen Stelle nachzuweisen. Im Abnahmeprüfzeugnis ist auf die Zustimmung durch die zuständige unabhängige Stelle hinzuweisen.

Für aus dem Vollen durch Spanabhebung hergestellte Formstücke > DN 50 sind unter Abschnitt 5.1.2 die notwendigen Prüfungen festgelegt.

4.2 Lieferzustand

Es gelten die Lieferzustände nach DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4.

Kaltumgeformte ferritische Stähle müssen die Anforderungen nach AD 2000-Merkblatt HP 7/2 erfüllen. Kaltumgeformte austenitische Stähle müssen die Anforderungen nach AD 2000-Merkblatt HP 7/3 erfüllen.

Wird das Normalglühen durch eine normalisierende Warmformgebung ersetzt oder falls ein Abschrecken direkt aus der Warmformgebung erfolgt, so ist die Gleichwertigkeit mit dem wärmebehandelten Zustand der zuständigen unabhängigen Stelle erstmalig nachzuweisen.

1) zu beziehen über TÜV-Media GmbH, Am Grauen Stein, D-51105 Köln oder unter www.vdtuev.de/publikationen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.3 Maße und Maßtoleranzen

Es gelten die Maße und Maßtoleranzen nach DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4.

4.4 Oberflächenbeschaffenheit

Für die Oberflächenbeschaffenheit gilt die DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4.

Die Formstücke sind in einem Oberflächenzustand zur Prüfung vorzulegen, der das Erkennen von Fehlern ermöglicht.

5 Prüfungen

5.1 Prüfung der Ausgangswerkstoffe

5.1.1 Herstellverfahren in Übereinstimmung mit DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4

Die Ausgangswerkstoffe sind entsprechend dem zutreffenden AD 2000-Merkblatt W 1, W 2, W 4, W 10, W 12 oder W 13 zu prüfen.

5.1.2 Herstellverfahren abweichend von DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4

Für aus Stabstahl durch mechanische Bearbeitung hergestellte Formstücke sind ergänzend zu den AD 2000-Merkblättern W 2 und W 13 folgende Prüfungen erforderlich:

a) Reduzierungen und Kappen > DN 50:

Zerstörungsfreie Prüfungen:

— Gewalzte und geschmiedete Stäbe aus ferritischem und martensitischem Stahl

Ultraschallprüfung nach DIN EN 10228-3 unter Zugrundelegung folgender Anforderungen:

- Die Prüfung ist nach der abschließenden Wärmebehandlung oder nach der letztmöglichen Fertigungsstufe durchzuführen;
- Prüfumfang gemäß Tabelle 3 Typ 1a, jedoch mindestens 8 axiale Prüfbahnen gleichmäßig am Umfang verteilt;
- falls erforderlich sind SE-Prüfköpfe zu verwenden;
- Qualitätsklasse 4 mit Registrier- und Zulässigkeitskriterien gemäß Tabelle 5;
- Fehlergrößenbeurteilung nach 6 dB-Abfalltechnik;
- Empfindlichkeitsjustierung nach AVG-Technik.

— Gewalzte und geschmiedete Stäbe aus austenitischem und austenitisch-ferritischem Stahl

Ultraschallprüfung nach DIN EN 10228-4 unter Zugrundelegung folgender Anforderungen:

- Die Prüfung ist nach der abschließenden Wärmebehandlung oder nach der letztmöglichen Fertigungsstufe durchzuführen;
- Prüfumfang gemäß Tabelle 2 Typ 1a, jedoch mindestens 8 axiale Prüfbahnen gleichmäßig am Umfang verteilt;
- falls erforderlich sind SE-Prüfköpfe zu verwenden;
- Qualitätsklasse 3 mit Registrier- und Zulässigkeitskriterien gemäß Tabelle 4, Registrier- und Zulassungskriterien für $t < 75$ mm gelten für alle Dicken;
- Fehlergrößenbeurteilung nach 6 dB-Abfalltechnik;
- Empfindlichkeitsjustierung nach AVG-Methode.

b) T-Stücke:

Für Stabstahl mit Durchmesser > 160 mm ist der Nachweis der Festigkeitseigenschaften im endwärmebehandelten Zustand mit Probenlage quer zur Längsachse aus der Mitte des Stabstahles zu erbringen. Der Nachweis der Festigkeitseigenschaften bei Raumtemperatur erfolgt an einer Rundzugprobe nach DIN EN 10002-1. Bei ferritischen und austenitisch-ferritischen Werkstoffen erfolgt der Nachweis der Kerbschlagarbeit (Kerb in Längsachse) entsprechend. Die Prüftemperatur richtet sich nach dem zugehörigen AD 2000-Merkblatt der Reihe W. Bei Verwendung für Temperaturen ≥ 100 °C ist zusätzlich ein Warmzugversuch quer zur Längsachse nach DIN EN 10002-5 bei maximal zulässiger Temperatur des Formstückes, jedoch nicht höher als 400 °C, erforderlich.

Die Anforderungen gelten entsprechend dem jeweiligen Querschnitt des Stabstahles.

Zerstörungsfreie Prüfungen:

Die zerstörungsfreien Prüfungen sind wie für Reduzierungen > DN 50 durchzuführen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2 Prüfung der Formstücke

5.2.1 Besichtigung und Maßprüfung

Die Formstücke sind im Lieferzustand zu besichtigen und in den Abmessungen nachzuprüfen.

5.2.2 Chemische Zusammensetzung

Für die chemische Zusammensetzung ist vom Hersteller des Vormaterials die Schmelzenanalyse je Schmelze, gemäß den in den Vormaterialnormen festgelegten Werten, zu bescheinigen.

5.2.3 Prüfung auf Werkstoffverwechselung

Alle Formstücke aus legierten Stählen sind vom Hersteller einer geeigneten Prüfung auf Werkstoffverwechselung zu unterziehen.

5.2.4 Beständigkeit auf interkristalline Korrosion

Bei warmgeformten oder wärmebehandelten Formstücken aus austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen, die zur Gruppe der nichtrostenden Stähle gehören, erfolgt die Prüfung der interkristallinen Korrosion je Schmelze und Wärmebehandlungslos. Auf diese Prüfung kann im Einvernehmen mit dem Betreiber verzichtet werden.

5.2.5 Mechanisch-technologische Prüfungen

Die Werkstoffprüfung erfolgt entsprechend Tafel 3, wobei ein Prüflos entsprechend Tafel 1 Formstücke gleichen Werkstoffs und gleicher Abmessung umfasst, bei Formstücken mit $D \geq 114{,}3$ mm aus legierten Stählen auch gleicher Schmelze. Ist eine abschließende Wärmebehandlung erforderlich, erfolgt die Prüfung nach Wärmebehandlungslosen. Dabei können Formstücke unterschiedlicher Abmessung, aber hergestellt aus derselben Vormaterialabmessung, zu einem Prüflos zusammengefasst werden, sofern eine gemeinsame Wärmebehandlung erfolgt.

Wenn der Nachweis ausreichender Fertigungssicherheit je Werkstoff laufend erbracht wird, können die Prüflosgrößen nach Tafel 2 verwendet werden. Die Fertigungssicherheit ist der zuständigen unabhängigen Stelle regelmäßig nachzuweisen.

Ausreichende Fertigungssicherheit kann angenommen werden, wenn die Ausfallwahrscheinlichkeit für alle mechanischen Eigenschaften $< 2{,}5$ % beträgt.

Tafel 1 — Prüflose

Außendurchmesser D in mm	**Anzahl der Formstücke je Prüflos**[1)]
$D <$ 114,3	≤ 200
114,3 ≤ $D \leq$ 219,1	≤ 100
219,1 < $D \leq$ 323,9	≤ 50
323,9 < $D \leq$ 610	≤ 25
610 < $D \leq$ 1 219	≤ 10
1 219 < D	≤ 10

1) Bei Bögen gelten o. g. Prüflose für die 90-Grad-Ausführung. Bei 180-Grad-Ausführung erfolgt eine Halbierung, bei 45-Grad-Ausführung eine Verdoppelung der Bögen je Prüflos.
Bei Formstücken aus dem gleichen Werkstoff, gleicher Schmelze, gleicher Abmessung und gleichem Wärmebehandlungslos genügt die Erprobung von max. 4 Probensätzen.

Tafel 2 — Prüflose

Außendurchmesser D in mm	**Anzahl der Formstücke je Prüflos**[1)]
$D <$ 114,3	≤ 500
114,3 ≤ $D \leq$ 219,1	≤ 200
219,1 < $D \leq$ 323,9	≤ 100
323,9 < $D \leq$ 610	≤ 50
610 < $D \leq$ 1 219	≤ 25
1 219 < D	≤ 10

1) Bei Bögen gelten o. g. Prüflose für die 90-Grad-Ausführung. Bei 180-Grad-Ausführung erfolgt eine Halbierung, bei 45-Grad-Ausführung eine Verdoppelung der Bögen je Prüflos.
Bei Formstücken aus dem gleichen Werkstoff, gleicher Schmelze, gleicher Abmessung und gleichem Wärmebehandlungslos genügt die Erprobung von max. 4 Probensätzen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Probenahme, Probenvorbereitung und Durchführung der Prüfungen erfolgen entsprechend DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4. An den Prüfstücken werden folgende Prüfungen durchgeführt:

5.2.5.1 Zugversuch

Der Zugversuch wird bei Abmessungen $D \geq 114{,}3$ mm bei Raumtemperatur durchgeführt.

5.2.5.2 Härteprüfung

Die Härteprüfung dient zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung.

Bei kaltumgeformten austenitischen Formstücken ohne Wärmenachbehandlung gemäß AD 2000-Merkblatt HP 7/3 entfällt die Härteprüfung. Bei diesen Formstücken wird, wenn dies aufgrund der Geometrie möglich ist, der Zugversuch nach Abschnitt 5.2.5.1 durchgeführt. Ist ein Zugversuch nicht möglich, wird ein Ringaufweitversuch nach DIN EN ISO 8493 (Prüfumfang wie für den Zugversuch in Tafel 3 festgelegt) zur Ermittlung der Restbruchdehnung durchgeführt. Bei einer Aufweitung von 20 % ohne sichtbare Risse sind die Anforderungen erfüllt.

5.2.5.3 Kerbschlagbiegeversuch

Der Kerbschlagbiegeversuch erfolgt bei Werkstoffen gemäß AD 2000-Merkblatt W 2 entsprechend den dort genannten Abmessungen, bei allen anderen Werkstoffen ab Wanddicken > 5 mm, soweit dies aufgrund der Geometrie möglich ist. Als Anforderungen gelten die in den entsprechenden Normen für das Vormaterial angegebenen Werte.

Sofern der Hersteller mit mindestens 10 Prüfergebnissen für die Abmessungsbereiche > 5 mm bis 10 mm, 10 mm bis 20 mm und 20 mm bis 30 mm Wanddicke je Werkstoff der zuständigen unabhängigen Stelle nachgewiesen hat, dass er die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit mit ausreichender Sicherheit erfüllen kann, erfolgt der Kerbschlagbiegeversuch nur an Formstücken aus solchen Werkstoffen, für die in DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4 die Prüfungen verbindlich festgelegt sind.

Für Werkstoffe, die nicht in der DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4 genannt sind, gelten die Anforderungen aus der Werkstoffspezifikation der Rohre.

5.2.6 Zerstörungsfreie Prüfung

Aus Stabstahl durch mechanische Bearbeitung gemäß Abschnitt 5.1.2 hergestellte Formstücke sind im fertig bearbeiteten Zustand einer Oberflächenprüfung zu unterziehen.

Bei Formstücken aus längsnahtgeschweißten Rohren muss nach dem Umformen oder der letzten Wärmebehandlung eine stichprobenweise zerstörungsfreie Oberflächenprüfung der Schweißnaht (mind. 10 %) durchgeführt werden.

Die Anforderungen gemäß AD 2000-Merkblatt HP 5/3 sind zu erfüllen.

6 Kennzeichnung

Die Formstücke sind entsprechend DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4 zu kennzeichnen.

Ist dies aufgrund der geometrischen Verhältnisse bei Formstücken DN ≤ 25 nicht möglich, kann die Kennzeichnung durch eine eindeutige Codierung ersetzt werden.

7 Nachweis der Güteeigenschaften

7.1 Ausgangswerkstoffe

Die Ausgangswerkstoffe von Formstücken sind mit Abnahmeprüfzeugnissen entsprechend den AD 2000-Merkblättern W 1, W 2, W 4, W 10, W 12 und W 13 zu bescheinigen.

Bei Formstücken, die durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 bescheinigt werden, genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 für das Vormaterial.

Für sonstige Werkstoffe oder in VdTÜV-Werkstoffblättern genannte Werkstoffe gilt diese Regelung nicht.

Die am Vormaterial für Formstücke nach Abschnitt 5.1.2 b) geforderten Zusatzprüfungen sind von der zuständigen unabhängigen Stelle zu bescheinigen.

Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204:1995) behalten im Sinne des AD 2000-Regelwerkes vorerst ihre Gültigkeit (siehe AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 3.4.2).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 — Einteilung der Prüfgruppen, Umfang der Prüfung je Los sowie Art der Bescheinigung über Materialprüfungen

Prüf-gruppe	Außen-durchmesser D in mm	Werkstoff	Umfang der Prüfungen je Los			Abnahme-prüfzeugnis nach DIN EN 10204
			Härteprüfung[1]	Zugversuch	Kerbschlag-biegeversuch[2]	
I	< 114,3	unlegiert	10 %[1) 3)] mind. an 3 Formstücken	–	2 Probensätze, bei weniger als 10 Formstücken 1 Probensatz	3.1
II	< 114,3	legiert-ferritisch		–		3.2
		austenitisch und austenitisch-ferr.		–		3.2[4)]
III	≥ 114,3	unlegiert R_m < 500 MPa		2, bei weniger als 10 Formstücken 1		3.1[5)]
IV	≥ 114,3 bis ≤ 219,1	unlegiert R_m ≥ 500 MPa oder legiert ferritisch, austenitisch oder austenitisch-ferr.	10 %[3)] mind. an 3 Formstücken			3.2[4)]
V	> 219,1		100 %[6)]			3.2[4)]

1) Bei austenitischen Stählen entfällt die Härteprüfung, wenn aufgrund der Geometrie Zugversuche möglich sind.

2) Ein Probensatz besteht aus 3 Proben, siehe auch Abschnitt 5.2.5.3.

3) Ab 2. Los einer geschlossenen Abnahme kann der Prüfumfang für die Härteprüfung auf die Hälfte reduziert werden, wenn die ermittelten Werte der Härte innerhalb der festgelegten Festigkeitsspanne gelegen haben.

4) Soweit für diese Werkstoffe nach AD 2000-Merkblatt W 2 nicht ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 vorgesehen ist.

5) Soweit für diese Werkstoffe nach AD 2000-Merkblatt W 10 nicht ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 vorgesehen ist.

6) Für Formstücke aus den Werkstoffen 16Mo3, 13CrMo4-5 und 10CrMo9-10 sowie vergleichbaren oder höherlegierten ferritischen Werkstoffen gilt der in Prüfgruppe IV genannte Umfang der Härteprüfung.

7.2 Formstücke

Der Nachweis der Güteeigenschaften für Formstücke erfolgt mit Abnahmeprüfzeugnissen gemäß DIN EN 10204.

Die Art des Abnahmeprüfzeugnisses richtet sich nach Tafel 3.

Für Formstücke nach Abschnitt 5.1.2 ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 auf der Grundlage eines Einzelgutachtens von einer zuständigen unabhängigen Stelle erforderlich. Dem Zeugnis ist eine entwurfsgeprüfte Zeichnung beizufügen, die auch die Lage des/der Formstücke(s) im Ausgangsstab darstellt.

Die Ergebnisse der an der Lieferung durchgeführten Prüfungen, der Wärmebehandlungszustand mit Temperaturangabe sowie die Abnahmeprüfzeugnisse gemäß DIN EN 10204 über die verwendeten Werkstoffe sind in dem Abnahmeprüf-zeugnis anzugeben.

Für durch mechanisches Bearbeiten hergestellte und nach Abschnitt 5.1.1 geprüfte Formstücke kann der erneute Nachweis der mechanischen Eigenschaften entfallen.

Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204:1995 behalten im Sinne des AD 2000-Regelwerkes vorerst ihre Gültigkeit (siehe AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 3.4.2).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang zum AD 2000-Merkblatt HP 8/3

Die vor der Erstausgabe des AD 2000-Merkblattes HP 8/3 (Ausgabe Mai 2007) nach DIN 2609 in Verbindung mit VdTÜV-Merkblatt Werkstoffe 1252 hergestellten Formstücke dürfen weiterhin verwendet werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2016**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Durchführung von Druckprüfungen**	**AD 2000-Merkblatt HP 30**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Allgemeines	2
3	Zeitpunkt der Prüfung	2
4	Durchführung der Prüfung	2
5	Schrifttum	5

Ersatz für Ausgabe Juni 2014; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Durchführung der Druckprüfung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen, soweit nicht für Druckbehälter aus nichtmetallischen Werkstoffen in den AD 2000-Merkblättern der Reihe N andere Regelungen getroffen sind. Für die Druckprüfung von Armaturengehäusen gilt AD 2000-Merkblatt A 4. Für die Druckprüfung von Gussstücken gelten die entsprechenden AD 2000-Merkblätter der Reihe W.

2 Allgemeines

Bei der Druckprüfung wird geprüft, ob die drucktragenden Wandungen unter Prüfdruck dicht sind und ob keine sicherheitstechnisch bedenklichen Verformungen auftreten.

3 Zeitpunkt der Prüfung

3.1 Druckprüfungen sind zeitlich so zu veranlassen, dass der Prüfende alle drucktragenden Teile ausreichend besichtigen kann. Ist dies im Endzustand nicht möglich, wird die erstmalige Druckprüfung als Teilprüfung im prüffähigen Zustand durchgeführt.

3.2 Die erstmalige Druckprüfung erfolgt

1) nach der letzten Wärmebehandlung bei emaillierten Druckbehältern vor einer Emaillierung,
2) in der Regel nach dem Plattieren und nach der spanenden Bearbeitung,
3) vor dem Anbringen von Farbanstrichen, Dämmungen, Gummierungen, Ausmauerungen und Ähnlichem,
4) in der Regel vor dem Anbringen von Auskleidungen, Verzinkungen,
5) soweit in den Prüfunterlagen vorgesehen: nach zerstörungsfreien Prüfungen oder besonderen Dichtheitsprüfungen.

4 Durchführung der Prüfung

4.1 Eine Druckprüfung ist in der Regel als Flüssigkeitsdruckprüfung mit Wasser durchzuführen, soweit es die Bauart oder die Betriebsweise des Druckbehälters oder seine Beschickung zulässt. Andere geeignete Flüssigkeiten können verwendet werden, wenn dies zweckmäßig ist.

4.2 Ist eine Flüssigkeitsdruckprüfung nicht möglich oder nicht zweckmäßig, kann die Druckprüfung unter Beachtung besonderer Schutzmaßnahmen, insbesondere der nach 4.16, auch als Gasdruckprüfung erfolgen, wenn dies in den technischen Unterlagen der Entwurfsprüfung vorgesehen ist.

4.3 Bei Behältern mit mehreren Räumen ist jeder Druckraum einzeln einer Druckprüfung zu unterziehen. Von dieser Regel kann abgewichen werden, wenn eine Wand zwischen zwei Druckräumen nur für den Differenzdruck ausgelegt ist und durch betriebliche Maßnahmen sichergestellt wird, dass nicht ein Raum unabhängig vom anderen unter Druck gesetzt wird. In solchen Fällen sind die angrenzenden Räume zunächst einzeln entsprechend diesem Differenzdruck und anschließend die betroffenen Räume gleichzeitig mit dem Prüfdruck p' zu beaufschlagen.

4.4 Der vom Manometer bei der Prüfung angezeigte Druck muss durch geeignete Maßnahmen (z. B. Kontrollmanometer) kontrolliert werden können.

4.5 Der Druckbehälter ist bei Flüssigkeitsdruckprüfungen so zu entlüften, dass er vollständig mit Prüfflüssigkeit gefüllt ist. Der Druckbehälter ist so aufzulagern, dass weder Personen gefährdet werden können, noch der Druckbehälter beschädigt wird.

4.6 Während der Flüssigkeitsdruckprüfung müssen die Außenwandungen des Druckbehälters trocken sein. Bei Umgebungstemperaturen ≤ 0 °C darf eine Wasserdruckprüfung nur durchgeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass Behälterinhalt, Manometer und Zuleitungen nicht einfrieren können.

4.7 Soweit das Zähigkeitsverhalten (Formänderungsvermögen des Werkstoffes oder des Bauteiles) die Prüftemperatur oder die Druckanstiegsgeschwindigkeit begrenzt, ist dies zu berücksichtigen und in den Prüfunterlagen zu vermerken.

4.8 Bis zum Zeitpunkt der Prüfung durch die zuständige unabhängige Stelle darf der Druckbehälter nur bis zum maximal zulässigen Druck PS vorgedrückt werden. Erst nach Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle ist der Druck bis zum Prüfdruck langsam zu steigern und für die Dauer von mindestens 30 Minuten zu halten. Eine abweichende Haltedauer kann mit der zuständigen unabhängigen Stelle vereinbart werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.9 Sollen bei der Druckprüfung Dehnungsmessungen durchgeführt werden, so ist das Vorgehen einschließlich Füllen, Vordrücken usw. mit dem Prüfenden abzustimmen.

4.10 Bei Druckbehältern, bei denen der statische Druck der Flüssigkeitssäule (im Betrieb oder bei einer Flüssigkeitsdruckprüfung) zu berücksichtigen ist, ist die Druckprüfung am stehenden Behälter durchzuführen oder zu wiederholen, wenn der Behälter liegend geprüft wurde und bei der Festlegung des Prüfdruckes der statische Druck der Flüssigkeitssäule im stehenden Behälter nicht berücksichtigt werden konnte, soweit in den Prüfunterlagen nichts anderes vermerkt ist.

Der bei der Druckprüfung am Druckmessgerät maximal zu erreichende Prüfdruck ergibt sich aus 4.10.1 bis 4.10.3 (Bezeichnungen und verwendete Einheiten siehe Bild 1).

4.10.1 Bei einer stehend durchgeführten Druckprüfung muss der am höchsten Punkt des Behälters gemessene Druck sein:

$$p_P = F_P \cdot p,$$

sofern das Betriebsmedium ein höheres spezifisches Gewicht als das Prüfmedium besitzt, ist der zu messende Prüfdruck zu erhöhen auf:

$$p_P = F_P \cdot p + 0{,}1\ (\gamma_F \cdot H_F - \gamma_P \cdot H),$$

wobei stets

$$p_P \geq F_P \cdot p$$

sein muss.

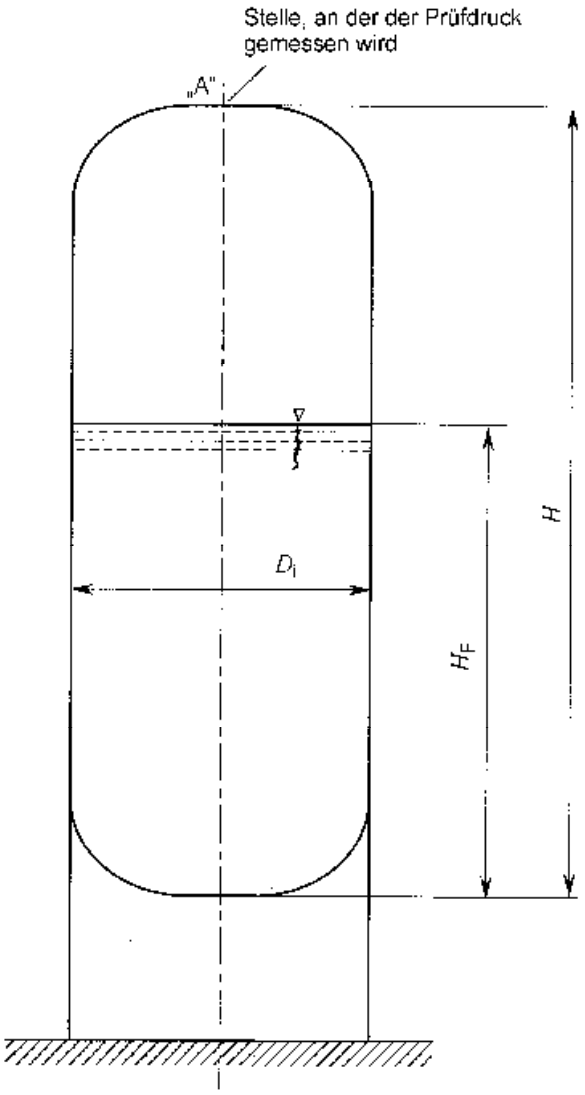


Bild 1

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.10.2 Wird vorab eine Druckprüfung am liegenden Behälter (Kolonne) durchgeführt, so muss der gemessene Druck sein:

$$p_P = F_P \cdot p + 0{,}1\ \gamma_P \cdot \frac{D_i}{2}$$

Dabei berücksichtigt der zweite Summand den hydrostatischen Druckanteil zwischen der höchsten Mantellinie des liegenden Behälters und der Messstelle am Punkt „A“ der Behältermitte (vgl. Bild 1).

4.10.3 Wird nur eine Druckprüfung im liegenden Zustand durchgeführt, so muss der gemessene Druck sein:

$$p_P = F_P \cdot p + \text{max.} \left\{ \begin{array}{l} + 0{,}1\,\gamma_P \cdot \left(H + \frac{D_i}{2} \right) \\ + 0{,}1\,\gamma_P \cdot \frac{D_i}{2} + 0{,}1\,\gamma_F \cdot H_F \end{array} \right\}$$

Bei Doppelmantelbehältern sind ggf. zusätzliche Betrachtungen erforderlich.

p = Druck am höchsten Punkt im stehenden Behälter (= maximal zulässiger Druck) in bar

p_P = bei der Druckprüfung aufgebrachter Druck, gemessen an der Stelle „A“ (= Prüfdruck gemäß Druckbehälterbuch), in bar

H = maximale Füllhöhe (= Füllhöhe bei der Wasserdruckprüfung) in m

H_F = maximaler betrieblicher Füllstand (abgesichert durch Füllstandbegrenzer oder vergleichbare Absicherung) des (flüssigen) Betriebsmediums in m

γ_P = spezifisches Gewicht des Prüfmediums in dN/dm^3 (= 1 bei Wasser)

γ_F = spezifisches Gewicht des Betriebsmediums in dN/dm^3

D_i = Innendurchmesser des Behälters in m

F_P = Prüfdruckfaktor nach 4.17 bis 4.19

4.11 Spätestens bei der Druckprüfung – bei mehreren Druckräumen bei der zuletzt durchgeführten – muss der Druckbehälter mit der vorgeschriebenen Kennzeichnung (z. B. Fabrikschild) versehen sein. Abweichungen, z. B. bei Emaillierungen, sind in den Prüfunterlagen festzulegen.

4.12 Zum Verschließen der Druckbehälter für Druckprüfungen dürfen Hilfsmittel wie Flansche, Deckel, Schrauben, Dichtungen, zusätzliche Schweißverbindungen usw. nur dann verwendet werden, wenn die für den Betriebszustand des Druckbehälters vorgesehenen Verschlussteile nicht zum Lieferumfang des Druckbehälters gehören. Werkstoff und Bemessung der verwendeten Hilfsmittel müssen den bei der Druckprüfung auftretenden Beanspruchungen genügen.

4.13 Sämtliche lösbaren Hilfsmittel müssen nach Durchführung der Druckprüfung entweder sofort und vollständig entfernt oder so gekennzeichnet werden, dass eine irrtümliche Verwendung für den Betrieb des Druckbehälters ausgeschlossen wird.

4.14 Beim Schließen von Verschlussdeckeln sind stets sämtliche vorgesehenen Schrauben zu benutzen. Sie sind gleichmäßig und nicht stärker anzuziehen, als es zum Abdichten erforderlich ist. Zum Anziehen dürfen nur die dazu bestimmten Werkzeuge benutzt werden.

4.15 Kontrollbohrungen zur Überprüfung der Dichtheit verdeckter Schweißnähte müssen bei den Druckprüfungen offen sein.

4.16 Bei Wasserdruckprüfungen mit Prüfdrücken über 100 bar[1)], bei Flüssigkeitsdruckprüfungen mit Temperaturen des Druckprüfmittels größer als 50 °C und bei Gasdruckprüfungen ist zusätzlich zu beachten:

4.16.1 Die Druckprüfungen sollen in einem Raum oder Hallenteil durchgeführt werden, der während der Prüfung nur dem Prüfpersonal zugänglich ist.

4.16.2 Steht ein besonderer Raum nicht zur Verfügung, sind geeignete Schutzvorkehrungen zu treffen, z. B. Aufstellen von Schutzwänden. Die nähere Umgebung des zu prüfenden Druckbehälters ist abzusperren und durch Hinweisschilder als Gefahrzone und Sperrgebiet zu kennzeichnen.

4.16.3 Es muss möglich sein, den angezeigten Druck aus sicherer Entfernung oder von einer geschützten Stelle aus festzustellen.

1) Werden andere Prüfflüssigkeiten verwendet, ist diese Grenze entsprechend den zutreffenden Kompressibilitätsfaktoren zu ändern.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.16.4 Die unmittelbare Besichtigung darf in der Regel erst erfolgen, wenn der Druckbehälter unter Prüfdruck gestanden hat und danach der Druck bei Flüssigkeitsdruckprüfungen auf etwa den maximal zulässigen Druck PS, bei Gasdruckprüfungen erforderlichenfalls noch weiter auf einen dem Dichtheitsprüfverfahren angepassten Druck abgesenkt wurde.

4.17 Bei hydrostatischer Druckprüfung von Druckbehältern beträgt der in 4.10 einzusetzende Prüfdruckfaktor

$$F_P = \text{max.}\left[1{,}43;\ 1{,}25 \cdot \frac{K_{20}}{K_\vartheta}\right]$$

K_{20} Festigkeitskennwert nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W für Prüftemperatur 20 °C

K_ϑ Festigkeitskennwert nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W für die angegebene Bauteilberechnungstemperatur

Bestehen Druckbehälter aus mehreren Werkstoffen und/oder sind den Bauteilen des Druckbehälters unterschiedliche Berechnungstemperaturen zugeordnet, so ist bei der Ermittlung des Prüfdruckfaktors F_P wie folgt vorzugehen:

In Abhängigkeit der eingesetzten Werkstoffe und der zugehörigen Bauteilberechnungstemperaturen ist in der o. g. Gleichung das kleinste Verhältnis K_{20}/K_ϑ anzusetzen. Maßgebend sind dabei die wesentlichen drucktragenden Bauteile des Druckbehälters (Mantel und Böden). Für alle übrigen Bauteile ist mit den Sicherheitsbeiwerten nach AD 2000-Merkblättern sicherzustellen, dass die zulässigen Spannungen eingehalten werden.

Für stabilitätsgefährdete Konstruktionen ist die Zulässigkeit des Prüfdruckes nachzuweisen und dieser ggf. zu reduzieren.

Die Anwendung eines höheren Prüfdruckes auch unter Verwendung des größten Verhältnisses (K_{20}/K_ϑ) ist möglich, bedarf aber des detaillierten rechnerischen Nachweises, dass die Festigkeitsreserven des Druckgerätes dafür ausreichend sind.

Bei Bauteilen, bei denen zur Auslegung die Zeitstandfestigkeitskennwerte berücksichtigt werden müssen, ist bei der Prüfdruckermittlung zu beachten, dass 95 % der Kaltstreckgrenze nicht überschritten werden.

4.18 Werden an Druckbehältern mit Auskleidungen Wasserdruckprüfungen durchgeführt, so ist bei Auskleidungen, die dem Prüfdruck nach 4.17 nicht standhalten (z. B. Emaille, Porzellan), die Druckprüfung vor der Auskleidung mit einem Prüfdruck gemäß 4.17 durchzuführen. Falls in der Bestellung eine zusätzliche Druckprüfung nach der Auskleidung vereinbart wurde, darf bei der zusätzlichen Druckprüfung der Prüfdruck auf das 1,1-Fache des höchstzulässigen Druckes herabgesetzt werden.

Bei Druckbehältern, die erst nach dem Auskleiden mit einem Doppelmantel versehen werden, darf der Prüfdruck für den Doppelmantel auch auf das 1,25-Fache des höchstzulässigen Differenzdruckes herabgesetzt werden.

Bei Plattenwärmetauschern, die aus lösbar verbundenen Platten bestehen, darf der Prüfdruck ebenfalls auf das 1,25-Fache des höchstzulässigen Differenzdruckes herabgesetzt werden.

4.19 Bei einer Gasdruckprüfung als erstmaliger Druckprüfung ist für die Festlegung des Prüfdruckes zu unterscheiden zwischen:

4.19.1 einer Prüfung, bei der der Druckbehälter an einem Ort steht, in dessen unmittelbaren Gefahrenbereich sich niemand begibt, während der Druckbehälter unter dem Prüfdruck steht. Bei derartigen Prüfungen ist der Prüfdruck nach 4.17 zu wählen. Der genannte Ort ist in der Regel eine besondere Kammer, die einem Zerknall des Druckbehälters standzuhalten vermag, oder ein Wasserbecken, in dem der Druckbehälter erforderlichenfalls ausreichend befestigt ist und Vorkehrungen gegen ein Herausschleudern von Teilen getroffen sind,

4.19.2 einer Prüfung, die nicht nach 4.19.1 erfolgt und bei der Maßnahmen zum Schutz des Prüfpersonals getroffen sind (siehe auch 4.16.1 bis 4.16.4). Bei derartigen Prüfungen beträgt der Prüfdruck das 1,1-Fache des höchstzulässigen Druckes.

4.19.3 Wenn eine Gasdruckprüfung als erstmalige Druckprüfung vorgesehen ist, sind mindestens 10 % der Längsnähte im Fall 4.19.1 und 100 % der Längsnähte im Fall 4.19.2 unter Einschluss aller Stoßstellen und 10 % der Rundnähte objektgebunden zerstörungsfrei zu prüfen.

4.19.4 Die für den Personenschutz erforderlichen Maßnahmen sind vom Hersteller mit den für den Prüfort zuständigen Aufsichtsbehörden abzustimmen. Die nationalen Regelungen bezüglich des Arbeitsschutzes sind einzuhalten. Hinsichtlich der Durchführung der Gasdruckprüfung wird auf Merkblatt T 039 [1] verwiesen[2)].

5 Schrifttum

[1] Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (April 2012). Merkblatt Sichere Technik T 039 Druckprüfungen von Druckbehältern und Rohrleitungen – Flüssigkeitsdruckprüfungen, Gasdruckprüfungen. Heidelberg: Medienshop der BG Rohstoffe und chemische Industrie. www.bgrci.de/medienshop

2) Die in 4.19.4 enthaltenen Anforderungen können von den Vorschriften anderer EU-Mitgliedstaaten abweichen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2016**

Herstellung und Prüfung von Rohrleitungen	Bauvorschriften **Rohrleitungen aus metallischen Werkstoffen**	AD 2000-Merkblatt **HP 100 R**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Begriffe ... 2
3 Allgemeines ... 2
4 Anforderungen an Hersteller ... 3
5 Anforderungen an Werkstoffe ... 3
6 Berechnung ... 7
7 Herstellung und Verlegung ... 8
8 Äußerer Korrosionsschutz ... 12
9 Vermeidung von Gefahren infolge elektrostatischer Aufladungen ... 12
10 Sicherheitstechnische Ausrüstungsteile ... 12
11 Kennzeichnung ... 13
Anlage 1 zu AD 2000-Merkblatt HP 100 R ... 14
Anlage 2 zu AD 2000-Merkblatt HP 100 R ... 15
Anlage 3 zu AD 2000-Merkblatt HP 100 R ... 22

Ersatz für Ausgabe November 2007; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B EU-Baumusterprüfung (Entwurfsmuster) + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Berechnung, die Konstruktion, den Werkstoff, die Herstellung, die Prüfung und die Verlegung von Rohrleitungen nach Druckgeräterichtlinie aus metallischen Werkstoffen.

Die Entwurfsprüfung für Rohrleitungen (soweit erforderlich) sowie deren Schluss- und Druckprüfung sind nach AD 2000-Merkblatt HP 512 R durchzuführen.

2 Begriffe

2.1 Rohrleitungen sind zur Durchleitung von Fluiden bestimmte Leitungsbauteile, die für den Einbau in ein Drucksystem miteinander verbunden sind. Zu Rohrleitungen zählen insbesondere Rohre oder Rohrsysteme, Rohrformteile, Ausrüstungsteile[1)], Ausdehnungsstücke, Schlauchleitungen oder ggf. andere druckhaltende Teile. Wärmetauscher aus Rohren zum Kühlen oder Erhitzen von Luft sind Rohrleitungen gleichgestellt.

2.2 Ein Rohrleitungssystem kann als eine einzige Rohrleitung betrachtet werden, wenn

- es von Fluiden gleicher Gruppe und gleichem Aggregatzustand durchströmt ist und
- es über die ganze Ausdehnung für den gleichen maximal zulässigen Druck vorgesehen ist.

Unterbrechungen durch verschiedene Anlageteile, wie Pumpen, Maschinen, Behälter etc., stehen einer Zusammenfassung zu einer einzigen Rohrleitung nicht entgegen.

2.3 Oberirdische Rohrleitungen sind solche, die in Räumen oder im Freien ohne Erd- oder Sanddeckung verlegt sind. Dazu zählen auch solche Rohrleitungen, die in nicht verfüllten Gräben oder Kanälen verlegt sind.

Erdgedeckte Rohrleitungen sind solche, die ganz oder teilweise mit Erde oder Sand bedeckt sind.

3 Allgemeines

Rohrleitungen müssen so beschaffen sein, dass sie den auf Grund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen sicher genügen und dicht bleiben. Vibrationen der Rohrleitungen sind zu berücksichtigen. Rohrleitungen müssen insbesondere

(1) so ausgeführt sein, dass sie den maximal zulässigen Druck und die zulässige minimale/maximale Temperatur sicher aufnehmen,

(2) aus Werkstoffen hergestellt sein, die

a) die am fertigen Bauteil erforderlichen mechanischen Eigenschaften haben,

b) von dem Beschickungsgut (Fluid) nicht in gefährlicher Weise angegriffen werden und mit diesem keine gefährlichen Verbindungen eingehen, sofern die Werkstoffe dem Beschickungsgut ausgesetzt sind[2)],

c) korrosionsbeständig oder gegen Korrosion geschützt sind, sofern sie korrosiven Einflüssen unterliegen; unter korrosiven Einflüssen sind hier nur von außen einwirkende Einflüsse zu verstehen,

(3) mit den für einen sicheren Betrieb erforderlichen Einrichtungen ausgerüstet sein, die ihrer Aufgabe sicher genügen.

1) Sofern Ausrüstungsteile selbst Druckgeräte (Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, druckhaltende Ausrüstungsteile) sind, müssen diese Ausrüstungsteile einer gesonderten Konformitätsbewertung unterzogen werden und mit einer CE-Kennzeichnung versehen sein, wenn diese unter Anhang I der Druckgeräterichtlinie fallen.

2) Die Möglichkeit von Schäden durch Turbulenzen oder Wirbelbildung ist gebührend zu berücksichtigen, z. B. durch Wanddickenzuschläge, durch die Verwendung von Auskleidung oder Beschichtung oder durch die Möglichkeit des Austausches der am stärksten betroffenen Teile.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4 Anforderungen an Hersteller

4.1 Anforderungen an Hersteller von Rohrleitungsteilen

Der Hersteller von Rohrleitungsteilen, wie Rohre, Formstücke, Flansche, Schrauben, Muttern, Armaturen oder deren Komponenten, muss

- über Einrichtungen für ein sachgemäßes Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen; es können auch Einrichtungen anderer Stellen, die die Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden,
- über sachkundige Personen für das Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen sowie eine Prüfaufsicht für die zerstörungsfreien Prüfungen haben, soweit solche in der Werkstoffspezifikation festgelegt sind,
- die Erzeugnisse nach einem geeigneten Verfahren herstellen und durch Güteüberwachung mit entsprechenden Aufzeichnungen die sachgemäße Herstellung der Erzeugnisse sowie die Einhaltung der in der Werkstoffspezifikation genannten Anforderungen sicherstellen.

  Der Hersteller von Rohrleitungsteilen für Rohrleitungen der Kategorie II und III muss der zuständigen unabhängigen Stelle nachweisen, dass er o. g. Anforderungen erfüllt. Ferner muss er über ein dokumentiertes QM-System verfügen, sofern er Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach DIN EN 10204 ausstellt. Bestehende QM-Systeme sind dabei zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind durch die zuständige unabhängige Stelle zu bestätigen. Die Bestätigung hat eine Gültigkeit von drei Jahren und verlängert sich ohne zusätzliche Prüfung, sofern sich die zuständige unabhängige Stelle mindestens einmal jährlich davon überzeugt, dass die werkstoffspezifischen Anforderungen erfüllt sind. Dies kann auch im Rahmen laufender Werkstoffabnahmeprüfungen durch die zuständige unabhängige Stelle erfolgen.

  Hersteller von Rohrleitungsteilen für Rohrleitungen der Kategorie I können Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 ausstellen, ohne über ein dokumentiertes Qualitätsmanagementsystem zu verfügen.

Die Anforderungen dieses Abschnittes gelten auch für die Hersteller von Vormaterial.

4.2 Anforderungen an Hersteller von Rohrleitungen

Die Hersteller von Rohrleitungen müssen über Einrichtungen verfügen, um die Rohrleitungsteile sachgemäß verarbeiten und die notwendigen Prüfungen durchführen zu können. Es können auch Einrichtungen anderer Stellen, die die Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden.

Die Hersteller müssen eigenes verantwortliches Aufsichtspersonal und für die Fertigung sachkundige Personen haben.

Der Hersteller von Rohrleitungen muss die schweißtechnischen Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834-3 erfüllen. Kommt Fremdpersonal zum Einsatz, muss sich der Hersteller von dessen Sachkunde und der sachgerechten Herstellung überzeugen.

Werden Fertigungsarbeiten ganz oder teilweise anderen Unternehmen übertragen, müssen auch diese für die auszuführenden Arbeiten die Bedingungen nach diesem Abschnitt 4.2 erfüllen.

Die zuständige unabhängige Stelle überzeugt sich im Rahmen ihrer Prüftätigkeit von der Erfüllung der Anforderungen. Der Fertigungsablauf darf dabei nicht beeinträchtigt werden.

5 Anforderungen an Werkstoffe

Die nachfolgend aufgeführten Anforderungen dieses Abschnittes beziehen sich auf die wichtigsten drucktragenden Teile von Rohrleitungen.

Die AD 2000-Merkblätter werden laufend an den Stand der Normung angepasst. Die Verwendung von Werkstoffen, die nach früher gültigen Ausgaben des AD- bzw. AD 2000-Regelwerkes geliefert wurden und die Anforderungen dieses AD 2000-Merkblattes erfüllen, ist weiterhin zulässig.

5.1 Anforderungen bei tiefen Temperaturen

Bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen des Beschickungsgutes unter −10 °C sind zusätzlich zu den Anforderungen der Abschnitte 5.2 bis 5.5 die Einsatzgrenzen des AD 2000-Merkblattes W 10 zu berücksichtigen.

Alternativ zu AD 2000-Merkblatt W 10 kann der Anhang B der DIN EN 13480-2 angewandt werden.

5.2 Anforderungen an Werkstoffe für Rohre

5.2.1 Werkstoffe

Die Anforderungen an die Werkstoffe nach Abschnitt 3 Ziffer 1 und Ziffer 2a) gelten insbesondere als erfüllt, wenn Rohre aus Werkstoffen nach den Abschnitten 5.2.1.1 bis 5.2.1.5 im Rahmen der in den Normen und soweit zutreffend in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W angegebenen Grenzen bzw. in der Eignungsfeststellung (siehe Abschnitt 5.2.1.5) angegebenen Anwendungsbereiche verwendet und ihre Güteeigenschaften nach Abschnitt 5.2.4 nachgewiesen werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2.1.1 Rohre aus unlegierten oder legierten Stählen:

— nahtlose Rohre nach DIN EN ISO 3183 (jedoch nur PSL 2-Rohre der Stahlsorten L245/B bis L485/X70 in den Lieferzuständen N, Q oder M, soweit zutreffend), DIN EN 10216-1 (ausgenommen die Güte TR 1), DIN EN 10216-2 (ausgenommen 8MoB5-4, 20MnNb6 und 20CrMoV13-5-5), DIN EN 10216-3, DIN EN 10216-4

— geschweißte Rohre nach DIN EN ISO 3183 (jedoch nur PSL 2-Rohre der Stahlsorten L245/B bis L485/X70 in den Lieferzuständen N, Q oder M, soweit zutreffend), DIN EN 10217-1 (ausgenommen die Güte TR 1), DIN EN 10217-2, DIN EN 10217-3, DIN EN 10217-4, DIN EN 10217-5, DIN EN 10217-6.

5.2.1.2 Rohre aus nichtrostenden austenitischen Stählen nach DIN EN 10217-7, DIN EN 10216-5 und Stahl-Eisen-Werkstoffblatt SEW 400, soweit nicht in DIN EN 10216-5 enthalten.

5.2.1.3 Rohre aus Kupfer, nahtlos gezogen, nach DIN EN 12449, DIN EN 12451 und Installationsrohre aus Kupfer, nahtlos gezogen, nach DIN EN 1057 Werkstoff Cu-DHP, in den Festigkeitszuständen nach DIN EN 12449.

5.2.1.4 Rohre aus Aluminium nach DIN EN 754 und DIN EN 755.

5.2.1.5 Rohre aus sonstigen metallischen Werkstoffen, wenn ihre Eignung vor deren Verwendung festgestellt worden ist:

— für Rohrleitungen der Kategorien I und II durch den Hersteller der Rohrleitung,

— für Rohrleitungen der Kategorie III durch die zuständige unabhängige Stelle.

Die Feststellungen können anhand von Prüfungen oder Betriebsbewährungen getroffen werden.

Wenn die Eignung des Werkstoffes für Druckbehälter festgestellt ist, so gilt diese entsprechend.

5.2.2 Besondere Anforderungen an Rohre für geschweißte oder gelötete Rohrleitungen

5.2.2.1 Werkstoffe für Rohre, die für geschweißte oder gelötete Rohrleitungen verwendet werden, müssen auch den an die Verarbeitung, Löteignung oder Schweißeignung zu stellenden Anforderungen genügen.

5.2.2.2 Abschnitt 5.2.2.1 gilt bei den Werkstoffen nach den Abschnitten 5.2.1.1 bis 5.2.1.4 als erfüllt.

5.2.2.3 Sonstige metallische Werkstoffe dürfen für geschweißte oder gelötete Rohrleitungen verwendet werden, wenn auch deren Eignung nach Abschnitt 5.2.1.5 miteinbezogen worden ist.

5.2.3 Prüfung der Werkstoffe

5.2.3.1 Bei Werkstoffen nach den Abschnitten 5.2.1.1 bis 5.2.1.4 richtet sich der Prüfumfang bei Rohren

— für Rohrleitungen der Kategorie III nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W,

— für Rohrleitungen der Kategorien I und II nach den in den Abschnitten 5.2.1.1 bis 5.2.1.4 genannten Werkstoffnormen oder SEW 400.

5.2.3.2 Bei Werkstoffen nach Abschnitt 5.2.1.5 richtet sich der Prüfumfang nach den Festlegungen bei der Feststellung der Eignung.

5.2.4 Nachweis der Güteeigenschaften

5.2.4.1 Der Nachweis der Güteeigenschaften bei Rohren gemäß Abschnitt 5.2.1.1 bis 5.2.1.4 für:

— Rohrleitungen der Kategorie III ist gemäß der Einteilung in Tafel 1 zu erbringen. Falls der Nachweis der Güteeigenschaften gemäß den AD 2000-Merkblättern der Reihe W erfolgt, können bei Rohrleitungen im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle die Anforderungen bezüglich Dokumentation und Kennzeichnung bei der Weiterverarbeitung unter sinngemäßer Anwendung der AD 2000-Merkblätter der Reihen HP und W festgelegt werden,

— Rohrleitungen der Kategorie II ist mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu erbringen,

— Rohrleitungen der Kategorie I ist mindestens mit einem Werkszeugnis 2.2 nach DIN EN 10204 zu erbringen.

Bei Rohren mit einem Durchmesser bis DN 100 genügt die Inbezugnahme der Gütenachweise in der Dokumentation oder als Gütenachweis die dauerhafte Kennzeichnung mit Werkstoffsorte und Herstellerzeichen.

5.2.4.2 Der Nachweis der Güteeigenschaften für Rohre nach Abschnitt 5.2.1.5 ist entsprechend den Festlegungen in der Feststellung der Eignung zu erbringen.

5.3 Anforderungen an metallische Werkstoffe für Formstücke

Wenn beim Versagen eines Formstückes eine Gefährdung eintreten kann, sind Formstücke aus zähem Werkstoff zu verwenden. In solchen Fällen können jedoch bei Drücken bis 10 bar und Temperaturen bis 200 °C Formstücke aus Gusseisen mit Lamellengraphit verwendet werden, wenn das Formstück gegenüber der auftretenden Beanspruchung überdimensioniert ist. Dies gilt in der Regel als erfüllt, wenn bei der Berechnung des Formstückes der Sicherheitsbeiwert um den Faktor 1,5 erhöht wird.

Bei Gasen in flüssigem Zustand ist für das Formstück zäher Werkstoff zu verwenden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Als zähe Werkstoffe gelten die Werkstoffe nach den Abschnitten 5.3.1.1 bis 5.3.1.3, wenn die in den dort erwähnten DIN-Normen festgelegten Mindestanforderungen an die Bruchdehnung und an die Kerbschlagzähigkeit erfüllt sind. Ausgenommen sind Werkstoffe nach dem AD 2000-Merkblatt W 3/1.

In Abhängigkeit von den zu erwartenden betrieblichen Beanspruchungen können auch andere Werkstoffe als den besonderen Anforderungen an die Zähigkeit genügend bezeichnet werden, wenn ein Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle über die Verwendbarkeit vorliegt.

Tafel 1 — Art der Prüfbescheinigungen entsprechend Abschnitt 5.2.4.1 bei Rohren für Rohrleitungen der Kategorie III

Werkstoff	Prüfgruppe*)	Werkstoffuntergruppe*)	Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204
Stahl	1	1.1, 1.2	3.1
	2	1.3, 3.1	gemäß AD 2000 Reihe W
	3	4.1, 4.2	gemäß AD 2000 Reihe W
	4.1	5.1, 5.2	3.1
		5.3, 5.4	gemäß AD 2000 Reihe W
	4.2	6.1, 6.4	gemäß AD 2000 Reihe W
	5.1	1.1, 1.2, 9.1	3.1
	5.2	1.1	3.1
		1.3	gemäß AD 2000 Reihe W
	5.3	1.3	gemäß AD 2000 Reihe W
	5.4	9.2, 9.3	gemäß AD 2000 Reihe W
	6	8.1	3.1
		8.2	gemäß AD 2000 Reihe W
	7	8.1	3.1
		8.2	gemäß AD 2000 Reihe W
	8	10.1, 10.2	gemäß AD 2000 Reihe W
Aluminium und Aluminiumlegierungen	Al 1	21	gemäß AD 2000 Reihe W
	Al 2	EN AW-3003, EN AW-5754, EN AW-5083	3.1
		alle übrigen Al-Legierungen der Werkstoffgruppen 22.1, 22.3	gemäß AD 2000 Reihe W
	Al 3	23.1	gemäß AD 2000 Reihe W

*) Prüfgruppen und Werkstoffuntergruppen nach AD 2000-Merkblatt HP 0, Tafeln 1, 2 und 3.

5.3.1 Werkstoffe

5.3.1.1 Die Anforderungen an die Werkstoffe nach Abschnitt 3.2 Ziffer 1 und Ziffer 2a) gelten insbesondere als erfüllt, wenn für:

(1) Formstücke aus Rohren Werkstoffe nach Abschnitt 5.2,

(2) Formstücke aus Blechen Werkstoffe nach AD 2000-Merkblättern W 1, W 2 und W 6/1,

(3) Formstücke aus Stahlguss bzw. Gusseisen Werkstoffe nach AD 2000-Merkblättern W 3/2, W 3/3 bzw. W 5,

(4) Formstücke aus Kupferwerkstoffen

- Kapillarlötfittings nach DIN EN 1254-1
- Rohrbogen aus Kupfer in Verbindung mit AD 2000-Merkblatt W 6/2 oder

(5) geschmiedete Formstücke aus Werkstoffen nach AD 2000-Merkblatt W 2 und W 13

verwendet werden.

5.3.1.2 Für Formstücke aus Werkstoffen nach Abschnitt 5.3.1.1, Ziff. 1, 2, 4 und 5 sowie für Formstücke aus Stahlguss nach Abschnitt 5.3.1.1 Ziff. 3 gelten die Verarbeitbarkeit und Schweißeignung als nachgewiesen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.3.1.3 Formstücke aus sonstigen metallischen Werkstoffen, wenn ihre Eignung vor deren Verwendung festgestellt worden ist

- für Rohrleitungen der Kategorien I und II durch den Hersteller der Rohrleitung,
- für Rohrleitungen der Kategorie III durch die zuständige unabhängige Stelle.

Die Feststellungen können anhand von Prüfungen oder Betriebsbewährungen getroffen werden.

Wenn die Eignung des Werkstoffes für Druckbehälter festgestellt ist, so gilt diese entsprechend.

5.3.2 Prüfung der Formstücke

Formstücke für Rohrleitungen sind nach DIN EN 10253-2 und DIN EN 10253-4 zu prüfen. Sofern Herstellverfahren angewendet werden, die von den in DIN EN 10253-2 oder -4 genannten Verfahren abweichen, sind Prüfungen nach AD 2000-Merkblatt HP 8/3, Abschnitte 5.1.2 und 5.2, durchzuführen.

5.3.3 Nachweis der Güteeigenschaften

Für Formstücke aus Werkstoffen nach Abschnitt 5.3.1.1

- in Rohrleitungen der Kategorie III ist der Nachweis der Güteeigenschaften gemäß den Einteilungen in Tafel 1 dieses AD 2000-Merkblattes zu erbringen,
- in Rohrleitungen der Kategorie II ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 gemäß DIN EN 10204 zu erbringen,
- in Rohrleitungen der Kategorie I ist ein Werkszeugnis 2.2 nach DIN EN 10204 ausreichend. Bei Formstücken bis DN 100 genügt als Gütenachweis die Stempelung mit Werkstoff und Herstellerzeichen.

Der Nachweis der Güteeigenschaften für Formstücke aus Werkstoffen nach Abschnitt 5.3.1.3 ist entsprechend den Festlegungen in der Feststellung der Eignung zu erbringen.

5.4 Anforderungen an Werkstoffe für Flansche, Schrauben und Muttern

5.4.1 Werkstoffe und Prüfung

5.4.1.1 Die Anforderungen an die Werkstoffe und die Prüfung der Flansche, Schrauben und Muttern gelten als erfüllt, wenn

- für Rohrleitungen der Kategorie III die jeweils zutreffenden AD 2000-Merkblätter W 2, W 6/1, W 6/2, W 7, W 9 und W 13 eingehalten sind,
- für Rohrleitungen der Kategorien I und II die jeweils zutreffenden Normen DIN EN 1092-1 (Flansche aus Stahl), DIN EN 1092-4 (Flansche aus Aluminium), DIN EN 10269 (Vormaterial), DIN EN ISO 898-1 (Schrauben aus C-Stahl oder legierten Stählen), DIN EN ISO 898-2 (Muttern aus C-Stahl oder legierten Stählen), DIN EN ISO 3506-1 (Schrauben aus nichtrostenden Stählen) und DIN EN ISO 3506-2 (Muttern aus nichtrostenden Stählen) eingehalten sind.

5.4.1.2 Die Anforderungen an die Werkstoffe und die Prüfung der Flansche, Schrauben und Muttern aus anderen metallischen Werkstoffen gelten als erfüllt, wenn ihre Eignung vor deren Verwendung festgestellt worden ist

- für Rohrleitungen der Kategorien I und II durch den Hersteller der Rohrleitung,
- für Rohrleitungen der Kategorie III durch die zuständige unabhängige Stelle.

Die Feststellungen können anhand von Prüfungen oder Betriebsbewährungen getroffen werden.

Wenn die Eignung des Werkstoffes für Druckbehälter festgestellt ist, so gilt diese entsprechend.

5.4.2 Nachweis der Güteeigenschaften

Für die Nachweise der Güteeigenschaften gilt Abschnitt 5.3.3 sinngemäß, d. h.

- Flansche in Rohrleitungen der Kategorie III gemäß den Einteilungen in Tafel 1,
- Schrauben und Muttern in Rohrleitungen der Kategorie III unter Anwendung der AD 2000-Merkblätter der Reihe W. Als Ausnahme hiervon erfolgt der Nachweis für Schrauben aus 25CrMo4 mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204,
- Flansche, Schrauben und Muttern in Rohrleitungen der Kategorie II mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 gemäß DIN EN 10204,
- Flansche, Schrauben und Muttern in Rohrleitungen der Kategorie I durch eine Werksbescheinigung 2.2 gemäß DIN EN 10204.

5.5 Anforderungen an Werkstoffe für Armaturen

Die Anforderungen an Werkstoffe für Gehäuse von Armaturen nach Abschnitt 3 Ziffer 1 und Ziffer 2a) gelten insbesondere als erfüllt, wenn Gehäuse nach AD 2000-Merkblatt A 4 „Gehäuse von Ausrüstungsteilen“ verwendet werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.6 Anforderungen an Werkstoffe für Schneid- und Klemmringverschraubungen

5.6.1 Für Schneidringverschraubungen nach DIN 2353 sind Werkstoffe nach DIN 3859-1 und DIN EN ISO 8434-1 zulässig.

Der Nachweis der Güteeigenschaften der einzelnen Bauteile muss mindestens mit Werkszeugnis 2.2 nach DIN EN 10204 erfolgen.

Der Hersteller der Verschraubung hat durch eine Kennzeichnung zu bestätigen, dass die Verschraubung der DIN 2353 bzw. DIN EN ISO 8434-1 entspricht und die geforderten Werkstoffnachweise vorliegen. Die Kennzeichnung muss folgende Angaben enthalten:

- Herstellerkennzeichen
- Baureihe (Angabe entsprechend DIN 2353 bzw. DIN EN ISO 8434-1)
- Werkstoffgruppe, sofern nach DIN 3859-1 bzw. DIN EN ISO 8434-1 Cu, Cu-Legierungen oder nichtrostender Stahl verwendet wird.

5.6.2 Für andere Schneidringverschraubungen und für Klemmringverschraubungen ist die Eignung der Werkstoffe im Rahmen einer Bauteilprüfung nachzuweisen (siehe hierzu auch Abschnitt 7.4.1).

Bei Rohrleitungen der Kategorien I und II kann der Nachweis der Eignung der Werkstoffe durch den Hersteller erfolgen.

6 Berechnung

6.1 Allgemeines

Rohre, Formstücke und andere Bauteile sind gegen Innendruck, ggf. Außendruck und Zusatzbelastungen, soweit diese die Auslegung der Rohrleitungen wesentlich beeinflussen, nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, z. B. DIN EN 13480-3, ASME B 31.3, zu berechnen.

Dabei werden alle maßgeblichen Belastungen, vgl. AD 2000-Merkblatt S 3/0, insbesondere unter Berücksichtigung von Innendruck, Massenkräften und Temperaturzwängungen zu Lastfällen kombiniert. Die überlagerten Beanspruchungen werden nach den in den allgemein anerkannten Regeln der Technik festgelegten Kriterien mit den zulässigen Werten verglichen.

Ist die Berechnung der Rohrleitung nicht oder nur mit einem nicht vertretbaren Aufwand möglich, kann die ausreichende Dimensionierung der Rohrleitung auch durch experimentelle Auslegungsmethoden belegt werden (nur zulässig für $PS \times \mathrm{DN} \leq$ 3000 bar nach Leitlinie 5/7).

Die nachfolgend aufgeführten Punkte gelten im Wesentlichen für nicht erdverlegte Rohrleitungen. Bei erdverlegten Rohrleitungen sind die erforderlichen Zusatzbetrachtungen, z. B. hinsichtlich Erdauflast, behindertes Dehnverhalten im Erdreich, Bergsenkungseinflüsse, im Einzelfall festzulegen.

6.2 Vereinfachte Vorgehensweise

Abweichend von Abschnitt 6.1 können die Beanspruchungen aus Innendruck, Massenkräften und Temperaturzwängungen vereinfacht jeweils unabhängig von den übrigen Belastungen nach den Abschnitten 6.2.1 bis 6.2.3 erfasst werden.

6.2.1 Berechnung der Rohre, Formstücke und anderer Bauteile gegen Innen- oder Außendruck

Der Nachweis für Beanspruchungen aus Innendruck erfolgt nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik wie z. B. DIN EN 13480-3 und AD 2000-Merkblättern der Reihe B. Die Sicherheitsbeiwerte sind DIN EN 13480-3 bzw. AD 2000-Merkblatt B 0 zu entnehmen.

Für Armaturengehäuse gilt das AD 2000-Merkblatt A 4.

6.2.1.1 Rohre

Für Rohre gilt Abschnitt 6.2.1 als erfüllt, wenn das Wanddicken-Durchmesserverhältnis $(s_e - c_1 - c_2)/d_a$ bei $p \cdot S/K$ nach Anlage 1 mindestens eingehalten wird. Die Voraussetzungen von Anlage 1 sind dabei zu beachten.

6.2.1.2 Rohrbogen, Reduzierstücke, Kappen

Bei Rohrbogen und Reduzierstücken Typ B sowie Kappen nach DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4 ist eine Berechnung gegen Innendruck nicht erforderlich, wenn die Anschlusswanddicke der Formstücke entsprechend der erforderlichen Rohrwanddicke s_e nach Abschnitt 6.2.1 bzw. Abschnitt 6.2.1.1 gewählt wird.

Bei Rohrbogen und Reduzierstücken Typ A muss der maximal zulässige Druck entsprechend dem zulässigen Ausnutzungsgrad dieser Formstücke gegenüber dem geraden Rohr reduziert werden.

6.2.1.3 Formstücke

Bei Formstücken nach DIN EN 1254-1 und DIN EN 1254-4 ist eine Berechnung gegen Innendruck nicht erforderlich, wenn die in dieser Norm angegebenen Betriebsüberdrücke nicht überschritten werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei T-Stücken Typ B nach DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4 ist eine Berechnung gegen Innendruck nicht erforderlich, wenn die Anschlusswanddicke der Formstücke entsprechend der erforderlichen Rohrwanddicke s_e nach Abschnitt 6.2.1 bzw. Abschnitt 6.2.1.1 gewählt wird.

Bei T-Stücken Typ A nach DIN EN 10253-2 oder DIN EN 10253-4 muss der maximal zulässige Druck entsprechend dem zulässigen Ausnutzungsgrad dieser T-Stücke gegenüber dem geraden Rohr reduziert werden.

Bei 90°-Abzweigen und 45°-Abzweigen ist eine Berechnung nicht erforderlich, wenn das Wanddicken-Durchmesser-verhältnis $(s_e - c_1 - c_2)/d_a$ bei $p \cdot S/K$ mindestens eingehalten ist. Die Voraussetzungen von Anlage 1 sind dabei zu beachten.

6.2.2 Festlegung der zulässigen Stützweiten

Durch die Festlegung der zulässigen Stützweiten werden die Auswirkungen der Massenkräfte auf die Durchbiegung bzw. auf die Spannungen begrenzt, so dass eine getrennte Behandlung von Innendruck und Massenkräften möglich wird. Der Nachweis der Zulässigkeit der Stützweiten gilt als erbracht, wenn für die Stahlrohre die Stützweiten nach der Tabelle in Anlage 2 eingehalten und die Bedingungen in den Erläuterungen zur Festlegung der Stützweite beachtet werden. Für andere Parameter, z. B. andere Werkstoffe, kann die Tabelle Anlage 2 nach den in den Erläuterungen enthaltenen Angaben umgerechnet werden. Zulässige Stützweiten für Cu-Rohre können auch nach dem DKI-Informationsdruck Nr. i158[3)] festgelegt werden.

6.2.3 Elastizitätskontrolle

6.2.3.1 Zur Sicherstellung einer ausreichenden Elastizität, z. B. bei behinderter Wärmedehnung der Rohrleitung oder bei der Wärmedehnung anschließender Behälter, muss ein Rohrleitungssystem über ausreichende Möglichkeiten der Biegeverformung oder Torsionsverformung verfügen. Dies wird im Regelfall durch entsprechende Verlegung erreicht.

6.2.3.2 Abweichend von Abschnitt 6.1 ist eine Berechnung der Elastizität nicht erforderlich, wenn die Schenkellängen den Bedingungen nach Anlage 3 genügen. Dabei wird vorausgesetzt, dass aufgrund der Verlegung die Torsions-spannungen von untergeordneter Bedeutung sind.

Die Elastizität von Cu-Rohren kann auch nach dem DKI-Informationsdruck Nr. i158[3)] beurteilt werden.

Anlage 3 enthält Beispiele zur Elastizitätskontrolle und Erläuterungen.

7 Herstellung und Verlegung

7.1 Allgemeines

7.1.1 Beim Zusammenfügen einer Rohrleitung dürfen die einzelnen Rohre nicht unzulässig beansprucht oder verformt werden. Montageanweisungen sind zu beachten.

Dies gilt als erfüllt, wenn durch Kalt- oder Warmumformung, z. B. bei Richtarbeiten oder durch das Biegen der Rohre, die Güteeigenschaften des Werkstoffes nicht unzulässig beeinträchtigt und die einzelnen Rohre so zusammengefügt worden sind, dass Spannungen und Verformungen, die die Sicherheit der Rohrleitung beeinträchtigen können, ausgeschlossen sind.

7.1.2 Verbindungselemente zwischen einzelnen Rohren müssen so beschaffen sein, dass eine sichere Verbindung und technische Dichtheit gewährleistet sind. Die Anzahl der Flanschverbindungen ist möglichst gering zu halten.

Bei Rohrleitungen für Stoffe mit besonderem Gefahrenpotenzial, z. B. bei verflüssigten brennbaren Gasen, sind diese Forderungen erfüllt, wenn z. B. Flansche mit Nut und Feder oder Vor- und Rücksprung oder besonderen Dichtungen, wie metallarmierte oder Metalldichtungen, verwendet werden.

7.1.3 Die Übertragung der Kennzeichnung beim Zertrennen von Rohren ist eine Möglichkeit, mit der Werkstoffe während des gesamten Herstellungs- und Fertigungsprozesses identifiziert werden können. Eine Übertragung der Kenn-zeichnung ist jedoch nicht notwendig, wenn auf andere geeignete Weise nachgewiesen werden kann, dass die Werkstoffe von der Wareneingangsprüfung über den Herstellungs- und Verlegungsprozess bis zur Endabnahme der Rohrleitung identifiziert werden können.

7.2 Grundsätze für Schweißarbeiten

7.2.1 Die Schweißnähte an Rohrleitungen müssen unter Verwendung geeigneter Arbeitsmittel und Zusatzwerkstoffe ausgeführt und so hergestellt sein, dass eine einwandfreie Verschweißung gewährleistet ist und Eigenspannungen begrenzt bleiben.

3) Deutsches Kupferinstitut. Die fachgerechte Kupferrohr-Installation – Eigenschaften Verarbeitung Verwendung. DKI-i158-09/2012. 40474 Düsseldorf. www.kupferinstitut.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.2.2 Bei der Herstellung von geschweißten Rohrleitungen sind Verfahren anzuwenden, die vom Hersteller nachweislich beherrscht werden und die die Gleichmäßigkeit der Schweißnähte gewährleisten. Der Nachweis ist für Rohrleitungen der Kategorien II und III der zuständigen unabhängigen Stelle durch eine entsprechende Verfahrensprüfung unter sinngemäßer Anwendung von AD 2000-Merkblatt HP 2/1 zu erbringen. Für Rohrleitungen der Kategorie I ist der Nachweis durch den Hersteller der Rohrleitung zu führen. Abweichend genügt bei Rohrleitungen mit einer Nennweite bis DN 150 aus Werkstoffen nach den Abschnitten 5.2.1.1 bis 5.2.1.4 die Entnahme objektgebundener Arbeitsprüfungen.

7.2.3 Die Hersteller müssen über sachkundiges Aufsichtspersonal verfügen. Die Aufgaben und die Verantwortung der Schweißaufsicht ergeben sich aus DIN EN ISO 14731. Die Schweißaufsicht hat dafür zu sorgen, dass die üblicherweise angewandten, dem Stand der Technik entsprechenden Regelungen eingehalten werden.

7.2.4 Die Hersteller dürfen nur geprüfte Schweißer einsetzen. Die Prüfung der Schweißer erfolgt bei Stahl, Aluminium, Nickel und deren Legierungen nach AD 2000-Merkblatt HP 3. Andere Werkstoffe sind entsprechend ihren Eigenschaften sinngemäß zuzuordnen. Kehlnahtprüfstücke können auch aus Blechen angefertigt werden.

7.2.5 Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe

7.2.5.1 Die Schweißzusätze, ggf. in Kombination mit Schweißhilfsstoffen, müssen für die Herstellung von Rohrleitungen geeignet sein, d. h., das Schweißgut muss auf die Grundwerkstoffe abgestimmt und die hierfür erforderlichen Güteeigenschaften müssen z. B. in einer Schweißzusatzspezifikation festgelegt sein.

7.2.5.2 Die Eignung der Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe wird für Rohrleitungen der Kategorien II und III durch die zuständige unabhängige Stelle festgestellt. Für Rohrleitungen der Kategorie I ist die Eignung durch den Hersteller der Rohrleitung festzustellen.

Siehe hierzu auch VdTÜV-Merkblatt 1153. Für die im VdTÜV-Kennblatt 1000 genannten Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe ist die Eignung innerhalb der dort genannten Anwendungsgrenzen festgestellt. Liegt eine Eignungsfeststellung nicht vor, kann die Eignung für einen bestimmten bzw. gleichartigen Anwendungsfall im Rahmen einer erweiterten Verfahrensprüfung erfolgen.

7.2.6 Schweißnahtprüfungen

7.2.6.1 Stumpf- und Kehlnähte als Schweißnähte an drucktragenden Teilen aus Stahl sind so auszuführen, dass sie den Anforderungen des AD 2000-Merkblattes HP 5/1 genügen. Die Art der zerstörungsfreien Prüfung und die Beurteilung der Befunde werden in Anlehnung an das AD 2000-Merkblatt HP 5/3 geregelt.

Stumpf- und Kehlnähte als Schweißverbindungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen an drucktragenden Teilen sind so auszuführen, dass sie hinsichtlich ihres inneren und äußeren Befundes den Anforderungen der Tafel 2 entsprechen.

Tafel 2 — Techniken, Verfahren und Zulässigkeitskriterien für Stumpf- und Kehlnähte aus Aluminium und Aluminiumlegierungen

Technik (Abkürzungen)	Verfahren	Zulässigkeitskriterien
Sichtprüfung (VT)	DIN EN ISO 17637	DIN EN ISO 10042 Bewertungsgruppe B[1)]
Durchstrahlungsprüfung (RT)	DIN EN ISO 17636-1 Klasse B	DIN EN ISO 10675-2 Zulässigkeitsgrenze 1[2)]
Ultraschallprüfung (UT)	Manuelle UT, DIN EN ISO 17640 Für Wanddicke e_n (mm) $4 \leq e_n < 40$ Klasse A $40 \leq e_n < 100$ Klasse B $e \geq 100$ Klasse C Automatische UT, DIN EN ISO 10893[4)]	DIN EN ISO 11666 Zulässigkeitsgrenze 2[3)]
Eindringprüfung (PT)	DIN EN ISO 3452-1 + Prüfparameter nach DIN EN ISO 23277, Anhang A, Tabelle A.1	DIN EN ISO 23277 Zulässigkeitsgrenze 2

1) Bei den Fehlerarten 1.11 (502) (zu große Nahtüberhöhung/Stumpfnaht), 1.12 (503) (zu große Nahtüberhöhung/Kehlnaht), 1.14 (504) (zu große Wurzelüberhöhung), 3.1 (507) (Kantenversatz, nur bei Umfangsnähten), 1.10 (5011) (durchlaufende Einbrandkerbe, jedoch max. 0,2 mm tief), 1.18 (5013/515) (Wurzelrückfall, Wurzelkerbe), 1.16 (511) (Decklagenunterwölbung) nach DIN EN ISO 10042 ist die Bewertungsgruppe C ausreichend.

2) Bei den Fehlerarten 5 (2016) (Schlauchporen, vereinzelt), 6 (303) (Oxideinschluss), 7 (3041) (Wolframeinschluss), 2a (2011) (Poren), 3 (2013) (Porennest) nach DIN EN ISO 10675-2 ist die Zulässigkeitsgrenze 2 ausreichend.

3) Flächenfehler sind nicht zulässig. Bei $e_n \geq 60$ mm muss die Ultraschallprüfung Unregelmäßigkeiten senkrecht zur Oberfläche nach DIN EN ISO 16826 mit einbeziehen.

4) DIN EN ISO 10893 gilt für ZfP von Stahlrohren. Bis zum Vorliegen einer ZfP-Norm über die automatische Ultraschallprüfung von Werkstoffen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen sind DIN EN ISO 10893-11 und DIN EN ISO 10893-9 als Referenznormen für zulässige automatische Ultraschallprüfverfahren für Werkstoffe aus Aluminium und Aluminiumlegierungen nach diesem AD 2000-Merkblatt anzuwenden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.2.6.2 Der Umfang zerstörungsfreier Prüfungen für Rohrleitungen nach Kategorie II + III ist in Tafel 3 festgelegt. Anforderungen an das ZfP-Personal siehe AD 2000-Merkblatt HP 4. Die Einschränkung in Fußnote 2 von Tafel 3 gilt nicht für emaillierte Rohrleitungen oder emaillierte Rohrleitungsteile. Die Auswahl der zu prüfenden Nähte (Stichproben) erfolgt in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad beim Schweißen und in Abhängigkeit vom Schweißverfahren.

Tafel 3 — Umfang der zerstörungsfreien Prüfung – Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung – für Rohrleitungen in % der Anzahl der Rundnähte

Fluidgruppen	Kategorie	Prüfgruppe*) 1 / 5.1 / 6 / Al 1	Prüfgruppe*) 2 / 4.1 / 5.2 / 5.4 / 7 / 8 / Ni 1 / Ni 2 / Ti 1 / Al 2	Prüfgruppe*) 3 / 4.2 / 5.3 / Cu
2[1)]	II + III	2	10	25
1[2)]	II			
1[2)]	II + III	10	25	100
1, 2	I	2	10	25

*) Prüfgruppen nach AD 2000-Merkblatt HP 0, Tafel 1, 2 und 3.

1) Einschließlich oxidierende Fluide.

2) Bis einschließlich $PS \cdot \mathrm{DN} = 2000$ bar, aber nicht für organische Peroxide oder toxische Fluide.

Bei Ausnutzung der Festigkeitskennwerte von 50–85 % sind die Werte der Tafel 3 zu halbieren, bei weniger als 50 % zu vierteln, jedoch nicht weniger als 2 %. Der Ausnutzungsgrad ergibt sich bei der Beurteilung nach Abschnitt 6.2 aus der Betrachtung gegen Innendruck, bei der Beurteilung nach Abschnitt 6.1 aus der Vergleichsspannung.

Bei Werkstoffen, die in der Tafel der Prüfgruppen nicht enthalten sind, aber einer dieser Prüfgruppen zuordenbar sind, kann der Prüfumfang entsprechend festgelegt werden.

Werden die Ausführungen der Schweißarbeiten sowie die Schweißer besonders überwacht, z. B. im Rahmen einer werkstattmäßigen Vorfertigung, kann im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle ein Teil der Prüfungen nach Tafel 3 nicht objektgebunden durchgeführt werden. Bei Rohrleitungen, deren Nähte nach dem Gas- oder MSG-Schweißverfahren hergestellt sind, ist zusätzlich eine Arbeitsprüfung zu entnehmen, die durch Biege- bzw. Bruch-Proben je Schweißer und Werkstoffgruppe im Umfang nach AD 2000-Merkblatt HP 0 zu untersuchen ist.

Für Rohrleitungen der Kategorie I wird der Prüfumfang nach Tafel 3 empfohlen.

7.3 Löten

7.3.1 Lötverbindungen an Rohrleitungen müssen unter Verwendung geeigneter Arbeitsmittel als Hartlötverbindungen durch Spaltlötung (Kapillarlötung) so ausgeführt und hergestellt werden, dass eine einwandfreie Lötung gewährleistet ist. Lötverbindungen sind zulässig bis DN 32, ausgenommen Rohrleitungen für Kältemittel der Gruppe L1.

Hartlötverbindungen durch Spaltlötung sind nur unter Verwendung von Installationsrohren aus Kupfer mit Maßen nach DIN EN 1057 (siehe Abschnitt 5.2.1.3 und DVGW-Arbeitsblatt GW 392) sowie Formstücken nach DIN EN 1254-1 und DIN EN 1254-4 (siehe Abschnitt 5.3.1.1 Nr. 4) zulässig. Bei abweichenden Maßen ist der Nachweis zu erbringen, dass die Lötverbindungen geeignet sind.

7.3.2 Die Forderungen nach Abschnitt 7.3.1 für Hartlöten gelten als erfüllt, wenn die Bestimmungen des DVGW-Arbeitsblattes GW 2 für das Hartlöten eingehalten sind und wenn an Rohrleitungen der Kategorien II und III

- für die Lötungen eine Verfahrensprüfung vorliegt. Die Verfahrensprüfung ist nach DIN EN 13134/VdTÜV-Merkblatt 1160 mit der zuständigen unabhängigen Stelle durchzuführen, wobei Anzahl und Größe der Prüfstücke nach Abschnitt 6 des VdTÜV-Merkblattes 1160 so zu wählen sind, dass alle erforderlichen Proben entnommen werden können. An Stelle des Warmausziehversuchs nach Abschnitt 8.2.3 des VdTÜV-Merkblattes Schweißtechnik 1160 ist der Warmauslötversuch[4)] durchzuführen, für den die Anforderungen im Abschnitt 9.1.3 b) und c) dieses VdTÜV-Merkblattes gelten. Auf den Warmauslötversuch kann verzichtet werden, wenn die Durchstrahlungsprüfung nach Abschnitt 8.1.3 des VdTÜV-Merkblattes entsprechend DKI-Werkstoffblatt Nr. 811 durchgeführt wird,
- nur Löter mit einer Löterprüfung nach DIN EN ISO 13585 eingesetzt werden, die von einer zuständigen unabhängigen Stelle zugelassen wurden. Eine Wiederholungsprüfung ist nach mehr als 6-monatiger Unterbrechung der Tätigkeit als Löter erforderlich, oder wenn im Rahmen der Schlussprüfung der Rohrleitungen an den Lötverbindungen systematische Fehler festgestellt wurden.

Für Rohrleitungen der Kategorie I ist der Nachweis der Erfüllung der Anforderungen nach Abschnitt 7.3.1 durch den Hersteller der Rohrleitung zu erbringen.

4) Prüfstück längs teilen, auf Löttemperatur erwärmen, Teile vertikal auseinanderheben und in Wasser abschrecken.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.3.3 Der Umfang der zerstörungsfreien Prüfung (Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung) beträgt für Rohrleitungen der Kategorie II und III 10 % der Lötverbindungen.

Der Umfang der ZfP kann bei Rohrleitungen der Kategorie I 2 % betragen. Dabei kann die Prüfung auch nicht objektgebunden erfolgen.

Bei der Durchstrahlungsprüfung sind flächenhafte Fehler mittels zweier um 90° versetzter Aufnahmen am fertigen Bauteil feststellbar, so dass der Spaltfüllgrad (Benetzungsgrad) beurteilbar ist. Alternativ zu diesen zerstörungsfreien Prüfungen können auch Arbeitsprüfungen im vergleichbaren Umfang objektgebunden im Labor zerstörend oder zerstörungsfrei geprüft werden.

Dabei ist darauf zu achten, dass alle Löter erfasst werden.

Art der zerstörungsfreien Prüfung und Beurteilung der Prüfbefunde erfolgen in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt HP 5/3. Der Benetzungsgrad muss mindestens 80 % der Mindest-Überlappungslänge, die Mindest-Überlappungslänge muss das 3-Fache der Wanddicke, mindestens aber 5 mm betragen.

7.4 Verlegung der Rohrleitungen[5)]

7.4.1 Rohrleitungen sind grundsätzlich oberirdisch, außerhalb der Verkehrsbereiche zu verlegen und müssen leicht zugänglich sein. Es sollen möglichst wenige lösbare Verbindungen verwendet werden.

Verbindungsstellen in Rohrleitungen werden in der Regel als Schweiß-, Hartlöt-, Muffen-, Schraub- oder Flanschverbindungen ausgeführt. Schneidringverschraubungen dürfen nur bis DN 32 und nur zur Verbindung von Präzisionsstahlrohren mit Abmessungen nach DIN EN 10305-1 und DIN EN 10305-2, nichtrostenden Rohren mit Abmessungen nach DIN EN ISO 1127 in den Toleranzklassen D 4 und T 4 sowie Kupferrohren mit Abmessungen nach DIN EN 1057 verwendet werden.

Die Eignung von Klemmring und anderen Schneidringverschraubungen, abweichend von DIN 2353, ist bei Rohrleitungen der Kategorie III der zuständigen unabhängigen Stelle entweder durch ausreichende Erfahrungen des Betreibers oder durch eine Bauteilprüfung in Anlehnung an VdTÜV-Merkblatt 1065 nachzuweisen. Bei Rohrleitungen der Kategorien I und II überzeugt sich der Hersteller von der Eignung der Verbindungen.

Lösbare Verbindungen sind so anzuordnen, dass sie gut überprüfbar sind. Insbesondere bei Schneid- und Klemmringverschraubungen ist darauf zu achten, dass sie, z. B. durch geeignete Anordnung der Rohrhalterungen, in Bereichen geringer Beanspruchung eingesetzt werden.

7.4.2 Werden Rohrleitungen erdgedeckt verlegt, müssen sie hinsichtlich ihres technischen Aufbaus einer der folgenden Anforderungen entsprechen:

- sie müssen doppelwandig sein; Undichtheiten der Rohrwände müssen durch ein zugelassenes Leckanzeigegerät angezeigt werden;
- sie müssen als Saugleitungen ausgebildet sein, in denen die Flüssigkeitssäule bei Undichtheiten abreißt;
- sie müssen mit einem Schutzrohr versehen oder in einem Kanal verlegt sein; auslaufende Stoffe müssen in einer Kontrolleinrichtung sichtbar werden; in diesem Fall dürfen die Rohrleitungen keine (brennbaren) hochentzündlichen, leicht entzündlichen und entzündlichen Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt bis 55 °C führen.

Bei nicht korrodierend wirkenden Stoffen, die nicht wassergefährdend sind, sind auch Umhüllungen z. B. nach DIN 30670, DIN EN 10289, DIN EN 10290 und DIN EN 10300 in Verbindung mit einem kathodischen Korrosionsschutz zulässig.

Kann aus Sicherheitsgründen keine dieser Anforderungen erfüllt werden, darf nur ein gleichwertiger technischer Aufbau verwendet werden.

Lösbare Verbindungen sind nur in erdgedeckten Abschnitten von Wasserleitungen zulässig.

7.4.3 Erdgedeckte Rohrleitungen müssen so verlegt sein, dass die Wirkung von Korrosionsschutzmaßnahmen nicht beeinträchtigt wird.

Dies gilt in der Regel als erfüllt, wenn für die Vorbereitung der Sohle und zum Verfüllen der Rohrgräben oder -kanäle Sand (Korngröße $\leq$ 2 mm) oder andere Bodenstoffe verwendet worden sind, die frei von scharfkantigen Gegenständen, Steinen, Asche, Schlacke und anderen bodenfremden und aggressiven Stoffen sind. Sie müssen damit allseitig mit einer Schichtdicke von mindestens 10 cm umgeben sein.

7.4.4 Unter Erdgleiche außerhalb von Gebäuden verlegte Rohrleitungen für hochentzündliche, leicht entzündliche und entzündliche Fluide müssen vollständig vom Verfüllmaterial umgeben sein. Es dürfen keine Hohlräume vorhanden sein.

Dies gilt auch für einwandige Rohrleitungen in nicht begehbaren Rohrkanälen.

Abweichend von Absatz 2 brauchen Rohrleitungen in flachen Kanälen, die oben offen sind oder mit Gitterrosten abgedeckt sind, nicht vom Verfüllmaterial umgeben zu sein.

7.4.5 Rohrleitungen müssen so verlegt sein, dass sie ihre Lage nicht unzulässig verändern.

---

5) Die im Abschnitt 7.4 enthaltenen Anforderungen können von den Vorschriften anderer EU-Mitgliedstaaten abweichen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Dies gilt als erfüllt, wenn:

(1) temperaturbedingte Dehnungen bei der Verlegung berücksichtigt und längere Rohrleitungen mit elastischen Zwischenstücken ausgerüstet sind, soweit nicht die Rohrführung ausreichende Dehnung ermöglicht;

(2) oberirdische Rohrleitungen auf Stützen in ausreichender Anzahl aufliegen, so dass eine unzulässige Durchbiegung vermieden wird, und sie so befestigt sind, dass gefährliche Lageveränderungen nicht eintreten können, und

(3) erdgedeckte Rohrleitungen in Rohrgräben so verlegt sind, dass sie gleichmäßig aufliegen.

7.4.6 Falls sich im Innern von Rohrleitungen für gasförmige Fluide Kondensflüssigkeit bilden kann, sind Einrichtungen zur Entwässerung bzw. zur Entfernung von Ablagerungen aus tiefliegenden Bereichen vorzusehen, um Schäden aufgrund von Wasserschlag oder Korrosion zu vermeiden.

7.4.7 Enthalten die Rohrleitungen Fluide der Gruppe 1, so ist in geeigneter Weise dafür zu sorgen, dass die Rohrabzweigungen, die wegen ihrer Abmessungen erhebliche Risiken mit sich bringen, abgesperrt werden können.

7.4.8 Zur Minimierung der Gefahr einer unbeabsichtigten Entnahme sind die Entnahmestellen auf der fest installierten Seite der Verbindungen unter Angabe des enthaltenen Fluids deutlich zu kennzeichnen.

8 Äußerer Korrosionsschutz[6)]

8.1 Allgemeines

Rohrleitungen, die korrosiven Einflüssen von außen unterliegen und deren Werkstoffe nicht hinreichend korrosionsbeständig sind, müssen gegen Korrosion geschützt sein.

8.2 Oberirdische Rohrleitungen

Oberirdische Rohrleitungen, die durch Korrosion von außen gefährdet sind, müssen mit einer geeigneten Beschichtung (Korrosionsschutzanstrich) versehen sein.

8.3 Erdgedeckte Rohrleitungen

8.3.1 Ist ein mit einer erdgedeckt verlegten Rohrleitung verbundener Druckbehälter mit einem kathodischen Korrosionsschutz ausgerüstet, ist auch die erdgedeckt verlegte Rohrleitung stets kathodisch zu schützen.

8.3.2 Werden Rohre oder Anlageteile aus unterschiedlichen Metallen, bei denen wegen einer galvanischen Elementbildung Korrosionen zu befürchten sind, miteinander verbunden, so müssen sie durch Isolierstücke elektrisch voneinander getrennt werden, sofern sie nicht kathodisch geschützt sind. Entsprechendes gilt für die Isolierung von Rohren gegen Halterungen.

9 Vermeidung von Gefahren infolge elektrostatischer Aufladungen[6)]

9.1 Rohrleitungen müssen so beschaffen sein, dass betriebsmäßige Vorgänge gefährliche elektrostatische Aufladungen nicht hervorrufen können.

9.2 Abschnitt 9.1 gilt als erfüllt, wenn die Technischen Regeln für Betriebssicherheit 2153[7)] berücksichtigt sind.

9.3 Rohrleitungen sind zu erden, sofern nicht durch die Verlegeart eine ausreichende Erdung gewährleistet ist. Der Widerstand gegen Erde darf nicht mehr als $10^6\ \Omega$ betragen. Isolierende Rohrverbindungen oder Zwischenstücke mit einem Widerstand von mehr als $10^6\ \Omega$ sind mit einer leitfähigen Verbindung zu überbrücken, oder die Rohrstücke sind getrennt zu erden. Übliche Flanschverbindungen gelten als ausreichend leitfähig. Bei Verlegung im Erdreich erübrigen sich im Allgemeinen die genannten Maßnahmen.

10 Sicherheitstechnische Ausrüstungsteile

10.1 Rohrleitungen müssen mit den für einen sicheren Betrieb erforderlichen und geeigneten Ausrüstungsteilen versehen sein, die so beschaffen sind, dass sie ihrer Aufgabe sicher genügen. Dabei sollen die AD 2000-Merkblätter der Reihe A, soweit zutreffend, sinngemäß angewendet werden.

10.2 Rohrleitungen müssen gegen Drucküberschreitung durch geeignete Einrichtungen gesichert sein, wenn eine Überschreitung des maximal zulässigen Druckes nicht auszuschließen ist.

10.3 Sind geeignete Einrichtungen nach Abschnitt 10.1 nicht möglich oder zweckdienlich, z. B. wenn Sicherheitsventile infolge korrodierenden, klebenden, staubenden oder sublimierenden Beschickungsgutes in ihrer Wirkungsweise beeinträchtigt werden können, sind auch organisatorische Maßnahmen, die in einer Betriebsanleitung festgelegt sein müssen, zulässig.

---

6) Die in den Abschnitten 8 und 9 enthaltenen Anforderungen können von den Vorschriften anderer EU-Mitgliedstaaten abweichen.

7) Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS). Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen. TRBS 2153. GMBl. Nr. 15/16 vom 9. April 2009 S. 278.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

10.4 Die Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung sind nach den AD 2000-Merkblättern A 1, A 2 bzw. A 6 auszulegen und müssen an geeigneter Stelle eingebaut werden.

10.5 Zur Verhinderung von unzulässigen Drücken infolge Erwärmung der flüssigen Fluide, z. B. durch Sonneneinstrahlung, eignen sich z. B. auch Überströmventile.

11 Kennzeichnung

11.1 Rohrleitungen müssen mindestens mit folgenden Angaben gekennzeichnet werden:

- Hersteller[8] (Name und Anschrift)
- Herstellnummer
- Herstelljahr
- CE-Kennzeichnung[9] und Kennnummer[10] der zuständigen benannten Stelle
- Maximal zulässiger Druck PS (bar)
- Nennweite DN
- Zulässige minimale und maximale Temperatur TS (°C)

Das kann erfolgen durch:

- eine Kennzeichnung der Rohrleitung selbst

oder

- eine eindeutige Darstellung, z. B. in einem R&I-Fließbild oder einer Rohrleitungsliste, so dass die Rohrleitung in der Anlage zweifelsfrei identifiziert werden kann.

11.2 Der Verlauf erdgedeckt verlegter Rohrleitungen muss in den technischen Unterlagen erfasst sein.

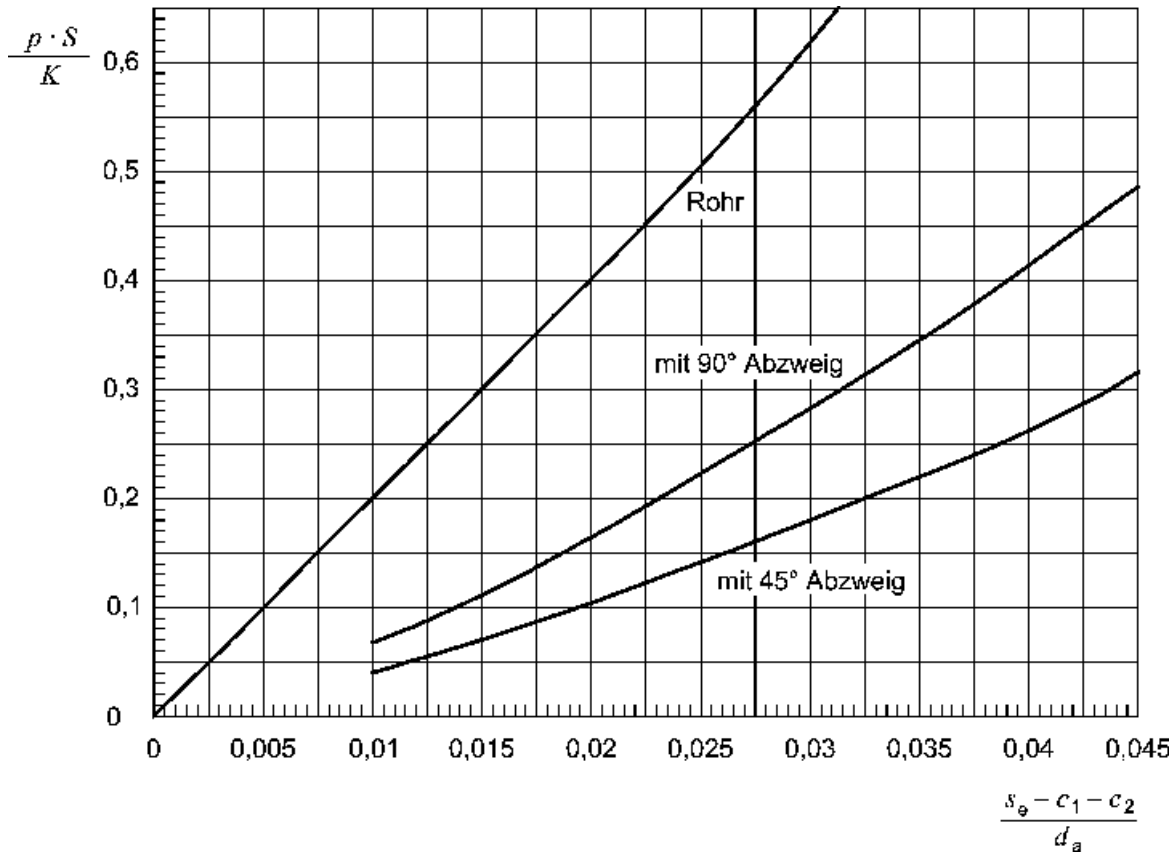
8) Ggf. der in der Gemeinschaft ansässige Bevollmächtigte.

9) Nicht zulässig, wenn Betreiberprüfstelle prüft.

10) Entfällt bei Modul A.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anlage 1 zu AD 2000-Merkblatt HP 100 R



Bezogener zul. Betriebsdruck von Rohrleitungen in Abhängigkeit vom Wanddicken-Durchmesserverhältnis $\frac{s_e - c_1 - c_2}{d_a}$

Kurven gelten für:

$v = 1$

Wanddickenverhältnis	Rohr/Abzweig 1 : 1
Durchmesserverhältnis	Rohr/Abzweig 1 : 1
Berechnung Rohr	AD 2000-Merkblatt B 1
Berechnung mit 90° Abzweig	DIN EN 13480-3 bzw. AD 2000-Merkblatt B 9
Berechnung mit 45° Abzweig	DIN EN 13480-3

Formelzeichen

p	= Betriebsüberdruck	[bar]
S	= Sicherheitsbeiwert	
K	= Festigkeitskennwert	[MPa]
d_a	= Rohraußendurchmesser	[mm]
s_e	= ausgeführte Wanddicke	[mm]
c_1	= Herstellungstoleranz	[mm]
c_2	= Abnutzungszuschlag	[mm]

Bild 1 — Beurteilung von T-Stücken

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

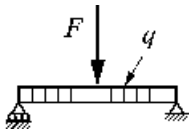
Anlage 2 zu AD 2000-Merkblatt HP 100 R

Zulässige Stützweiten für Stahlrohre (Randbedingungen: siehe Erläuterung zu Anlage 2)

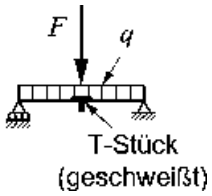
			leeres Rohr, ohne Dämmung							wassergefülltes Rohr, ohne Dämmung							wassergefülltes Rohr, Dämmdicke DD 40							wassergefülltes Rohr, Dämmdicke DD 80						
DN	d_a	s	q	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	q	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	q	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	q	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
mm			kg/m	m						kg/m	m						kg/m	m						kg/m	m					
25	33.7	2.0	1.6	2.9	5.5	4.8	2.9	2.8	1.5	2.3	2.7	4.6	4.0	2.4	2.3	1.2	7.0	2.0	2.6	2.3	1.4	1.3	0.7	11.8	1.8	2.0	1.8	1.1	1.0	0.5
25	33.7	4.0	2.9	2.9	5.3	5.3	3.6	2.6	1.8	3.5	2.8	4.9	4.9	3.3	2.4	1.7	8.1	2.2	3.2	3.2	2.2	1.6	1.1	13.0	2.0	2.5	2.5	1.7	1.3	0.9
40	48.3	2.0	2.3	3.5	6.8	5.2	3.1	3.4	1.6	3.9	3.1	5.2	4.0	2.4	2.6	1.2	9.2	2.5	3.4	2.6	1.6	1.7	0.8	14.3	2.3	2.7	2.1	1.3	1.4	0.6
40	48.3	4.0	4.4	3.5	6.5	6.4	3.9	3.3	1.9	5.7	3.3	5.7	5.6	3.4	2.9	1.7	11.0	2.8	4.1	4.0	2.4	2.1	1.2	16.1	2.5	3.4	3.3	2.0	1.7	1.0
50	60.3	2.0	2.9	4.5	7.6	5.4	3.3	3.8	1.6	5.4	3.9	5.6	4.0	2.4	2.8	1.2	11.3	3.2	3.9	2.7	1.7	1.9	0.8	16.6	2.9	3.2	2.3	1.4	1.6	0.7
50	60.3	4.5	6.2	4.4	7.3	6.9	4.2	3.7	2.1	8.3	4.1	6.4	6.0	3.7	3.2	1.8	14.2	3.6	4.9	4.6	2.8	2.4	1.4	19.4	3.3	4.2	3.9	2.4	2.1	1.2
80	88.9	2.3	5.0	5.5	9.3	6.0	3.7	4.7	1.8	10.6	4.6	6.4	4.1	2.5	3.2	1.3	17.8	4.0	4.9	3.2	1.9	2.5	1.0	23.5	3.7	4.3	2.8	1.7	2.1	0.8
80	88.9	5.6	11.5	5.4	9.0	8.0	4.9	4.5	2.4	16.3	5.0	7.6	6.7	4.1	3.8	2.1	23.5	4.5	6.3	5.6	3.4	3.2	1.7	29.2	4.3	5.7	5.0	3.1	2.8	1.5
100	114.3	2.6	7.3	6.3	10.6	6.6	4.0	5.3	2.0	16.6	5.1	7.0	4.3	2.7	3.5	1.3	25.0	4.6	5.7	3.5	2.2	2.8	1.1	31.1	4.4	5.1	3.2	1.9	2.6	1.0
100	114.3	6.3	16.8	6.2	10.3	8.7	5.3	5.2	2.7	24.9	5.6	8.5	7.1	4.4	4.2	2.2	33.3	5.2	7.3	6.2	3.8	3.7	1.9	39.4	5.0	6.7	5.7	3.5	3.4	1.7
150	168.3	2.6	10.8	7.6	12.9	7.0	4.3	6.5	2.2	31.7	5.8	7.5	4.1	2.5	3.8	1.3	42.6	5.4	6.5	3.5	2.2	3.3	1.1	49.5	5.2	6.0	3.3	2.0	3.0	1.0
150	168.3	7.1	28.2	7.5	12.7	9.7	5.9	6.3	3.0	46.9	6.6	9.8	7.6	4.6	4.9	2.3	57.8	6.3	8.9	6.8	4.2	4.4	2.1	64.7	6.1	8.4	6.4	3.9	4.2	2.0
200	219.1	2.9	15.7	8.7	14.8	7.7	4.7	7.4	2.3	51.4	6.5	8.2	4.2	2.6	4.1	1.3	64.7	6.1	7.3	3.8	2.3	3.6	1.1	72.3	5.9	6.9	3.6	2.2	3.4	1.1
200	219.1	7.1	37.1	8.7	14.6	10.2	6.3	7.3	3.1	70.1	7.4	10.6	7.5	4.6	5.3	2.3	83.4	7.1	9.7	6.8	4.2	4.9	2.1	91.0	6.9	9.3	6.5	4.0	4.7	2.0
250	273.0	2.9	19.6	9.7	16.6	7.9	4.9	8.3	2.4	75.6	6.9	8.4	4.0	2.5	4.2	1.2	91.5	6.6	7.7	3.7	2.2	3.8	1.1	99.9	6.5	7.3	3.5	2.1	3.7	1.1
250	273.0	7.1	46.6	9.7	16.4	10.7	6.5	8.2	3.3	99.2	8.0	11.2	7.3	4.5	5.6	2.2	115.0	7.7	10.4	6.8	4.1	5.2	2.1	123.4	7.6	10.1	6.6	4.0	5.0	2.0
300	323.9	2.9	23.3	10.6	18.1	8.2	5.0	9.0	2.5	102.7	7.3	8.6	3.9	2.4	4.3	1.2	120.9	7.0	7.9	3.6	2.2	4.0	1.1	130.1	6.9	7.6	3.5	2.1	3.8	1.1
300	323.9	8.0	62.3	10.6	17.9	11.4	7.0	8.9	3.5	136.8	8.7	12.1	7.7	4.7	6.0	2.4	155.0	8.4	11.4	7.3	4.4	5.7	2.2	164.2	8.3	11.0	7.0	4.3	5.5	2.2
350	355.6	3.2	28.2	11.1	18.9	8.6	5.2	9.5	2.6	123.9	7.7	9.0	4.1	2.5	4.5	1.3	143.6	7.4	8.4	3.8	2.3	4.2	1.2	153.3	7.3	8.1	3.7	2.2	4.1	1.1
350	355.6	8.8	75.3	11.1	18.8	12.0	7.3	9.4	3.7	165.0	9.1	12.7	8.1	4.9	6.3	2.5	184.7	8.8	12.0	7.7	4.7	6.0	2.3	194.3	8.7	11.7	7.5	4.6	5.8	2.3
400	406.4	3.2	32.2	11.9	20.3	8.8	5.4	10.1	2.7	157.9	8.0	9.2	4.0	2.4	4.6	1.2	179.9	7.7	8.6	3.7	2.3	4.3	1.1	190.4	7.6	8.3	3.6	2.2	4.2	1.1
400	406.4	10.0	97.8	11.8	20.0	12.8	7.8	10.0	3.9	215.0	9.7	13.5	8.6	5.3	6.8	2.6	237.0	9.5	12.9	8.2	5.0	6.4	2.5	247.5	9.4	12.6	8.0	4.9	6.3	2.5
500	508.0	4.0	50.4	13.3	22.6	9.8	6.0	11.3	3.0	246.7	8.9	10.2	4.4	2.7	5.1	1.4	273.4	8.7	9.7	4.2	2.6	4.9	1.3	285.4	8.6	9.5	4.1	2.5	4.8	1.3
500	508.0	11.0	134.8	13.2	22.5	13.7	8.4	11.2	4.7	320.3	10.7	14.6	8.9	5.4	7.3	2.7	347.1	10.5	14.0	8.6	5.2	7.0	2.6	359.1	10.4	13.8	8.4	5.1	6.9	2.6

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

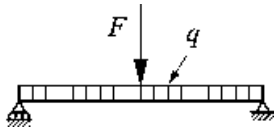
Erläuterungen zu Anlage 2

L_1 

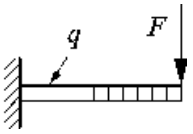
f_{zul} = 3 mm DN < 50 (kleiner)
f_{zul} = 5 mm DN ≥ 50 (größer gleich)

L_1 

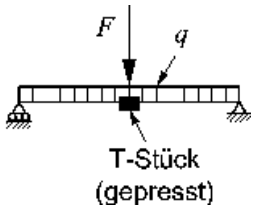
σ_{max} = 40 MPa
i nach Tafel A2

L_2 

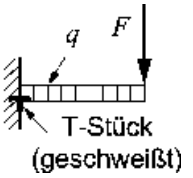
σ_{max} = 40 MPa

L_5 

σ_{max} = 40 MPa

L_3 

σ_{max} = 40 MPa
i nach Tafel A2

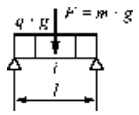
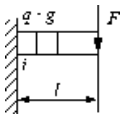
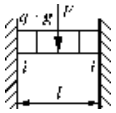
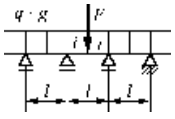
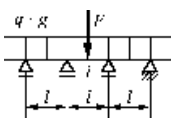
L_6 

σ_{max} = 40 MPa
i nach Tafel A2

Voraussetzungen:

Gepresstes bzw. geschweißtes T-Stück mit waagerechtem Abzweig.
Spannung aus Innendruck unberücksichtigt.
Toleranzen und Zuschläge (c_1 und c_2) unberücksichtigt.

Tafel A1

Fall	System	Belastung	Kriterium		Bemerkung	Erl. Anl. 2 Bild 1
			Durchbiegung	Spannung		
A		q [kg/m] m [kg]	Bestimmung von I iterativ $f = \frac{{l_{AF}}^3 \cdot 9{,}81\ 5 \cdot 10^6}{384EI}\left(q \cdot l_{AF} + 1{,}6 \cdot \mathrm{m}\right)$	$l_{AS} = -\frac{m}{q} + \sqrt{\left(\frac{m}{q}\right)^2 + \frac{8 \cdot W \cdot \sigma}{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot q \cdot i}}$		1
B		"	$f = \frac{{l_{BF}}^3 \cdot 9{,}81 \cdot 10^6}{24EI}\left(3q \cdot l_{BF} + 8 \cdot \mathrm{m}\right)$	$l_{BS} = -\frac{m}{q} + \sqrt{\left(\frac{m}{q}\right)^2 + \frac{2 \cdot W \cdot \sigma}{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot q \cdot i}}$		1
C		q + Einzellast in allen Feldern	$f = \frac{{l_{CF}}^3 \cdot 9{,}81 \cdot 10^6}{384EI}\left(q \cdot l_{CF} + 2 \cdot \mathrm{m}\right)$	$l_{CS} = -\frac{3m}{4q} + \sqrt{\left(\frac{3m}{4q}\right)^2 + \frac{12 \cdot W \cdot \sigma}{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot q \cdot i}}$	Durchlaufträger mit gleichen Feldlängen (Einzelmasse in jedem Feld)	4
D		q + Einzellast nur im jeweiligen Feld	$f = \frac{{l_{DF}}^3 \cdot 9{,}81 \cdot 10^6}{384EI}\left(q \cdot l_{DF} + 6{,}1 \cdot \mathrm{m}\right)$	$l_{DS} = -\frac{126m}{265q} + \sqrt{\left(\frac{126m}{265q}\right)^2 + \frac{12 \cdot W \cdot \sigma}{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot q \cdot i}}$	$\frac{m}{q} < 0{,}38\ l^*$ $l^* = \sqrt{\frac{12 \cdot W \cdot \sigma}{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot q \cdot i}}$	3
E		q + Einzellast nur im jeweiligen Feld	$f = \frac{{l_{EF}}^3 \cdot 9{,}81 \cdot 10^6}{384EI}\left(q \cdot l_{EF} + 6{,}1 \cdot \mathrm{m}\right)$	$l_{ES} = -\frac{543m}{265q} + \sqrt{\left(\frac{543m}{265q}\right)^2 + \frac{24 \cdot W \cdot \sigma}{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot q \cdot i}}$	$\frac{m}{q} > 0{,}38\ l^*$ $l^* = \sqrt{\frac{12 \cdot W \cdot \sigma}{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot q \cdot i}}$	2

$I = \frac{\pi}{64}\left(d_a^4 - d_i^4\right)[\mathrm{mm}^4];\ W = I\frac{2}{d_a}[\mathrm{mm}^3];\ E\,(\mathrm{GPa})$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Formelzeichen:

d_{Am}	[mm]	mittlerer Durchmesser des Abzweiges
d_m	[mm]	mittlerer Rohrdurchmesser
d_a	[mm]	Außendurchmesser der Rohrleitung
d_i	[mm]	Innendurchmesser der Rohrleitung
f	[mm]	Durchbiegung
l^*	[m] $= m/q^*$	äquivalente Länge
i	[–]	Spannungserhöhungsfaktor
l	[m]	Stützweite, Kraglänge (allgemein)
m	[kg]	Zusatz (einzel) -Masse
q	[kg/m]	auf die Länge bezogene Masse
s	[mm]	Nennwanddicke
v	[–]	Schweißnahtwertigkeit
x	[–] $=1/L$	Verhältnis der Länge mit/ohne Zusatzmasse
y	[–] $=1^*/L$	Verhältnis äquivalente Länge / Länge ohne Zusatzmasse
DN		Nennweite
E	[GPa]	Elastizitätsmodul
F	[N] $= m \cdot g$	Einzellast
I	[mm^4]	Trägheitsmoment
K	[MPa]	Festigkeitskennwert
L	[m]	Länge ohne Zusatzmasse
S	[–]	Sicherheitsbeiwert
W	[mm^3]	Widerstandsmoment
ϱ	[kg/m^3]	Dichte
σ	[MPa]	Spannung
g	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$	Erdbeschleunigung

Indices für f, L von Anlage 2

A, B, C, D, E	Bezug auf Fälle in Anlage 2, Tafel A1
F, S	Bezug auf Kriterium Durchbiegung/Spannung
*	von Tabelle Anlage 2 abweichende Parameter
–	auf Durchlaufträger bezogen

Erläuterung zu Abschnitt 6.2.2:

Festlegung der zulässigen Stützweiten

1 Allgemeines

Die Stützweiten in Tabelle „zulässige Stützweiten für Stahlrohre“ wurden auf der Grundlage der Gleichungen in der Tabelle unter „Erläuterungen zu Anlage 2“ ermittelt. Bei der auf die Länge bezogenen Masse q wurden die folgenden Daten berücksichtigt:

Medium	ϱ_M	=	1000 kg/m^3
Rohrwerkstoff	ϱ_R	=	7900 kg/m^3
Wärmedämmung	ϱ_D	=	120 kg/m^3
Blechmantel	$\varrho_B \cdot s_B$	=	10 kg/m^2

Überlappungen und Befestigungsmaterial sind darin berücksichtigt. Die versteifende Wirkung des Blechmantels wurde nicht in Ansatz gebracht, obwohl sie u. U. erheblich sein kann. Zusatzbelastungen $F = m \cdot g$ sind bei den Stützweiten der Tabelle Anlage 2 nicht berücksichtigt.

1.1 Begrenzung der Durchbiegung – L_1

Die Stützweiten L_1 wurden nach dem Kriterium „Begrenzung der Durchbiegung“ festgelegt. Die Grenzdurchbiegung f wurde dabei im Hinblick auf die Vermeidung möglicher „Pfützenbildung“ wie folgt angenommen:

für DN < 50 f_{zul} = 3 mm

für DN ≥ 50 f_{zul} = 5 mm

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Berechnungsmodell für L_1 ist der beiderseits gelenkig gelagerte Einfeldträger (Fall A in Anlage „Erläuterung zu Anlage 2“). Für den Elastizitätsmodul wurde ein mittlerer Wert von $E \approx 200$ GPa angenommen.

$L_1 = l_{AF}\,(f, q, m = 0, E \cdot I) = L_{AF}\,(f, q, E \cdot I)$

1.2 Begrenzung der Spannung – L_2 bis L_6

Die Stützweiten L_2 bis L_6 wurden nach dem Kriterium „Begrenzung der Spannung“ festgelegt. Bei Einhaltung der Stützweiten L_2 bis L_6 sind die Spannungen infolge q bei L_2 und L_5 in der ungestörten Rohrleitung und bei L_3, L_4 und L_6 in einer Rohrleitung mit T-Stück (gepresst bzw. geschweißt) an der Stelle des maximalen Momentes auf $\sigma = 40$ MPa begrenzt.

1.2.1 Gelenkig gelagerter Einfeldträger – L_2 bis L_4

Die Stützweiten in Anlage 2 wurden nach der Gleichung für l_{AS} in den Erläuterungen zu Anlage 2 ermittelt. Dabei wurde für L_2 eine ungestörte Rohrleitung mit einem Spannungserhöhungsfaktor $i = 1$ angenommen. Für L_3 wurde in Feldmitte ein gepresstes T-Stück nach Tafel A2 mit einem Spannungserhöhungsfaktor $i = 0{,}9/(8{,}8 \cdot s/d_m)^{2/3}$ angenommen.

Für L_4 wurde in Feldmitte ein geschweißtes T-Stück nach Tafel A2 mit einem Spannungserhöhungsfaktor $i = 0{,}9/(2\ s/d_m)^{2/3}$ angenommen.

$L_2 = l_{AS}\,(\sigma, q, m = 0, W, i = 1) = L_{AS}\,(\sigma, q, W, i = 1)$

$L_3 = l_{AS}\,(\sigma, q, m = 0, W, i = 0{,}9/(8{,}8 \cdot s/d_m)^{2/3})$

$= l_{AS}\,(\sigma, q, W, i = 0{,}9/(8{,}8 \cdot s/d_m)^{2/3})$

$L_4 = l_{AS}\,(\sigma, q, m = 0, W, i = 0{,}9/(2 \cdot s/d_m)^{2/3})$

$= l_{AS}\,(\sigma, q, W, i = 0{,}9/(2 \cdot s/d_m)^{2/3})$

1.2.2 Kragträger – L_5 und L_6

Die Kragträgerlängen in Anlage 2 wurden nach der Gleichung für l_{BS} in den Erläuterungen zu Anlage 2 ermittelt. Dabei wurde für L_5 eine ungestörte Rohrleitung mit $i = 1$ angenommen. Für L_6 wurde an der Einspannstelle ein geschweißtes T-Stück nach Tafel 2 mit $i = 0{,}9/(2 \cdot s/d_m)^{2/3}$) angenommen.

$L_5 = l_{BS}\,(\sigma, q, m = 0, W, i = 1) = L_{BS}\,(\sigma, q, W, i = 1)$

$L_6 = l_{BS}\,(\sigma, q, m = 0, W, i = 0{,}9/(2\ s/d_m)^{2/3})$

$= l_{BS}\,(\sigma, q, W, i = 0{,}9/(2\ s/d_m)^{2/3})$

2 Umrechnung der zulässigen Längen aus der Anlage 2

2.1 Andere Lagerungsbedingungen

Die Stützweiten $\overline{L}_1$ bis $\overline{L}_4$ gehen von dem Fall des gelenkig gelagerten Einfeldträgers aus. Häufig wird die Annahme eines Mittelfeldes eines Durchlaufträgers realistischer sein. Für diese Lagerungsbedingung können die zulässigen Stützweiten L_1 bis L_4 wie folgt aus $\overline{L}_1$ bis $\overline{L}_4$ abgeleitet werden.

$\overline{L}_1 = \sqrt[4]{5} \cdot L_1 \sim 1{,}5 \cdot L_1$

$\overline{L}_i = \sqrt{1{,}5} \cdot L_i \sim 1{,}225 \cdot L_i$ (i = 2, 3 und 4)

2.2 Andere Parameter

Wenn das Trägheitsmoment I^* und das Widerstandsmoment W^*, die Streckenlast q^*, der Elastizitätsmodul E^*, die Vorgabewerte f^* und σ^* oder der Spannungserhöhungsfaktor i^* nach Tafel A2 von den Werten in Anlage 2 wesentlich abweichen, können die zulässigen Stützweiten bzw. Kragträgerlängen aus den Längen der Anlage 2 abgeleitet werden.

Bei Begrenzung der Durchbiegung gilt:

$$L_1^* = \sqrt[4]{\frac{I^*}{I} \cdot \frac{E^*}{E} \cdot \frac{q}{q^*} \cdot \frac{f^*}{f}} \cdot L_1$$

Bei Begrenzung der Spannung gilt:

$$L_j^* = \sqrt{\frac{W^*}{W} \cdot \frac{q}{q^*} \cdot \frac{\sigma^*}{\sigma} \cdot \frac{i}{i^*}} \cdot L_j \quad (j = 2, 3, 4, 5 \text{ und } 6)$$

Entsprechend können bei anderen Lagerungsbedingungen die zulässigen Längen L^* aus den Längen L nach Abschnitt 2.1 umgerechnet werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3 Zusätzliche Einzellasten

Einzellasten, die zusätzlich zu den in der Anlage 2 angegebenen Streckenlasten in Ansatz zu bringen sind, können in den Fällen L_1 bis L_6 nach den in den Erläuterungen zu Anlage 2 genannten Gleichungen berücksichtigt werden. Die Stützweiten bzw. Kragträgerlängen können für das Kriterium „Spannungsbegrenzungen“ auch mit Hilfe der Anlage 2 und Abschnitt 1.2 ermittelt werden.

Dazu wird die Einzellast mit $l^* = \frac{m}{q^*}$ in eine äquivalente Länge *l** umgerechnet. Dann wird die zutreffende Stützweite bzw. Kragträgerlänge ohne Einzellast aus der Anlage 2 oder nach den zutreffenden Gleichungen der Anlage 2 ermittelt. Abhängig vom Wert $y = l^*/L$ wird der Wert $x = l/L$ aus Anlage 2 abgelesen. Die zulässige Stützweite bei zusätzlicher Berücksichtigung der Einzellast $F = m \cdot g$ ergibt sich zu

$l = x \cdot L$

Weichen die Parameter von denen der in Anlage 2 zugrunde gelegten ab, ist zunächst diese Abweichung nach Abschnitt 2.2 zu berücksichtigen, danach wird nach den Abschnitten 1 und 2 der Einfluss der Einzellast betrachtet.

Beispiel:

Eine Rohrleitung DN 150 mit $s = 7{,}1$ mm ist als Durchlaufträger über mehrere Stützen ausgeführt. Die Metermasse der Rohrleitung mit Füllung beträgt $q^* = 60$ kg/m. In einem Mittelfeld zweigt eine Rohrleitung ab, so dass eine Zusatzmasse $m = 250$ kg auf dieses Feld wirkt. Das Abzweigformstück sei geschmiedet, so dass $i/i^* \approx 2{,}7$ ist. Wegen der hohen Betriebstemperaturen soll die Spannung auf $\sigma^* = 30$ MPa begrenzt werden.

Aus der Stützweitentabelle wird bei $q = 57{,}8$ [kg/m] eine Stützweite $L_4 = 4{,}2$ m abgelesen.

$$L = L_4{}^* = \sqrt{\frac{W^*}{W} \cdot \frac{q}{q^*} \cdot \frac{\sigma^*}{\sigma} \cdot \frac{i}{i^*}} \cdot L_4 \cdot 1{,}225$$

$$= \sqrt{1 \cdot \frac{57{,}8}{60} \cdot \frac{30}{40} \cdot 2{,}7} \cdot 4{,}2 \cdot 1{,}225 = 7{,}2 \text{ m}$$

$$l^* = \frac{m}{q^*} = \frac{250}{60} = 4{,}17 \text{ m}$$

$$y = \frac{l^*}{L} = \frac{4{,}17}{7{,}2} = 0{,}58 > 0{,}38 \qquad \text{Kurve 2 aus Bild 1}$$

Aus Bild 1 „Diagramm zur Berücksichtigung von Einzellasten, ausgehend von der zulässigen Spannung“ wird für $y = 0{,}58$ mit Kurve 2 ein Wert $x = 0{,}65$ abgelesen.

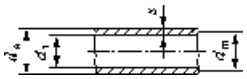
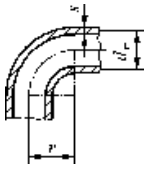
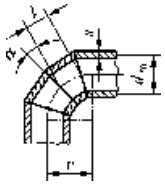
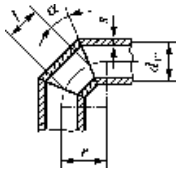
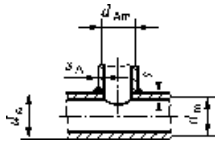
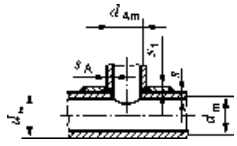
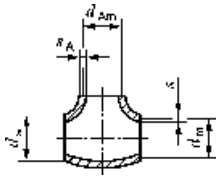
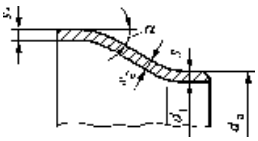
Die zulässige Stützweite beträgt

$l = x \cdot L = 0{,}65 \cdot 7{,}2 = 4{,}7$ [m]

Die Durchbiegung kann nach „Erläuterung zu Anlage 2“, Tafel A1, Fall E mit $l_{EF} = l = 4{,}7$ m und $q = q^*$ ermittelt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel A2 — Form-, Flexibilitäts-, Spannungserhöhungsfaktoren und Widerstandsmomente

Bezeichnung	Skizze	Formfaktor H	Flexibilitätsfaktor k_B (≥ 1!)	Spannungserhöhungsfaktor i (≥ 1!)	Widerstandsmoment W
gerades Rohr		1	1	1	$\frac{\pi}{32}\cdot\frac{d_a^4-d_i^4}{d_a}$
Glattrohrbogen 1)		$\frac{4\cdot r\cdot s}{d_m^2}$	$\frac{1{,}65}{H}$	$\frac{0{,}9}{H^{2/3}}$	
Segmentbogen mit $l\le\frac{d_m}{2}(1+\tan\alpha)$ 1)		$\frac{4\cdot r\cdot s}{d_m^2}$ mit $r=\frac{l\cdot\cot\alpha}{2}$	$\frac{1{,}52}{H^{5/6}}$	$\frac{0{,}9}{H^{2/3}}$	
Segmentbogen mit $l>\frac{d_m}{2}(1+\tan\alpha)$ 1) 2)		$\frac{4\cdot r\cdot s}{d_m^2}$ mit $r=\frac{d_m\cdot(1+\cot\alpha)}{4}$	$\frac{1{,}52}{H^{5/6}}$	$\frac{0{,}9}{H^{2/3}}$	
T-Stück mit aufgeschweißtem, eingeschweißtem oder ausgehalstem Stutzen 3)		$\frac{2\cdot s}{d_m}$	1	$\frac{0{,}9}{H^{2/3}}$	**Grundrohr:** $\frac{\pi}{32}\cdot\frac{d_a^4-d_i^4}{d_a}$ **Stutzen:** $\frac{\pi}{4}\cdot d_{Am}^2\cdot s_x$ mit s_x als kleinerem Wert von $s_{x1}=s$ und $s_{x2}=i\cdot S_A$
wie vor, jedoch mit zusätzlichem Verstärkungsring 3)		$\frac{2\cdot(s+0{,}5\cdot s_A)^{5/2}}{d_m\cdot s^{3/2}}$ mit $s_A\le s$	1	$\frac{0{,}9}{H^{2/3}}$	
gepresstes Einschweiß-T-Stück mit s und s_A als Anschlusswanddicken 3)		$\frac{8{,}8\cdot s}{d_m}$	1	$\frac{0{,}9}{H^{2/3}}$	
gepresstes Einschweiß-Reduzierstück		Formbedingungen: $\alpha\le 60°$ $s\ge d_a/100$ $s_2\ge s_1$	1	$0{,}5+\frac{\alpha}{100}\cdot\left(\frac{d_a}{s}\right)^{1/2}$ max. 2,0 (α in grd)	$\frac{\pi}{32}\cdot\frac{d_a^4-d_i^4}{d_a}$

1) Für Rohrbögen, die in einem kleineren Abstand als $d_m/2$ vom Krümmungsbeginn oder -ende durch einen Flansch oder Ähnliches versteift sind, müssen k_B und i durch

$k'_B = c\cdot k_B$

$i' = c\cdot i$

ersetzt werden. Dabei gilt:

$c = h^{1/6}$ bei einseitiger Versteifung

$c = h^{1/3}$ bei beidseitiger Versteifung

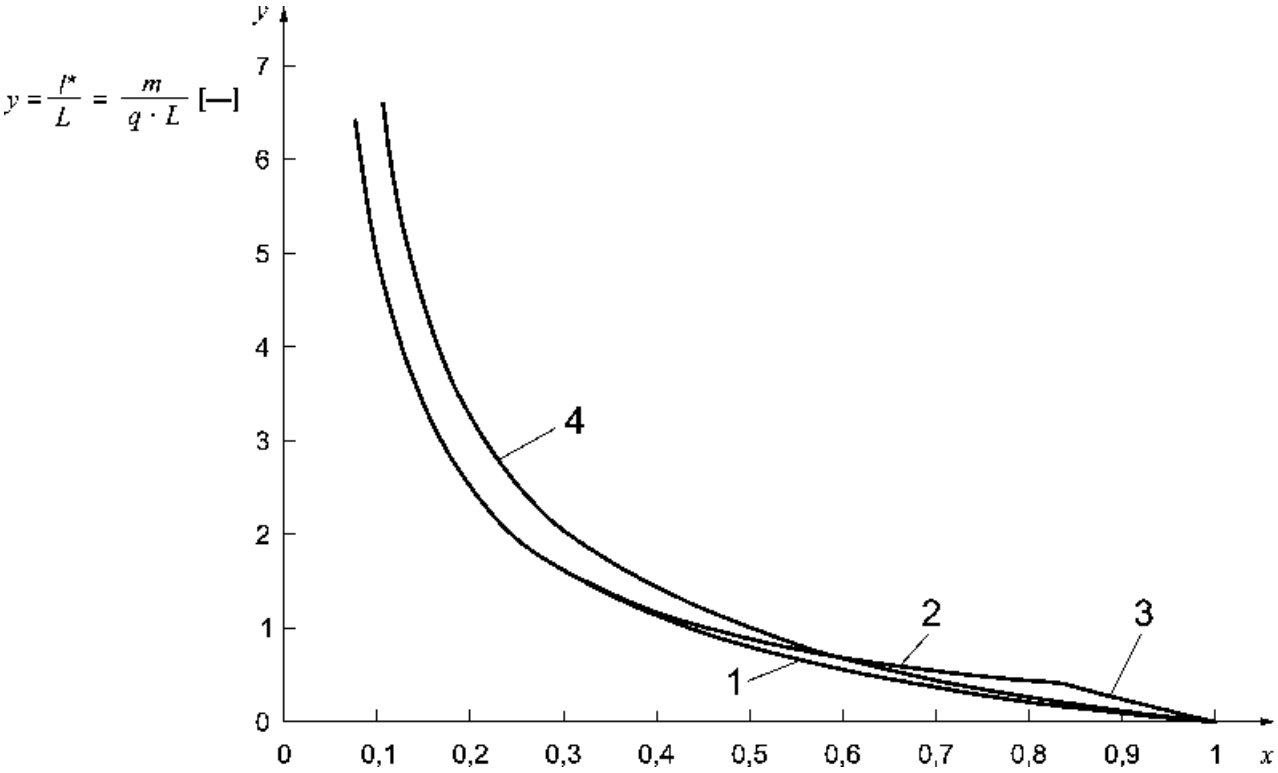
2) Diese Bögen werden in Einzelbögen mit dem Radius r und gerade Zwischenstücke der Länge $l_1 = 1 - 2\cdot r\cdot\tan\alpha$ zerlegt. Die Werte für r, k_B und i gelten damit auch für einzelne Segmentnähte.

3) Bei den T-Stücken werden Grundrohr und Stutzen getrennt untersucht. Beim Grundrohr gilt als maßgebendes Moment das größere der beiden resultierenden Momente links und rechts des Achsenschnittpunktes. Für den Stutzen gilt das resultierende Moment seitens des abzweigenden Stranges. Es kann vereinfachend auf den Achsenschnittpunkt oder genauer auf den Punkt im Abstand

$\alpha = 0{,}5\sqrt{d_m^2\cdot d_{Am}^2}$

vom Achsenschnittpunkt bezogen werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



Legende

1 Träger auf 2 Stützen und Kragarm $y = \frac{1 - x^2}{2x}$

2 Durchlaufträger mit Einzelmasse $y = \frac{2 - x^2}{\frac{1086}{265}x}$ für $y > 0{,}380$

3 Durchlaufträger mit Einzelmasse $y = \frac{1 - x^2}{\frac{252}{265}x}$ für $y < 0{,}380$

4 Durchlaufträger, Einzelmasse in jedem Feld $y = \frac{1 - x^2}{\frac{3}{2}x}$

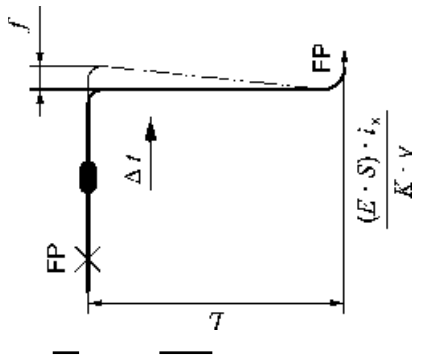
max. Biegemoment:
in Feldmitte bei 1 und 2
im Stützenbereich bei 3 und 4

$x = \frac{l}{L}$ (Reduktionsfaktor)

Bild 1 — Diagramm zur Berücksichtigung von Einzellasten, ausgehend von der zulässigen Spannung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anlage 3 zu AD 2000-Merkblatt HP 100 R



Beispiel:

Werkstoff:	P235GH
d_a:	168,3 mm
Δt:	20 °C
f:	10 mm
E 20 °C:	210000 MPa
K 20 °C:	235 MPa
S:	1,5
v:	0,85
$(E \cdot S) \cdot i_x/(K \cdot v)$:	1577
i_x:	1,0

Verbinde Leiter $(E \cdot S) \cdot i_x/(K \cdot v)$ mit Leiter d_a, dann Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f.

Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von 2,8 m.

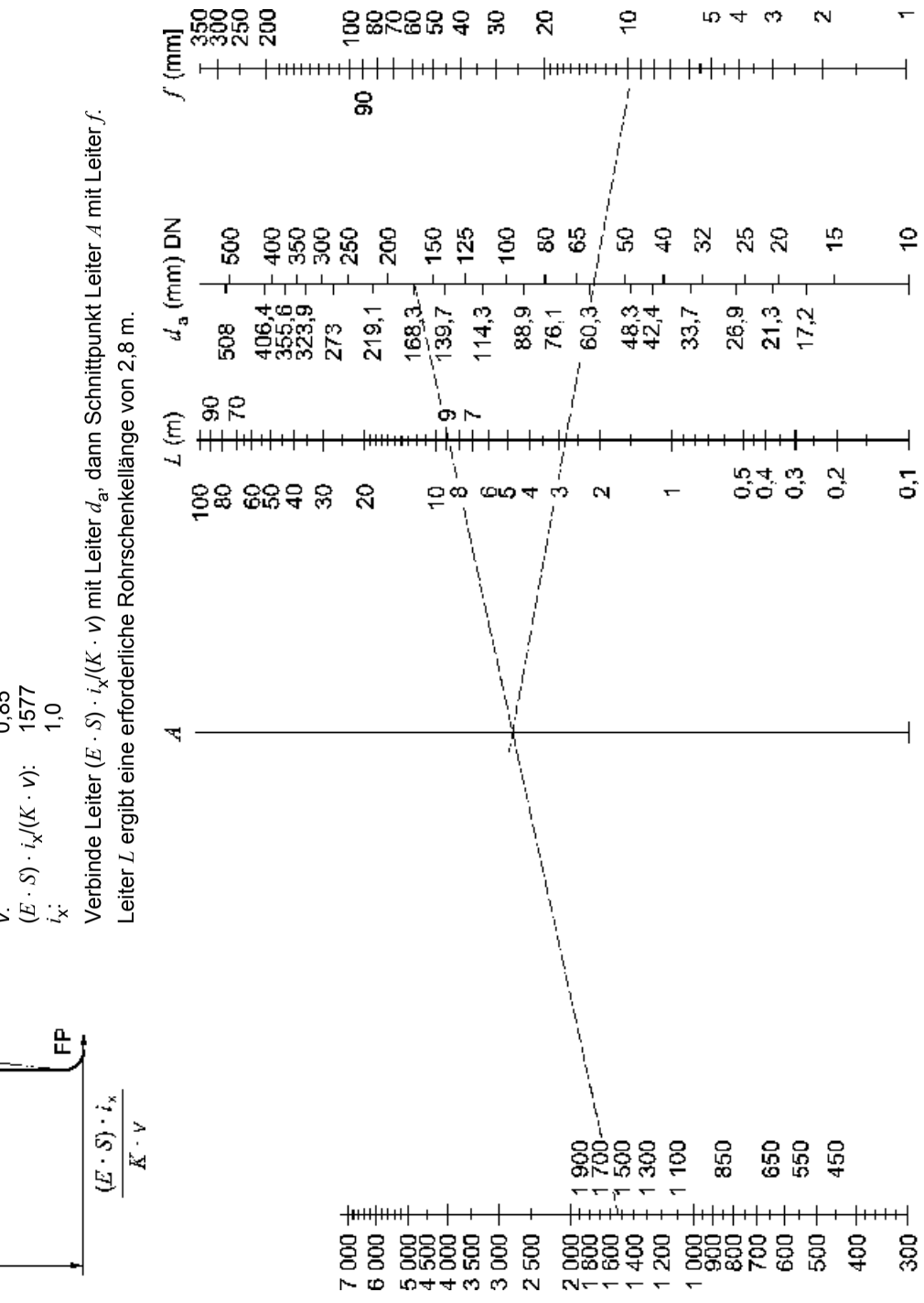


Bild 2 — Dehnungsaufnahme von Rohrschenkeln

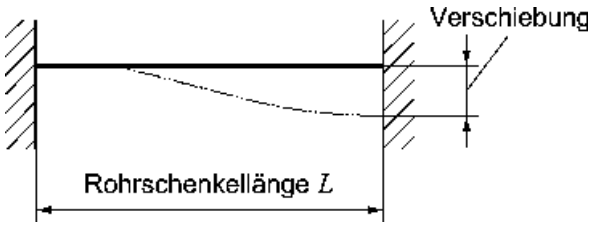
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Erläuterungen zu Anlage 3

Bestimmung der Rohrschenkellänge zur Aufnahme der Dehnung durch Temperatur für den Nennweitenbereich von DN 10 bis DN 500 mit Nomogramm

Variablen E, K, S, v und d_a

Nomogramm-Aufbau: Beidseitig eingespanntes Rohr ohne Bogen



Dem Nomogramm liegt das beidseitig eingespannte Rohr als statisches System zugrunde.

Der Einfluss von Rohrbogen auf die Spannung wurde über den Spannungserhöhungsfaktor nach ASME B 31.3 berücksichtigt. Er ist in das Nomogramm eingearbeitet.

Abzweige können mit dem Nomogramm erfasst werden, indem das Verhältnis der Spannungserhöhungsfaktoren Rohrbogen/Abzweig – es wird als Abminderungsfaktor i_x bezeichnet – in die Betrachtung eingebracht wird.

Das Nomogramm gilt auch für Flanschverbindungen im Rohrschenkel, wenn $F_Z = F_{RP}$ und die Wanddicke des Rohres entsprechend $F_R = F_Z + F_{RP}$ ausgelegt ist.

E	=	Elastizitätsmodul	[MPa]
K	=	Festigkeitskennwert	[MPa]
i_x	=	Abminderungsfaktor	
		i_x = 1,0 für Rohrbogen mit $R \geq 1{,}5 \cdot D$	
		i_x = 2,1 für geschweißte Rohrabzweige mit gleichem Wanddicken-Durchmesserverhältnis	
S	=	Sicherheitsbeiwert	
v	=	Schweißnahtwertigkeit	
f	=	aufzunehmende Dehnung	[mm]
		$f = 10^3 \cdot L \cdot \alpha \cdot \Delta t$	
L	=	Rohrschenkellänge	[m]
α	=	Längenausdehnungskoeffizient	[K^{-1}]
Δt	=	Temperaturdifferenz	[K]
d_a	=	Rohraußendurchmesser	[mm]
d_i	=	Rohrinnendurchmesser	[mm]
DN	=	Nenndurchmesser	
F_{RP}	=	Rohrlängskraft infolge Innendruck	[N]
F_R	=	Rohrkraft	[N]
F_Z	=	Rohrzusatzkraft	[N]

$$M = \frac{6 \cdot E \cdot l \cdot f}{L^2}$$

$$M = \frac{K \cdot v}{S} \cdot W$$

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{\left(d_a^4 - d_i^4\right)}{D}$$

$$l = \frac{\pi}{64} \cdot \frac{\left(d_a^4 - d_i^4\right)}{D}$$

$$L = \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot d_a \cdot f \cdot S}{10^6 \cdot K \cdot v}}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Literaturhinweis

[1] Stahl im Hochbau
14. Auflage, Band 1/Teil 2
Nr. 6.5.1., S. 154, System 13

Wird eine Dehnung f von mehr als einem Rohrschenkel aufgenommen, sind die vorhandenen Rohrschenkellängen L_1, L_2, …, L_i für die Anwendung des Nomogrammes Anlage 3 zu einer äquivalenten Rohrschenkellänge L^* wie folgt zusammenzufassen:

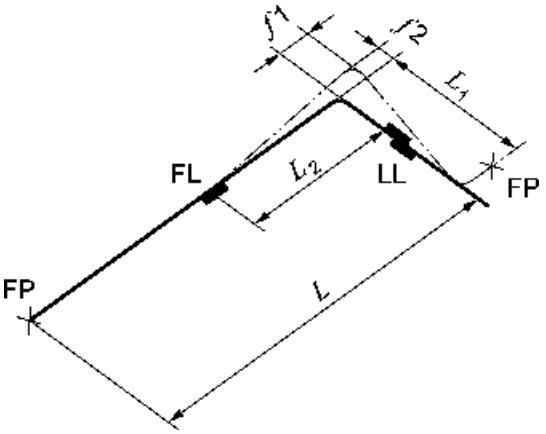
$$L^* = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 + \ldots + L_i^2}$$

Diese Vorgehensweise wird nachfolgend in den Beispielen 2 und 3 näher erläutert.

Beispiel 1: Rohrleitungsdehnung in zwei Richtungen

Bestimmung der Rohrschenkellängen

Werkstoff:		P235GH
d_a:		168,3 mm
Δt:		200 °C
L:		12,3 mm
f 1:		30 mm aus L_2
$E_{200\ °C}$:		191 GPa
$K_{200\ °C}$:		187 MPa
S:		1,5
v:		0,85
$(E \cdot S) \cdot i_x/(K \cdot v)$:		1802
α:		$12{,}2 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}
i_x:		1,0
FP	=	Festpunkt
FL	=	Führungslager
LL	=	Loslager
f	=	$10^3 \cdot L \cdot \alpha \cdot \Delta t$



Erforderliche Rohrschenkellänge L_1 für f 1 aus Nomogramm

Verbinde Leiter $(E \cdot S) \cdot i_x/(K \cdot v)$ mit Leiter d_a, dann Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f. Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_1 = 5{,}3$ m.

Erforderliche Rohrschenkellänge L_2 für f 2 aus Nomogramm

Dehnung f 2 = 13 mm aus L_1

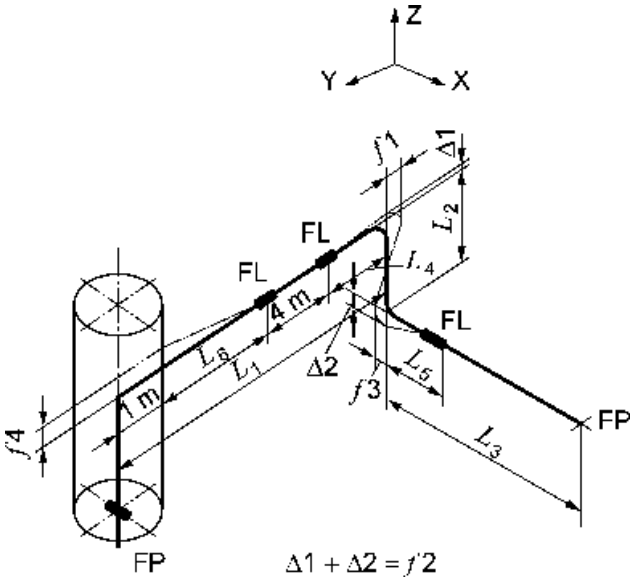
Verbinde Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f, Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_2 = 3{,}5$ m.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Beispiel 2: Rohrleitungsgeometrie in drei Richtungen

Nachprüfung der vorhandenen Rohrschenkellängen

Werkstoff:		P235GH
d_a:		168,3 mm
Δt:		200 °C
L_1:		9,4 m
$f1$:		23 mm aus L_1
L_2:		3 m
$f2$:		7,3 mm aus L_2
L_3:		7,5 m
$f3$:		18 mm aus L_3
$f4$:		12 mm aus Dehnung App.
L_4:		2,5 m
L_5:		3,5 m
L_6:		3,4 m
$E_{200\ °C}$:		191 GPa
$K_{200\ °C}$:		187 MPa
S:		1,5
v:		0,85
$(E \cdot S) \cdot i_x/(K \cdot v)$:		1802
i_x:		1,0
α:		$12{,}2 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
FP	=	Festpunkt
FL	=	Führungslager
LL	=	Loslager
f	=	$10^3 \cdot L \cdot \alpha \cdot \Delta t$



Erforderliche Rohrschenkellänge für $f1$ aus Nomogramm

Verbinde Leiter $(E \cdot S) \cdot i_x/(K \cdot v)$ mit Leiter d_a, dann Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f ($f1$), Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_{erf.} = 4{,}6$ m.

$$L^*_{vorh.} = \sqrt{L_2^2 + L_5^2} = 4{,}6\ \text{m} = L_{erf.}$$

Erforderliche Rohrschenkellänge für $f2$ aus Nomogramm

Verbinde Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f ($f2$), Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_{erf.} = 2{,}6$ m.

$$L^*_{vorh.} = \sqrt{L_4^2 + L_5^2} = 4{,}3\ \text{m} > L_{erf.}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Erforderliche Rohrschenkellänge für f 3 aus Nomogramm

Verbinde Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f (f 3), Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_{\text{erf.}} = 4$ m.

$L^{*}_{\text{vorh.}} = \sqrt{L_2^2 + L_4^2} = 3{,}9 \text{ m} \cong L_{\text{erf.}}$

Erforderliche Rohrschenkellänge für f 4 aus Nomogramm

Verbinde Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f (f 4), Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_{\text{erf.}} = 3{,}4$ m.

$L_{\text{vorh.}} = 3{,}4 \text{ m} = L_{\text{erf.}}$

Beispiel 3: Rohrleitungsführung in drei Richtungen mit Rohrabzweig

Nachprüfung der vorhandenen Rohrschenkellängen

Werkstoff:	P235GH
d_a:	168,3 mm
Δt:	200 °C
L_1:	7 m
f 1:	17 mm aus L_1
L_2:	3,5 m
f 2:	8,5 mm aus L_2
L_3:	7 m
f 3:	17 mm aus L_3
L_4:	5 m
f 4:	12 mm aus L_4
L_5:	5 m
f 5:	12 mm aus L_5
L_6:	4,5 m
L_7:	5,0 m
$E_{200\ °C}$:	191 GPa
$K_{200\ °C}$:	187 MPa
α:	$12{,}2 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}
i_x:	2,1
S:	1,5
v:	0,85
$(E \cdot S) \cdot i_x/(K \cdot v)$:	3785

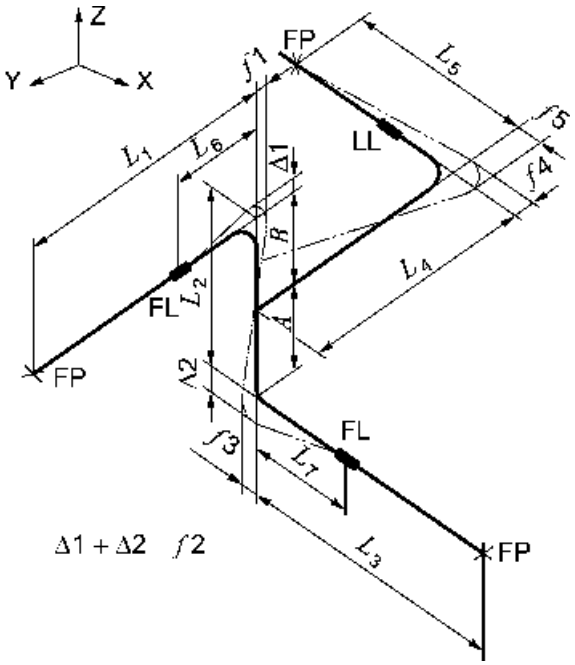
FP = Festpunkt

FL = Führungslager

LL = Loslager

$f = 10^3 \cdot L \cdot \alpha \cdot \Delta t$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



Erforderliche Rohrschenkellänge für *f* 1 aus Nomogramm

Verbinde Leiter $(E \cdot S) \cdot i_x/(K \cdot v)$ mit Leiter d_a, dann Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f (f 1), Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_{erf.} = 5{,}7$ m.

$L^*_{vorh.} = \sqrt{L_2^2 + L_7^2} = 6{,}1 \text{ m} > L_{erf.}$

Für das Beispiel von f 1 ergibt sich damit, dass die erforderliche Elastizität für die Auslenkung f 1 gegeben ist, wenn zusätzlich zu L_7 die gesamte Länge L_2 wirksam wird. Das kann erreicht werden durch eine möglichst geringe Biegesteifigkeit von L_5 gegenüber L_2. Die Biegesteifigkeit hängt etwa zur dritten Potenz von der Rohrlänge ab. Im vorliegenden Fall hat damit der Schenkel L_5 nur 1/3 der Biegesteifigkeit von Schenkel L_2. Damit kann die Forderung als erfüllt gelten.

Erforderliche Rohrschenkellänge für *f* 2 aus Nomogramm

Verbinde Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f (f 2), Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_{erf.} = 4{,}1$ m.

$L^*_{vorh.} = \sqrt{L_6^2 + L_7^2} = 6{,}7 \text{ m} > L_{erf.}$

Die abzweigende Leitung L_4, L_5 stellt aufgrund der großen Längen keine nennenswerte Dehnungsbehinderung für f 2 dar.

Erforderliche Rohrschenkellänge für *f* 3 aus Nomogramm

Verbinde Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f (f 3), Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_{erf.} = 5{,}7$ m.

$L^*_{vorh.} = \sqrt{L_2^2 + L_6^2} = 5{,}7 \text{ m} = L_{erf.}$

Zur Entkoppelung der abzweigenden Leitung gelten hier sinngemäß die Erläuterungen zu f 1.

Erforderliche Rohrschenkellänge für *f* 4 aus Nomogramm

Verbinde Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f (f 4), Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_{erf.} = 4{,}8$ m.

$L_{vorh.} = L_5 = 5 \text{ m} > L_{erf.}$

Erforderliche Rohrschenkellänge für *f* 5 aus Nomogramm

Verbinde Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f (f 5), Leiter L ergibt eine erforderliche Rohrschenkellänge von $L_{erf.} = 4{,}8$ m.

$L_{vorh.} = L_4 = 5 \text{ m} > L_{erf.}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juni 2001**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Bauvorschriften **Rohrleitungen aus textilglasverstärkten Duroplasten (GFK) mit und ohne Auskleidung**	AD 2000-Merkblatt **HP 110 R**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin
Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main
Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf
VGB PowerTech e.V., Essen
Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffe
3 Allgemeines
4 Anforderungen an Hersteller
5 Anforderungen an Werkstoffe
6 Berechnung
7 Herstellung und Verlegung
8 Äußerer Oberflächenschutz
9 Vermeidung von Gefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
10 Sicherheitstechnische Ausrüstungsteile
11 Kennzeichnung der Rohrleitung
Anlage 1 Erläuterungen zur Anwendung des AD 2000-Merkblattes HP 110 R für Rohrleitungen der Kategorie I nach Artikel 9 und Anhang II der Druckgeräte-Richtlinie

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B 1 + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Berechnung, die Konstruktion, die Werkstoffe und den Bau von Rohrleitungen nach Druckgeräte-Richtlinie (97/23/EG) aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen auf der Basis ungesättigter Polyester-, Epoxid- und Phenacrylatharze (UP-, EP- und PHA-Harze; Phenacrylatharze werden international Vinylesterharze genannt). Die Rohrleitungen können mit und ohne Auskleidung ausgeführt werden. Bei Verwendung von anderen Verstärkungs- und Matrixwerkstoffen darf dieses AD 2000-Merkblatt sinngemäß angewendet werden.

2 Begriffe

2.1 Rohrleitungen sind zur Durchleitung von Fluiden bestimmte Leitungsbauteile, die für den Einbau in ein Drucksystem miteinander verbunden sind. Zu Rohrleitungen zählen insbesondere Rohre oder Rohrsysteme, Rohrformteile, Ausrüstungsteile[1]), Ausdehnungsstücke, Schlauchleitungen oder ggf. andere druckhaltende Teile. Wärmeaustauscher aus Rohren zum Kühlen oder Erhitzen von Luft sind Rohrleitungen gleichgestellt.

[1]) Sofern Ausrüstungsteile selbst Druckgeräte (Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, druckhaltende Ausrüstungsteile) sind, müssen diese Ausrüstungsteile einer gesonderten Konformitätsbewertung unterzogen werden und mit einer CE-Kennzeichnung versehen sein, wenn diese unter Anhang I der Druckgeräte-Richtlinie fallen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.2 Ein Rohrleitungssystem kann als eine einzige Rohrleitung betrachtet werden, wenn

- es von Fluiden gleicher Gruppe und gleichem Aggregatzustand durchströmt ist und
- es über die ganze Ausdehnung für den gleichen maximal zulässigen Druck vorgesehen ist.

Unterbrechungen durch verschiedene Anlagenteile, wie Pumpen, Maschinen, Behälter etc., stehen einer Zusammenfassung zu einer einzigen Rohrleitung nicht entgegen.

2.3 Oberirdische Rohrleitungen sind solche, die in Räumen oder im Freien ohne Erd- und Sanddeckung verlegt sind. Dazu zählen auch solche Rohrleitungen, die in nicht verfüllten Gräben oder Kanälen verlegt sind.

Erdgedeckte Rohrleitungen sind solche, die ganz oder teilweise mit Erde oder Sand bedeckt sind, und zwar auch dann, wenn sie ganz oder teilweise oberhalb der Erdoberfläche liegen.

3 Allgemeines

Rohrleitungen müssen so beschaffen sein, dass sie den aufgrund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen sicher genügen und dicht bleiben. Vibrationen der Rohrleitungen sind zu berücksichtigen. Rohrleitungen müssen insbesondere

(1) so ausgeführt sein, dass sie den maximal zulässigen Druck und die zulässige minimale/maximale Temperatur sicher aufnehmen,

(2) aus Werkstoffen hergestellt sein, die

a) am fertigen Bauteil die erforderlichen mechanischen Eigenschaften haben,

b) vom Beschickungsgut (Fluid) in gefährlicher Weise nicht angegriffen werden und mit diesen keine gefährlichen Verbindungen eingehen, sofern die Werkstoffe dem Beschickungsgut ausgesetzt sind[2]),

c) korrosionsbeständig oder gegen Korrosion geschützt sind, sofern sie korrosiven Einflüssen unterliegen; unter korrosiven Einflüssen sind hier nur von außen einwirkende Einflüsse zu verstehen,

(3) mit den für einen sicheren Betrieb erforderlichen Einrichtungen ausgerüstet sein, die ihrer Aufgabe genügen.

4 Anforderungen an Hersteller

4.1 Anforderungen an Hersteller von Rohrleitungsteilen

Der Hersteller von Rohrleitungsteilen wie Rohre, Formstücke, Rohrverbindungen, Bunde, Flansche, Schrauben, Muttern, Armaturen oder deren Komponenten muss

- über Einrichtungen für ein sachgemäßes Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen; es können aber auch Einrichtungen anderer Stellen, die die Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden,
- über sachkundige Personen für das Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen sowie eine Prüfaufsicht für die zerstörungsfreien Prüfungen haben, soweit solche in der Werkstoffspezifikation festgelegt sind,
- die Erzeugnisse nach einem geeigneten Verfahren herstellen und
- durch Güteüberwachung in Anlehnung an DIN 18 200 mit entsprechenden Aufzeichnungen die sachgemäße Herstellung der Erzeugnisse sowie die Einhaltung der in der Werkstoffspezifikation genannten Anforderungen sicherstellen.

Dies gilt sinngemäß auch für die Hersteller von Verstärkungs- und Matrixwerkstoffen.

4.2 Anforderungen an Hersteller von Rohrleitungen

4.2.1 Die Hersteller müssen über Einrichtungen verfügen, um die Rohrleitungsteile sachgemäß verarbeiten und die notwendigen Prüfungen durchführen zu können. Es können auch Einrichtungen anderer Stellen, die die Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden.

4.2.2 Die Hersteller müssen eigenes verantwortliches Aufsichtspersonal und für die Fertigung sachkundiges Personal haben. Kommt Fremdpersonal zum Einsatz, so muss sich der Hersteller von dessen Sachkunde und der sachgerechten Herstellung überzeugen.

4.2.3 Werden Fertigungsarbeiten ganz oder teilweise anderen Unternehmen übertragen, müssen auch diese für die auszuführenden Arbeiten die Bedingungen nach den Abschnitten 4.2.1 und 4.2.2 erfüllen.

4.2.4 Hersteller müssen unter sinngemäßer Anwendung von AD 2000-Merkblatt HP 0 Abschnitt 3.6 der zuständigen unabhängigen Stelle nachweisen, dass sie die zu stellenden Anforderungen erfüllen.

5 Anforderungen an Werkstoffe

5.1 Allgemeines

Für die ausgewählten Werkstoffe sind für die Bemessung, Ausführung und Gütesicherung der Bauteile und ihrer Verbindungen die maßgebenden Kennwert- und Einflussfaktoren vor Aufnahme der Fertigung zu ermitteln und in einem Werkstoffeinzelgutachten durch die zuständige unabhängige Stelle festzulegen. Dabei sind die Regelungen nach AD 2000-Merkblatt N 1 Absatz 5.2 sinngemäß anzuwenden. Darüber hinaus können Erfahrungsnachweise von Betreibern und Herstellern oder Ergebnisse aus Laboruntersuchungen mitverwendet werden. Neben der Art und dem Aufbau der Textilglasverstärkung sind der chemisch/thermische Einfluss sowie das Langzeitverhalten zu beachten.

Als Erfahrungsnachweise können überprüfbare Referenzobjekte, z. B. Druckbehälter, Lagerbehälter, herangezogen werden, wenn deren Betriebs- bzw. Randbedingungen bekannt und dokumentiert sind. Die chemische Widerstandsfähigkeit kann z. B. anhand der Medienlisten Nr. 4 bis 7 des DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) beurteilt werden. Laboruntersuchungen können z. B. nach DIBt-Richtlinien bzw. den in Abschnitt 5.2 angegebenen Anwendungs- und Prüfnormen, oder in Anlehnung an diese, durchgeführt werden und eine quantitative Beurteilung des Beanspruchungsverhaltens der Rohrleitungsteile ermöglichen.

Aufgrund ihrer Verbundstruktur kündigen sich in der Regel bei textilglasverstärkten Duroplasten Schädigungen frühzeitig an (Weeping/Schwitzeffekt). Insoweit zeigen sie ein den zähen metallischen Werkstoffen vergleichbares Verhalten.

[2]) Die Möglichkeit von Schäden durch Turbulenzen oder Wirbelbildung ist gebührend zu berücksichtigen, z. B. durch Wanddickenzuschläge, durch die Verwendung von Auskleidung oder Beschichtung oder durch die Möglichkeit des Austausches der am stärksten betroffenen Teile.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2 Rohre

5.2.1 Die Anforderungen an die Werkstoffe nach Abschnitt 3 Ziff. 1 und 2 a gelten insbesondere dann als erfüllt, wenn Rohre nach den Abschnitten 5.2.1.1 bis 5.2.1.4 verwendet und ihre Güteeigenschaften nach Abschnitt 5.2.4 nachgewiesen werden. Die in den Normen und im Werkstoffgutachten angegebenen Anwendungsgrenzen sind dabei zu beachten.

5.2.1.1 Rohre aus glasfaserverstärkten, ungesättigten Polyesterharzen (UP-GF)

a) gewickelt:
Rohrtyp A nach DIN 16 965 Teil 1
Rohrtyp D nach DIN 16 965 Teil 4
Rohrtyp E nach DIN 16 965 Teil 5
DIN 16 964 – Allgemeine Güteanforderung, Prüfung
DIN 16 867 – Technische Lieferbedingungen

b) gewickelt, ausgekleidet:
Rohrtyp B nach DIN 16 965 Teil 2
DIN 16 964 – Allgemeine Güteanforderung, Prüfung
DIN 16 867 – Technische Lieferbedingungen

c) gewickelt, gefüllt:
Rohrtyp WA nach DIN 16 868 Teil 1
Rohrtyp WI nach DIN 16 868 Teil 2
DIN 16 868 Teil 2 – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung

5.2.1.2 Rohre aus glasfaserverstärkten Phenacrylatharzen (PHA-GF)

a) gewickelt:
analog bzw. in Anlehnung an 5.2.1.1 a)

b) gewickelt, ausgekleidet:
analog bzw. in Anlehnung an 5.2.1.1 b)

5.2.1.3 Rohre aus glasfaserverstärkten Epoxidharzen (EP-GF)

a) gewickelt:
DIN 16 870 Teil 1
in Anlehnung an DIN 16 964
in Anlehnung an DIN 16 867

b) geschleudert:
DIN 16 871
in Anlehnung an DIN 16 964
in Anlehnung an DIN 16 867

5.2.1.4 Rohre aus anderen faserverstärkten Duroplasten

Die Anforderungen an diese Werkstoffe gelten als erfüllt, wenn ihre Eignung vor der Verwendung nach Abschnitt 5.1 festgestellt worden ist.

5.2.2 Auskleidungswerkstoffe

5.2.2.1 Als Auskleidungswerkstoffe sind solche nach DIN 8061 (PVC-U), DIN 8075 (PE-HD), DIN 8078 (PP) und DIN 8080 (PVC-C) zulässig.

5.2.2.2 Andere Werkstoffe dürfen für Auskleidungen verwendet werden, wenn ihre Eignung im Rahmen der Begutachtung nach Abschnitt 5.1 beurteilt worden ist.

5.2.2.3 Werkstoffe für Auskleidungen (Liner) müssen den aus der Verarbeitung resultierenden Beanspruchungen genügen.

5.2.3 Prüfung der Werkstoffe

5.2.3.1 Bei Werkstoffen nach den Abschnitten 5.2.1.1 bis 5.2.1.3 – ausgenommen 5.2.1.1 c) – richtet sich der Prüfumfang nach den Angaben der DIN 16 964. Rohre nach Abschnitt 5.2.1.1 c) sind nach DIN 16 868 Teil 2 zu prüfen.

5.2.3.2 Bei Werkstoffen nach Abschnitt 5.2.1.4 richtet sich der Prüfumfang nach den Festlegungen bei der Feststellung der Eignung.

5.2.4 Nachweis der Güteeigenschaften

Der Nachweis der Güteeigenschaften bei Rohren für Rohrleitungen ist nach den Anforderungen in den entsprechenden Normen zu erbringen, mindestens jedoch durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach DIN EN 10204; bei Einzelfertigung und anderen Werkstoffen nach Abschnitt 5.2.1.4 ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.C nach DIN EN 10204.

5.3 Formstücke

5.3.1 Die Anforderungen nach Abschnitt 3 Ziff. 1 und Ziff. 2 a) gelten insbesondere dann als erfüllt, wenn Formstücke aus Rohren mit Werkstoffen nach Abschnitt 5.2 (z. B. Segmentbögen) verwendet werden. Für genormte Formstücke gelten die Maßgaben z. B. der DIN 16 966 Teil 5 (Reduzierungen).

5.3.2 Für Formstücke aus Werkstoffen nach Abschnitt 5.3.1 gilt die Verarbeitbarkeit als nachgewiesen.

5.3.3 Abschnitt 5.2.1.4 ist sinngemäß anzuwenden.

5.3.4 Prüfung

Formstücke sind nach DIN 16 966 Teil 1 zu prüfen.

5.3.5 Nachweis der Güteeigenschaften

5.3.5.1 Der Nachweis der Güteeigenschaften bei Formstücken für Rohrleitungen ist entsprechend den Anforderungen in den zutreffenden Normen zu erbringen. Mindestens ist jedoch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach DIN EN 10204 erforderlich; bei Einzelfertigung und anderen Werkstoffen nach Abschnitt 5.2.1.4 ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.C nach DIN EN 10204.

5.3.5.2 Der Nachweis der Güteeigenschaften für Formstücke nach Abschnitt 5.3.3 ist entsprechend den Festlegungen in der Feststellung der Eignung zu erbringen.

5.4 Flansche, Bunde, Laminat- und Klebeverbindungen, Schrauben und Muttern

5.4.1 Die Anforderungen an die Werkstoffe für GFK-Flansche, Bunde und Rohrverbindungen gelten als erfüllt, wenn die Anforderungen nach DIN 16 966 Teil 7 eingehalten sind. Darüber hinaus gelten die Maßgaben der DIN 16 966 Teil 6 (Bunde, Flansche, Dichtungen) und DIN 16 966 Teil 8 (Laminatverbindungen).

5.4.2 Die Abschnitte 5.2.1.4 und 5.2.4.1 sind sinngemäß anzuwenden.

5.4.3 Die Anforderungen an Rohrleitungsteile aus metallischen Werkstoffen gelten als erfüllt, wenn die Regelungen aus dem AD 2000-Merkblatt HP 100 R eingehalten sind.

5.5 Kennzeichnung der Rohrleitungsteile

Alle Rohrleitungsteile müssen dauerhaft und lesbar nach DIN 16 867 gekennzeichnet sein.

6 Berechnung

6.1 Allgemeines

Bei der Berechnung der Rohre, Rohrleitungsteile und Verbindungen sind die in den einschlägigen DIN-Normen zugrunde gelegten Gesamtsicherheiten $A \cdot S$ zu berücksichtigen. Diese Gesamtsicherheit bezieht sich auf

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

– eine zulässige minimale/maximale Temperatur von – 30 bis + 50 °C,
– eine Lebensdauer bis zu $2 \cdot 10^5$ Stunden (23 Jahre) und
– Fluide, gegen die der Werkstoff chemisch widerstandsfähig ist.

Für davon abweichende Betriebsbedingungen sind die im Rahmen des Werkstoffgutachtens festgelegten Teilfaktoren unter Beachtung der Vorgaben des AD 2000-Merkblattes N 1 Abschnitt 4.4 zu berücksichtigen.

6.1.1 Berechnung von Rohren und Rohrbogen

Rohre und Rohrbogen sind gegen Innendruck und Zusatzbeanspruchungen, soweit diese die Auslegung der Rohrleitungen wesentlich beeinflussen, nach den allgemeinen Regeln der Technik, beispielsweise nach DIN 2413 und AD 2000-Merkblatt N 1, Planungs- und Konstruktionshinweise für GFK-Rohrleitungen und für erdgedeckte Rohrleitungen nach ATV Arbeitsblatt A 127 zu berechnen.

6.1.2 Berechnung von anderen Bauteilen und Laminatverbindungen

Formstücke – außer Rohrbogen – und andere Bauteile, wie z. B. T-Stücke, Reduzierungen, Flansche, sind sinngemäß nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe B und nach AD 2000-Merkblatt N 1 zu berechnen.

Laminatverbindungen sind z. B. entsprechend DIN 16 966 Teil 8 auszulegen. Für Verbindungen, bei denen noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen, und bei solchen Verbindungsarten, deren Ausführung zur Vermeidung von Gefährdungen einer besonderen Sachkunde und Sorgfalt bedürfen, sind Nachweise über deren Eignung (z. B. durch Bauteilprüfung) zu führen.

6.2 Festlegung der Stützweiten

Die Festlegung der Stützweiten erfolgt nach dem Stand der Technik, beispielsweise nach den „KRV Verlegerichtlinien für Rohrleitungen aus textilglasverstärkten Reaktionsharzformstoffen – Planungs- und Konstruktionshinweise“ oder ASME B 31.3.

6.3 Elastizitätskontrolle

Zur Sicherung einer ausreichenden Elastizität, z. B. bei behinderter Wärmeausdehnung der Rohrleitungen oder bei Wärmedehnung anschließender Behälter, muss ein Rohrleitungssystem über ausreichende Möglichkeiten der Biege- oder Torsionsverformung verfügen. Dies wird im Regelfall durch entsprechende Verlegung erreicht. Der rechnerische Nachweis einer ausreichenden Elastizität erfolgt nach dem Stand der Technik, z. B. „KRV Verlegerichtlinien für Rohrleitungen aus textilglasverstärkten Reaktionsharzformstoffen – Planungs- und Konstruktionshinweise“ oder ASME B 31.3.

7 Herstellung und Verlegung

7.1 Allgemeines

7.1.1 Beim Zusammenfügen einer Rohrleitung dürfen die einzelnen Rohrleitungsteile nicht unzulässig beansprucht oder verformt werden.

7.1.2 Verbindungselemente zwischen den einzelnen Rohrleitungsteilen müssen so beschaffen sein, dass eine sichere Verbindung und technische Dichtheit gewährleistet sind. Die Anzahl der Flanschverbindungen ist möglichst gering zu halten. Für besondere Anwendungen können profilierte Elastomer-Dichtungen mit Stahleinlage verwendet werden. Dichtungen müssen ein dem Rohrleitungswerkstoff angepasstes elastisches Verhalten aufweisen.

7.2 Grundsätze für Schweißarbeiten an Auskleidungsrohren

7.2.1 Zur Herstellung der Schweißverbindungen sind Verfahren anzuwenden, die vom Hersteller beherrscht werden und die die erforderliche Güte und Gleichmäßigkeit der Schweißverbindungen gewährleisten. Dabei müssen die Schweißverbindungen den Anforderungen der Richtlinie DVS 2203 Teil 1 entsprechen.

Vorzugsweise ist das Heizelement-Stumpfschweißverfahren entsprechend Merkblatt DVS 2207 Teile 1, 11 oder 15 anzuwenden.

Die verwendeten Maschinen und Geräte müssen den Anforderungen nach Richtlinie DVS 2208 Teil 1 entsprechen.

7.2.2 Die Hersteller dürfen nur nach Richtlinie DVS 2212 geprüfte Schweißer mit gültigen Prüfzeugnissen einsetzen. Sie müssen über sachkundiges Aufsichtspersonal verfügen. Die erstmalige Schweißerprüfung und Wiederholungsprüfungen werden im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle durch den in der Richtlinie DVS 2212 Teil 1 Abschnitt 2 genannten Prüfer für Kunststoffschweißer abgenommen.

Bei Einsatz von Schweißverfahren, welche in den Prüf- und Untergruppen nach Richtlinie DVS 2212 nicht erfasst sind, ist der Umfang der Schweißerprüfung mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.

7.2.3 Der Nachweis über die Erfüllung der Voraussetzungen nach Abschnitt 7.2.1 ist durch eine entsprechende Verfahrensprüfung unter sinngemäßer Anwendung von Richtlinie DVS 2203 Teil 1 zu erbringen. Die Verfahrensprüfung ist durch eine zuständige unabhängige Stelle zuzulassen.

7.2.4 Schweißzusätze für Warmgasschweißungen müssen der Richtlinie DVS 2211 entsprechen.

7.3 Grundsätze zur Herstellung von Kleb- und Laminatverbindungen

7.3.1 Zur Herstellung von Kleb- und Laminatverbindungen sind Verfahren anzuwenden, die vom Hersteller oder Errichter beherrscht werden und die die erforderliche Güte der Verbindung gewährleisten.

7.3.1.1 Klebverbindungen

Die Vorarbeiten für die zu erstellende Klebverbindung sind gemäß der Verarbeitungsanleitung des Herstellers der Rohrleitungsteile vorzunehmen. Die Klebstoffmischung (vorzugsweise Zwei-Komponenten-Epoxidharz-Kleber) ist gemäß den Angaben des Klebstoffherstellers anzusetzen. Topf- und Verarbeitungszeit des Klebstoffansatzes sind zu beachten. Für die Aushärtung und Wärmebehandlung der Klebverbindung ist nach den Maßgaben des Klebstoffherstellers zu verfahren. Insbesondere ist darauf zu achten, dass Klebungen bei ungünstigen Witterungsbedingungen im Freien nur unter besonderen Vorkehrungen (z. B. Zeltabdeckung) vorgenommen werden dürfen. Während der Herstellung der Klebung muss die Temperatur der Fügeflächen einen ausreichenden Abstand zur Taupunkttemperatur aufweisen.

7.3.1.2 Laminatverbindungen

Für das Herstellen von Laminatverbindungen gelten die unter Ziffer 7.3.1.1 genannten Punkte sinngemäß. Laminatverbindungen müssen den Anforderungen der DIN 16 966 Teil 7 und Teil 8 entsprechen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.3.2 Kleb- und Laminatverbindungen dürfen nur von qualifiziertem Personal hergestellt werden. Dieses Personal muss über einen Befähigungsnachweis (z. B. Laminiererzeugnis) verfügen. Die erstmalige und wiederkehrende Kleber-/Laminiererprüfung wird durch eine zuständige unabhängige Stelle durchgeführt.

7.3.3 Der Nachweis über die Erfüllung der Voraussetzungen nach Abschnitt 7.3.1 ist der zuständigen unabhängigen Stelle durch eine entsprechende Verfahrensprüfung zu erbringen.

7.4 Verlegung von Rohrleitungen[3])

7.4.1 Die KRV-Verlegeanleitung A 984/82-2 und die KRV-Planungs- und Konstruktionshinweise für GFK-Rohrleitungen sind anzuwenden, soweit nachfolgend nichts anderes festgelegt ist.

7.4.2 Rohrleitungen sind grundsätzlich oberirdisch außerhalb der Verkehrsbereiche zu verlegen und müssen zugänglich sein. Es sollen möglichst wenige lösbare Verbindungen verwendet werden.

7.4.3 Werden Rohrleitungen erdgedeckt verlegt, müssen sie hinsichtlich ihres technischen Aufbaus einer der folgenden Anforderungen entsprechen:

- Sie müssen doppelwandig sein. Undichtheiten der Rohrwände müssen durch ein zugelassenes Leckanzeigegerät angezeigt werden;
- sie müssen als Saugleitungen ausgebildet sein, in denen die Flüssigkeitssäule bei Undichtheiten abreißt;
- sie müssen mit einem Schutzrohr versehen oder in einem Kanal verlegt sein; auslaufende Stoffe müssen in einer Kontrolleinrichtung sichtbar werden. In diesem Fall dürfen die Rohrleitungen keine brennbaren Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt bis 55 °C führen.

Kann aus Sicherheitsgründen keine dieser Anforderungen erfüllt werden, darf nur ein gleichwertiger technischer Aufbau verwendet werden.

7.4.4 Abschnitt 7.4.3 gilt nicht für nicht korrodierend wirkende Stoffe, die allgemein nicht wassergefährdend sind.

7.4.5 Erdgedeckt verlegte Rohrleitungen sollen eine Scheitelüberdeckung von mindestens 1,0 m aufweisen, um Radlasten bis zu 5 t aufzunehmen. Über erdgedeckt verlegte Rohrleitungen führende Fahrbahnen müssen befestigt sein. Bei geringeren Überdeckungshöhen oder höheren Radlasten ist nachzuweisen, dass unzulässige Beanspruchungen der Rohrleitung ausgeschlossen sind. Unter der Rohrleitung muss auf der ganzen Länge mindestens 15 cm steinfreier und verdichtungsfähiger Boden vorhanden sein. Punktauflager sind nicht zulässig.

Das Umhüllungsmaterial muss frei von scharfkantigen Gegenständen, Steinen, Asche und sonstigen bodenfremden Stoffen sein. Lehm und Ton sind nicht zu verwenden. Das Umhüllungsmaterial muss bis zu einer Höhe von 30 cm über den Rohrscheitel aufgefüllt und sorgfältig von Hand verdichtet werden. Auf die Verlegeanweisung des Herstellers der Rohrleitungsteile und die KRV-Verlegeanleitung A 984/82-2 wird hingewiesen.

7.4.6 Rohrleitungen in flachen Kanälen, die oben offen sind oder mit Rosten abgedeckt sind, brauchen nicht von Verfüllmaterial umgeben zu sein.

7.4.7 Rohrleitungen müssen so verlegt sein, dass sie ihre Lage nicht unzulässig verändern. Dies gilt als erfüllt, wenn

(1) temperaturbedingte Dehnungen bei der Verlegung berücksichtigt und längere Rohrleitungen mit elastischen Zwischenstücken ausgerüstet sind, soweit nicht die Rohrführung eine ausreichende Dehnung ermöglicht,

(2) oberirdische Rohrleitungen auf Stützen in ausreichender Zahl aufliegen, so dass eine unzulässige Durchbiegung vermieden wird, und sie so befestigt sind, dass gefährliche Lageveränderungen nicht eintreten können, und

(3) erdgedeckte Rohrleitungen so verlegt sind, dass sie gleichmäßig aufliegen.

7.4.8 Sicherheitstechnisch erforderliche Absperreinrichtungen müssen leicht zugänglich und einzusehen sein.

7.4.9 Rohrleitungen sind so zu verlegen, dass sie vollständig entleert oder freigespült werden können.

Falls sich im Innern von Rohrleitungen für gasförmige Fluide Kondensflüssigkeit bilden kann, sind Einrichtungen zur Entwässerung bzw. zur Entfernung von Ablagerungen aus tiefliegenden Bereichen vorzusehen, um Schäden aufgrund von Wasserschlag oder Korrosion zu vermeiden.

7.4.10 Oberirdisch verlegte Rohrleitungen müssen in geeigneten formschlüssigen Haltern verlegt sein. Halter sollen elastische Einlagen enthalten.

Festpunkte dürfen nur formschlüssig ausgeführt werden. Armaturen dürfen die Rohrleitungen nicht durch ihr Eigengewicht überbelasten; durch Betätigungskräfte dürfen keine unzulässigen Beanspruchungen auf die Rohrleitung übertragen werden.

7.4.11 Enthalten die Rohrleitungen Fluide der Gruppe 1, so ist in geeigneter Weise dafür zu sorgen, dass die Rohrabzweigungen, die wegen ihrer Abmessungen erhebliche Risiken mit sich bringen, abgesperrt werden können.

7.4.12 Zur Minimierung der Gefahr einer unbeabsichtigten Entnahme sind die Entnahmestellen auf der fest installierten Seite der Verbindungen unter Angabe des enthaltenen Fluids deutlich zu kennzeichnen.

8 Äußerer Oberflächenschutz

Oberirdische und erdverlegte Rohrleitungen, die korrosiven Einflüssen von außen unterliegen, müssen gegen Korrosion geschützt sein. In der Regel ist diese Forderung erfüllt, wenn der äußere Laminatabschluss aus einer Vliesabdeckung und einer Harzschicht besteht.

9 Vermeidung von Gefahren infolge elektrostatischer Aufladungen[4])

9.1 Rohrleitungen im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes dürfen in explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 0 im Regelfall nicht verwendet werden. Rohrleitungen, die in den übrigen Zonen enden oder durch diese hindurchführen, müssen so beschaffen sein, dass betriebsmäßige Vorgänge gefährliche elektrostatische Aufladungen nicht hervorrufen können.

9.2 Die Anforderungen nach Abschnitt 9.1, zweiter Satz, gelten als erfüllt, wenn die Richtlinie „Statische Elektrizität" BGR 132 und das Merkblatt Z 033 „Beispielsammlung zu

[3]) Die im Abschnitt 7.4 enthaltenen Anforderungen können von den Vorschriften anderer EU-Mitgliedstaaten abweichen.

[4]) Die im Abschnitt 9 enthaltenen Anforderungen können von den Vorschriften anderer EU-Mitgliedstaaten abweichen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

den Richtlinien ‚Statische Elektrizität'" der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie berücksichtigt sind. Insbesondere sind die Anforderungen nach BGR 132 Abschnitt 7.1.1 „Gegenstände aus aufladbaren nichtleitfähigen festen Stoffen; Allgemeines" und 4.2.3 „Gleitstielbüschelentladungen" zu erfüllen.

9.3 Leitfähige Gegenstände, z. B. Armaturen, Kompensatoren etc., in Rohrleitungen aus Kunststoff sind zu erden. Siehe hierzu Richtlinie BGR 132 Ziff. 6.3.1 „Erdung leitfähiger Gegenstände".

10 Sicherheitstechnische Ausrüstungsteile

10.1 Rohrleitungen müssen mit den für einen sicheren Betrieb erforderlichen und geeigneten Ausrüstungsteilen versehen sein, die so beschaffen sind, dass sie ihrer Aufgabe sicher genügen. Dabei sollen die AD 2000-Merkblätter der Reihe A, soweit zutreffend, sinngemäß angewendet werden.

10.2 Rohrleitungen müssen gegen Drucküberschreitung durch geeignete Einrichtungen gesichert sein, wenn eine Überschreitung des maximal zulässigen Druckes nicht auszuschließen ist.

10.3 Sind geeignete Einrichtungen nach Abschnitt 10.2 unverhältnismäßig oder nicht zweckdienlich, z. B. wenn Sicherheitsventile infolge korrodierenden, klebenden, staubenden oder sublimierenden Beschickungsgutes in ihrer Wirkungsweise beeinträchtigt werden können, sind auch organisatorische Maßnahmen, die in einer Betriebsanleitung festgelegt sein müssen, zulässig.

10.4 Die Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung müssen an geeigneter Stelle eingebaut werden und sind nach den AD 2000-Merkblättern A 1, A 2 bzw. A 6 auszulegen.

10.5 Zur Verhinderung von unzulässigen Drücken infolge Erwärmung der flüssigen Fluide, z. B. durch Sonneneinstrahlung, eignen sich z. B. auch Überströmventile.

11 Kennzeichnung der Rohrleitung

11.1 Rohrleitungen sind nach Druckgeräte-Richtlinie Anhang I Ziffer 3.3 zu kennzeichnen. Das kann erfolgen durch

- eine Kennzeichnung der Rohrleitung selbst oder
- eine eindeutige Darstellung, z. B. in einem RI-Fließbild, so dass die Rohrleitung in der Anlage zweifelsfrei identifiziert werden kann.

11.2 Der Verlauf erdgedeckt verlegter Rohrleitungen muss in den technischen Unterlagen erfasst sein.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anlage 1 zu AD 2000-Merkblatt HP 110 R

Erläuterungen zur Anwendung des AD 2000-Merkblattes HP 110 R für Rohrleitungen der Kategorie I nach Artikel 9 und Anhang II der Druckgeräte-Richtlinie

Zu einzelnen Abschnitten sind Abweichungen wie folgt möglich:

Zu Abschnitt 4.2.4

Der Nachweis kann bei Rohrleitungen der Kategorie I entfallen.

Zu Abschnitt 5.2.4.1 und 5.3.5.1

Für Rohrleitungen der Kategorie I kann der Nachweis nach den Anforderungen in den entsprechenden Normen, mindestens jedoch durch ein Werksprüfzeugnis 2.3 nach DIN EN 10204, erfolgen.

Die Prüfung der laufenden Fertigung und bei Kennzeichnung nach den entsprechenden Normen erfüllen die Anforderungen nach DIN EN 10204 Abschnitt 2.3.

Bei Rohren bzw. Formstücken mit einer Nennweite bis DN 100 für Rohrleitungen der Kategorie I genügt die Inbezugnahme der Gütenachweise in der Dokumentation oder – abweichend von Abschnitt 5.2.4.1 – als Gütenachweis die Kennzeichnung nach der entsprechenden Norm und Herstellerzeichen.

Zu Abschnitt 7.2.3

Bei Rohrleitungen der Kategorie I überzeugt sich der Hersteller von der Erfüllung der Anforderungen.

Zu Abschnitt 7.3.2

Bei Rohrleitungen der Kategorie I überzeugt sich der Hersteller von der Qualifikation des Personals.

Zu Abschnitt 7.3.3

Bei Rohrleitungen der Kategorie I überzeugt sich der Hersteller von der Erfüllung der Voraussetzungen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juni 2001**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Bauvorschriften **Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen**	AD 2000-Merkblatt **HP 120 R**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin
Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main
Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf
VGB PowerTech e.V., Essen
Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffe
3 Allgemeines
4 Anforderungen an Hersteller oder Errichter
5 Anforderungen an Werkstoffe
6 Berechnung
7 Herstellung und Verlegung
8 Äußerer Oberflächenschutz
9 Vermeidung von Gefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
10 Sicherheitstechnische Ausrüstungsteile
11 Kennzeichnung der Rohrleitung
Anlage 1 Erläuterungen zur Anwendung des AD 2000-Merkblattes HP 120 R für Rohrleitungen der Kategorien I und II nach Artikel 9 und Anhang II der Druckgeräte-Richtlinie

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B 1 + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Berechnung, die Konstruktion, die Werkstoffe und den Bau von Rohrleitungen nach Druckgeräte-Richtlinie (97/23/EG) aus thermoplastischen Kunststoffen.

1.2 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nicht für Schlauchleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen.

2 Begriffe

2.1 Rohrleitungen sind zur Durchleitung von Fluiden bestimmte Leitungsbauteile, die für den Einbau in ein Drucksystem miteinander verbunden sind. Zu Rohrleitungen zählen insbesondere Rohre oder Rohrsysteme, Rohrform-

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

teile, Ausrüstungsteile[1]), Ausdehnungsstücke, Schlauchleitungen oder ggf. andere druckhaltende Teile. Wärmeaustauscher aus Rohren zum Kühlen oder Erhitzen von Luft sind Rohrleitungen gleichgestellt.

2.2 Ein Rohrleitungssystem kann als eine einzige Rohrleitung betrachtet werden, wenn

- es von Fluiden gleicher Gruppe und gleichem Aggregatzustand durchströmt ist und
- es über die ganze Ausdehnung für den gleichen maximal zulässigen Druck vorgesehen ist.

Unterbrechungen durch verschiedene Anlageteile, wie Pumpen, Maschinen, Behälter etc., stehen einer Zusammenfassung zu einer einzigen Rohrleitung nicht entgegen.

2.3 Oberirdische Rohrleitungen sind solche, die in Räumen oder im Freien ohne Erd- und Sanddeckung verlegt sind. Dazu zählen auch solche Rohrleitungen, die in nicht verfüllten Gräben oder Kanälen verlegt sind.

Erdgedeckte Rohrleitungen sind solche, die ganz oder teilweise mit Erde oder Sand bedeckt sind, und zwar auch dann, wenn sie ganz oder teilweise oberhalb der Erdoberfläche liegen.

3 Allgemeines

Rohrleitungen müssen so beschaffen sein, dass sie den aufgrund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen sicher genügen und dicht bleiben. Vibrationen der Rohrleitungen sind zu berücksichtigen. Rohrleitungen müssen insbesondere

(1) so ausgeführt sein, dass sie den maximal zulässigen Druck und die zulässige minimale/maximale Temperatur sicher aufnehmen,

(2) aus Werkstoffen hergestellt sein, die
   a) am fertigen Bauteil die erforderlichen mechanischen Eigenschaften haben,
   b) vom Beschickungsgut (Fluid) in gefährlicher Weise nicht angegriffen werden und mit diesen keine gefährlichen Verbindungen eingehen, sofern die Werkstoffe dem Beschickungsgut ausgesetzt sind[2]),
   c) korrosionsbeständig oder gegen Korrosion geschützt sind, sofern sie korrosiven Einflüssen unterliegen; unter korrosiven Einflüssen sind hier nur von außen einwirkende Einflüsse zu verstehen,

(3) mit den für einen sicheren Betrieb erforderlichen Einrichtungen ausgerüstet sein, die ihrer Aufgabe sicher genügen.

4 Anforderungen an Hersteller

4.1 Anforderungen an Hersteller von Rohrleitungsteilen

Der Hersteller von Rohrleitungsteilen wie Rohre, Formstücke, Rohrverbindungen, Bunde, Flansche, Schrauben, Muttern, Armaturen oder deren Komponenten muss

- über Einrichtungen für ein sachgemäßes Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen; es können aber auch Einrichtungen anderer Stellen, die die Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden,
- über sachkundige Personen für das Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen sowie eine Prüfaufsicht für die zerstörungsfreien Prüfungen haben, soweit solche in der Werkstoffspezifikation festgelegt sind,
- die Erzeugnisse nach einem geeigneten Verfahren herstellen und
- durch Güteüberwachung in Anlehnung an DIN 18 200 mit entsprechenden Aufzeichnungen die sachgemäße Herstellung der Erzeugnisse sowie die Einhaltung der in der Werkstoffspezifikation genannten Anforderungen sicherstellen.

Dies gilt sinngemäß auch für die Hersteller der Formmassen.

4.2 Anforderungen an Hersteller von Rohrleitungen

4.2.1 Die Hersteller müssen über Einrichtungen verfügen, um die Rohrleitungsteile sachgemäß verarbeiten und die notwendigen Prüfungen durchführen zu können. Es können auch Einrichtungen anderer Stellen, die die Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden.

4.2.2 Die Hersteller müssen eigenes verantwortliches Aufsichtspersonal und für die Fertigung fachkundiges Personal haben. Kommt Fremdpersonal zum Einsatz, so muss sich der Hersteller von dessen Sachkunde und der sachgerechten Herstellung überzeugen.

4.2.3 Werden Fertigungsarbeiten ganz oder teilweise anderen Unternehmen übertragen, müssen auch diese für die auszuführenden Arbeiten die Bedingungen nach den Abschnitten 4.2.1 und 4.2.2 erfüllen.

4.2.4 Hersteller müssen unter sinngemäßer Anwendung von AD 2000-Merkblatt HP 0 Abschnitt 3.6 der zuständigen unabhängigen Stelle nachweisen, dass sie die zu stellenden Anforderungen erfüllen.

5 Anforderungen an Werkstoffe

5.1 Allgemeines

Thermoplastische Kunststoffe im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes sind z. B.

- Polyvinylchlorid, weichmacherfrei – PVC-U,
- Polyvinylchlorid, chloriert – PVC-C,
- Polyethylen hoher Dichte – PE-HD,
- Polypropylen – PP,
- Polybuten – PB,
- Polyvinylidenfluorid – PVDF.

5.2 Rohre

5.2.1 Die Anforderungen an die Werkstoffe nach Abschnitt 3 Ziff. 1 und 2 a gelten insbesondere dann als erfüllt, wenn Rohre nach den Abschnitten 5.2.2 bis 5.2.8 verwendet und ihre Güteeigenschaften nach Abschnitt 5.6 nachgewiesen werden. Die in den Normen oder im Werkstoffgutachten angegebenen Anwendungsgrenzen sind dabei zu beachten.

Für die nach diesem Abschnitt ausgewählten Werkstoffe sind die Kennwerte und Einflussfaktoren entsprechend Abschnitt 5.5 festzulegen.

5.2.2 Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) nach DIN 8061 und DIN 8062.

5.2.3 Rohre aus chloriertem Polyvinylchlorid (PVC-C) nach DIN 8079 und DIN 8080.

---

[1]) Sofern Ausrüstungsteile selbst Druckgeräte (Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, druckhaltende Ausrüstungsteile) sind, müssen diese Ausrüstungsteile einer gesonderten Konformitätsbewertung unterzogen werden und mit einer CE-Kennzeichnung versehen sein, wenn diese unter Anhang I der Druckgeräte-Richtlinie falllen.

[2]) Die Möglichkeit von Schäden durch Turbulenzen oder Wirbelbildung ist gebührend zu berücksichtigen, z. B. durch Wanddickenzuschläge, durch die Verwendung von Auskleidung oder Beschichtung oder durch die Möglichkeit des Austausches der am stärksten betroffenen Teile.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2.4 Rohre aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD) nach DIN 8074, DIN 8075 und ggf. DIN 19 533.

5.2.5 Rohre aus Polypropylen (PP) nach DIN 8077 und DIN 8078.

5.2.6 Rohre aus Polybuten (PB) nach DIN 16 968 und DIN 16 969.

5.2.7 Rohre aus Polyvinylidenfluorid (PVDF) nach ISO/DIS 10 931 Part 2.

5.2.8 Rohre aus sonstigen thermoplastischen Kunststoffen, wenn die Eignung vor deren Verwendung durch die zuständige unabhängige Stelle festgestellt worden ist.

5.3 Formstücke, einschließlich Bunde, Flansche und Rohrverbindungen wie Muffen und Verschraubungen

5.3.1 Die Anforderungen an die Werkstoffe nach Abschnitt 3 Ziff. 1 und 2 a gelten insbesondere dann als erfüllt, wenn Formstücke nach den Abschnitten 5.3.2 bis 5.3.7 verwendet und ihre Güteeigenschaften nach Abschnitt 5.6 nachgewiesen werden. Die in den Normen und im Werkstoffgutachten angegebenen Anwendungsgrenzen sind dabei zu beachten.

Für die nach diesem Abschnitt ausgewählten Werkstoffe sind die Kennwerte und Einflussfaktoren entsprechend Abschnitt 5.5 festzulegen.

5.3.2 Formstücke aus PVC-U nach DIN 8063 Teile 1–12.

5.3.3 Formstücke aus PE-HD nach DIN 16 963 Teile 1–15.

5.3.4 Formstücke aus PP nach DIN 16 962 Teile 1–13.

5.3.5 Formstücke aus PB nach DIN 16 831 Teile 1–7.

5.3.6 Formstücke aus PVDF nach ISO/DIS 10 931 Part 3.

5.3.7 Formstücke aus sonstigen thermoplastischen Kunststoffen, wenn ihre Eignung vor deren Verwendung durch die zuständige unabhängige Stelle festgestellt worden ist.

5.4 Armaturen

5.4.1 Die Anforderungen an die Werkstoffe nach Abschnitt 3 Ziff. 1 und 2 a gelten insbesondere dann als erfüllt, wenn Armaturen nach den Abschnitten 5.4.2 bis 5.4.6 verwendet und ihre Güteeigenschaften nach Abschnitt 5.6 nachgewiesen werden. Die in den Normen und im Werkstoffgutachten angegebenen Anwendungsgrenzen sind dabei zu beachten.

Für die nach diesem Abschnitt ausgewählten Werkstoffe sind die Kennwerte und Einflussfaktoren entsprechend Abschnitt 5.5 festzulegen.

5.4.2 Armaturen aus PVC-U nach DIN 3441 Teile 1–7.

5.4.3 Armaturen aus PVC-C in Anlehnung an die DIN 8079 und DIN 8080 in Verbindung mit DIN 3441 Teile 1–7.

5.4.4 Armaturen aus PE-HD in Anlehnung an die DIN 8074, DIN 8075, DIN 16 963, DIN 19 533 in Verbindung mit DIN 3442 Teile 1–3.

5.4.5 Armaturen aus PP entsprechend DIN 3442 Teile 1–3.

5.4.6 Armaturen aus sonstigen thermoplastischen Kunststoffen, wenn ihre Eignung vor deren Verwendung durch die zuständige unabhängige Stelle festgestellt worden ist.

5.5 Kennwerte und Einflussfaktoren

Für die ausgewählten Werkstoffe sind für die Bemessung, Ausführung und Gütesicherung der Bauteile und ihrer Verbindungen und ggf. für besondere Anforderungen die maßgebenden Kennwert- und Einflussfaktoren vor Aufnahme der Fertigung zu ermitteln und durch die zuständige unabhängige Stelle in einem Werkstoffgutachten festzulegen. Dabei sind die Regelungen des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik (DVS) für Rohrleitungen und Rohrleitungsteile aus thermoplastischen Kunststoffen anzuwenden. Darüber hinaus können

- Erfahrungsnachweise von Betreibern, Herstellern und Errichtern,
- Ergebnisse aus Laboruntersuchungen z. B. durch Prüfstellen, die durch die zuständige unabhängige Stelle anerkannt wurden,

mitverwendet werden. Die chemisch/thermischen Einflüsse sowie das Langzeitverhalten sind zu beachten.

Für Erfahrungsnachweise können überprüfbare vergleichbare Referenzobjekte herangezogen werden, wenn deren Betriebs- bzw. Randbedingungen bekannt und dokumentiert sind. Die chemische Widerstandsfähigkeit kann z. B. anhand der Medienlisten Nr. 1 bis 3 und 8 des DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) beurteilt werden. Laboruntersuchungen können z. B. nach DIBt-Richtlinien bzw. den in Abschnitt 5.2 angegebenen Anwendungs- und Prüfnormen, oder in Anlehnung an diese, durchgeführt werden und eine quantitative Beurteilung des Beanspruchungsverhaltens der Rohrleitungsteile ermöglichen.

Werden Rohre und Rohrleitungsteile aus Formmassentyp und Medienarten, die in den Formstoff- und Medienlisten des DIBt beschrieben sind, verwendet, gilt die Medieneignung für die angegebenen Bedingungen und Anwendungsgrenzen als nachgewiesen.

5.6 Nachweis der Güteeigenschaften

Der Nachweis der Güteeigenschaften bei Rohren und Rohrleitungsteilen für Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen ist nach den Anforderungen in den entsprechenden Normen zu erbringen, mindestens jedoch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach DIN EN 10204; bei Einzelfertigung und bei sonstigen Werkstoffen nach den Abschnitten 5.2.8, 5.3.7 und 5.4.6 ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.C nach DIN EN 10204.

5.7 Rohrleitungsteile aus metallischen Werkstoffen

Die Anforderungen an Rohrleitungsteile aus metallischen Werkstoffen gelten als erfüllt, wenn die entsprechenden Regelungen des AD 2000-Merkblattes HP 100 R eingehalten sind.

6 Berechnung

6.1 Allgemeines

Rohre, Formteile, Armaturen und andere Komponenten für Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen sind gegen Innendruck und Zusatzbeanspruchungen, soweit diese das Verhalten der Rohrleitungen wesentlich beeinflussen, nach dem Stand der Technik zu berechnen. Hierbei finden beispielsweise die DVS-Richtlinien 2205 und 2210 sowie die Bau- und Prüfgrundsätze des DIBt, soweit zutreffend, Anwendung.

Für die Berechnung von Formteilen finden die DIN 19 532 und 19 533, soweit zutreffend, Anwendung.

Bei der Auslegung von Armaturen sind, soweit zutreffend, die DIN 3441 Teil 1 und 3442 Teil 2 zu beachten.

Für Verbindungen und Konstruktionen, für die keine ausreichenden Erfahrungen bei der Auslegung vorliegen, sind Bauteilversuche zum Nachweis der Eignung erforderlich.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.2 Festlegung der Stützweiten und Elastizitätskontrolle

Die Festlegung der Stützweiten und die Elastizitätskontrolle erfolgen nach dem Stand der Technik für thermoplastische Rohrleitungen, z. B. DVS-Richtlinie 2210.

7 Herstellung und Verlegung

7.1 Allgemeines

7.1.1 Beim Zusammenfügen einer Rohrleitung dürfen die einzelnen Rohrleitungsteile nicht unzulässig beansprucht oder verformt werden.

7.1.2 Verbindungselemente zwischen den einzelnen Rohrleitungsteilen müssen so beschaffen sein, dass eine sichere Verbindung und technische Dichtheit gewährleistet sind. Die Anzahl der Flanschverbindungen ist möglichst gering zu halten. Für besondere Anwendungen können profilierte Elastomer-Dichtungen mit Stahleinlage verwendet werden. Dichtungen müssen ein dem Rohrleitungswerkstoff angepasstes elastisches Verhalten aufweisen.

7.2 Grundsätze für Schweißarbeiten

7.2.1 Zur Herstellung der Schweißverbindungen sind Verfahren anzuwenden, die vom Hersteller beherrscht werden und die die erforderliche Güte und Gleichmäßigkeit der Schweißverbindungen gewährleisten. Dabei müssen die Schweißverbindungen den Anforderungen der DVS 2202 Teil 1 und 2203 Teil 1 entsprechen. Bei der Bewertung der Schweißverbindungen nach DVS 2202 Teil 1 ist die Bewertungsgruppe 1 einzuhalten; in besonderen Fällen kann hiervon in Abstimmung mit der zuständigen unabhängigen Stelle abgewichen werden.

Vorzugsweise sind die üblicherweise angewandten, dem Stand der Technik entsprechenden Heizelement-Schweißverfahren anzuwenden. Das Heizwendel-Schweißverfahren sollte in der Regel nur bei nicht korrodierend wirkenden Stoffen, die allgemein nicht wassergefährdend sind, angewendet werden.

Die verwendeten Maschinen und Geräte müssen den Anforderungen nach Richtlinie DVS 2208 entsprechen.

7.2.2 Die Hersteller dürfen nur nach DVS 2212 geprüfte Schweißer mit gültigen Prüfzeugnissen für das angewendete Schweißverfahren einsetzen. Sie müssen über sachkundiges Aufsichtspersonal verfügen. Die erstmalige Schweißerprüfung und die Wiederholungsprüfungen werden im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle durch die in Richtlinie DVS 2212 Teil 1 Abschnitt 2 genannten Prüfer für Kunststoffschweißer abgenommen.

Bei Einsatz von Schweißverfahren, welche in den Prüf- und Untergruppen nach Richtlinie DVS 2212 nicht erfasst sind, ist der Umfang der Schweißerprüfung mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.

7.2.3 Der Nachweis über die Erfüllung der Voraussetzungen nach Abschnitt 7.2.1 ist durch eine entsprechende Verfahrensprüfung unter sinngemäßer Anwendung von Richtlinie DVS 2203 Teil 1 gegenüber der zuständigen unabhängigen Stelle zu erbringen.

7.2.4 Schweißzusätze für Warmgasschweißungen müssen DVS 2211 entsprechen.

7.3 Grundsätze zur Herstellung von Klebverbindungen

Zur Herstellung von Klebverbindungen sind Verfahren anzuwenden, die vom Hersteller beherrscht werden und die die erforderliche Güte der Verbindung sicherstellen.

7.3.1 Klebverbindungen für PVC-C und PVC-U

Klebverbindungen werden angewandt bei PVC-C und PVC-U. Die Vorarbeiten für die zu erstellende Klebverbindung sind gemäß der Verarbeitungsanleitung des Herstellers der Rohrleitungsteile und des Klebstoffherstellers vorzunehmen. Die Klebverbindung selbst ist nach Merkblatt DVS 2204 Teil 1 herzustellen. Hersteller von Klebverbindungen müssen über die entsprechenden Kenntnisse, geeignete Vorrichtungen und Geräte verfügen.

7.3.2 Anforderungen an Klebstoffsysteme

Verwendete Klebstoffe müssen nachweislich für die entsprechenden Betriebsbedingungen der Rohrleitung, z. B. Innendruckbeanspruchung, mechanische Beanspruchung, Medien- und Temperaturbeanspruchungen, geeignet sein. Die Eigenschaften der fertigen Klebverbindung, insbesondere die chemische Widerstandsfähigkeit, sollen weitgehend dem Rohr/Formteilwerkstoff entsprechen. Die Nachweise müssen das Langzeitverhalten mit beinhalten.

Die Anleitungen und Verarbeitungsvorschriften der Hersteller sind zu beachten und einzuhalten.

Für PVC-U sind Klebstoffe nach DIN 16 970 einzusetzen.

Für alle sonstigen thermoplastischen Kunststoffe ist für die Klebverbindung die Eignung des Klebstoffs im Rahmen des Werkstoffgutachtens der zuständigen unabhängigen Stelle nachzuweisen.

7.3.3 Klebverbindungen dürfen nur von qualifiziertem Personal hergestellt werden. Dieses Personal muss über einen Befähigungsnachweis nach VdTÜV-Merkblatt 001 „Kleben“ bzw. Richtlinie DVS 2221 Teil 1 verfügen. Die erstmalige und wiederkehrende Kleberprüfung wird im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle von den im genannten Merkblatt/Richtlinie unter Abschnitt 2 aufgeführten Prüfern für Kunststoffkleber abgenommen.

7.3.4 Der Nachweis über die Erfüllung der Voraussetzungen nach Abschnitt 7.3 bzw. 7.3.1 durch eine entsprechende Verfahrensprüfung ist gegenüber der zuständigen unabhängigen Stelle zu führen.

7.4 Verlegung von Rohrleitungen[3])

7.4.1 Die Anforderungen an die Verlegung von Rohrleitungen sind insbesondere dann erfüllt, wenn für

- oberirdisch verlegte Rohrleitungen die DVS 2210 und
- erdgedeckt verlegte Rohrleitungen die Regelungen der nachfolgenden Abschnitte eingehalten sind.

7.4.2 Rohrleitungen sind grundsätzlich oberirdisch außerhalb der Verkehrsbereiche zu verlegen und müssen zugänglich sein. Es sollen möglichst wenige lösbare Verbindungen verwendet werden.

Lösbare Verbindungen sind in erdgedeckten Abschnitten nicht zulässig.

7.4.3 Werden Rohrleitungen erdgedeckt verlegt, müssen sie hinsichtlich ihres technischen Aufbaus einer der folgenden Anforderungen entsprechen:

- Sie müssen doppelwandig sein. Undichtheiten der Rohrwände müssen durch ein zugelassenes Leckanzeigegerät angezeigt werden;

[3]) Die im Abschnitt 7.4 enthaltenen Anforderungen können von den Vorschriften anderer EU-Mitgliedstaaten abweichen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

– sie müssen als Saugleitungen ausgebildet sein, in denen die Flüssigkeitssäule bei Undichtheiten abreißt;
– sie müssen mit einem Schutzrohr versehen oder in einem Kanal verlegt sein; auslaufende Stoffe müssen in einer Kontrolleinrichtung sichtbar werden. In diesem Fall dürfen die Rohrleitungen keine brennbaren Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt bis 55 °C führen.

Kann aus Sicherheitsgründen keine dieser Anforderungen erfüllt werden, darf nur ein gleichwertiger technischer Aufbau verwendet werden.

7.4.4 Abschnitt 7.4.3 gilt nicht für nicht korrodierend wirkende Stoffe, die allgemein nicht wassergefährdend sind.

7.4.5 Erdgedeckt verlegte Rohrleitungen sollen eine Scheitelüberdeckung von mindestens 1,0 m aufweisen, um Radlasten bis zu 5 t aufzunehmen. Über erdgedeckt verlegte Rohrleitungen führende Fahrbahnen müssen befestigt sein. Bei geringeren Überdeckungshöhen oder höheren Radlasten ist nachzuweisen, dass unzulässige Beanspruchungen der Rohrleitung ausgeschlossen sind. Unter der Rohrleitung muss auf der ganzen Länge mindestens 15 cm steinfreier und verdichtungsfähiger Boden vorhanden sein. Punktauflager sind nicht zulässig.

Das Umhüllungsmaterial muss frei von scharfkantigen Gegenständen, Steinen, Asche und sonstigen bodenfremden Stoffen sein. Lehm und Ton sind nicht zu verwenden. Das Umhüllungsmaterial muss bis zu einer Höhe von 30 cm über den Rohrscheitel aufgefüllt und sorgfältig von Hand verdichtet werden. Auf die Verlegeanweisung des Herstellers der Rohrleitungsteile und die KRV-Verlegeanleitungen A 115 a und A 135 wird hingewiesen.

7.4.6 Rohrleitungen in flachen Kanälen, die oben offen sind oder mit Rosten abgedeckt sind, brauchen nicht von Verfüllmaterial umgeben zu sein.

7.4.7 Rohrleitungen müssen so verlegt sein, dass sie ihre Lage nicht unzulässig verändern. Dies gilt als erfüllt, wenn

(1) temperaturbedingte Dehnungen bei der Verlegung berücksichtigt und längere Rohrleitungen mit elastischen Zwischenstücken ausgerüstet sind, soweit nicht die Rohrführung eine ausreichende Dehnung ermöglicht,
(2) oberirdische Rohrleitungen auf Stützen in ausreichender Zahl aufliegen, so dass eine unzulässige Durchbiegung vermieden wird und sie so befestigt sind, dass gefährliche Lageveränderungen nicht eintreten können, und
(3) erdgedeckte Rohrleitungen so verlegt sind, das sie gleichmäßig aufliegen.

7.4.8 Sicherheitstechnisch erforderliche Absperreinrichtungen müssen leicht zugänglich und einzusehen sein.

7.4.9 Rohrleitungen sind so zu verlegen, dass sie vollständig entleert oder freigespült werden können. Falls sich im Innern von Rohrleitungen für gasförmige Fluide Kondensflüssigkeit bilden kann, sind Einrichtungen zur Entwässerung bzw. zur Entfernung von Ablagerungen aus tiefliegenden Bereichen vorzusehen, um Schäden aufgrund von Wasserschlag oder Korrosion zu vermeiden.

7.4.10 Oberirdisch verlegte Rohrleitungen müssen in geeigneten formschlüssigen Haltern verlegt sein. Halter sollen elastische Einlagen enthalten.

Festpunkte dürfen nur formschlüssig ausgeführt werden. Armaturen dürfen die Rohrleitungen nicht durch ihr Eigengewicht überbelasten; durch Betätigungskräfte dürfen keine unzulässigen Beanspruchungen auf die Rohrleitung übertragen werden.

7.4.11 Enthalten die Rohrleitungen Fluide der Gruppe I, so ist in geeigneter Weise dafür zu sorgen, dass die Rohrabzweigungen, die wegen ihrer Abmessungen erhebliche Risiken mit sich bringen, abgesperrt werden können.

7.4.12 Zur Minimierung der Gefahr einer unbeabsichtigten Entnahme sind die Entnahmestellen auf der fest installierten Seite der Verbindungen unter Angabe des enthaltenen Fluides deutlich zu kennzeichnen.

8 Äußerer Oberflächenschutz

Oberirdisch oder erdgedeckt verlegte Rohrleitungen benötigen in der Regel keinen Schutz gegen korrosive Einflüsse.

Oberirdisch verlegte Rohrleitungen müssen, sofern erforderlich, gegen UV-Einstrahlung geschützt sein.

9 Vermeidung von Gefahren infolge elektrostatischer Aufladungen[4])

9.1 Rohrleitungen im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes dürfen in explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 0 im Regelfall nicht verwendet werden. Rohrleitungen, die in den übrigen Zonen enden oder durch diese hindurchführen, müssen so beschaffen sein, dass betriebsmäßige Vorgänge gefährliche elektrostatische Aufladungen nicht hervorrufen können.

9.2 Die Anforderungen nach Abschnitt 9.1, zweiter Satz, gelten als erfüllt, wenn die Richtlinien „Statische Elektrizität“ BGR 132 und das Merkblatt T 033 „Beispielsammlung zu den Richtlinien ‚Statische Elektrizität‘“ der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie berücksichtigt sind. Insbesondere sind die Anforderungen nach BGR 132 Abschnitt 7.1.1 „Gegenstände aus aufladbaren nichtleitfähigen festen Stoffen; Allgemeines“ und 4.2.3 „Gleitstielbüschelentladungen“ zu erfüllen.

9.3 Leitfähige Gegenstände, z. B. Armaturen, Kompensatoren etc., in Rohrleitungen aus Kunststoff sind zu erden. Siehe hierzu Richtlinie BGR 132 Ziff. 6.3.1 „Erdung leitfähiger Gegenstände“.

10 Sicherheitstechnische Ausrüstungsteile

10.1 Rohrleitungen müssen mit den für einen sicheren Betrieb erforderlichen und geeigneten Ausrüstungsteilen versehen sein, die so beschaffen sind, dass sie ihrer Aufgabe sicher genügen. Dabei sollen die AD 2000-Merkblätter Reihe A, soweit zutreffend, sinngemäß angewendet werden.

10.2 Rohrleitungen müssen gegen Drucküberschreitung durch geeignete Einrichtungen gesichert sein, wenn eine Überschreitung des maximal zulässigen Druckes nicht auszuschließen ist.

10.3 Sind geeignete Einrichtungen nach Abschnitt 10.2 unverhältnismäßig oder nicht zweckdienlich, z. B. wenn Sicherheitsventile infolge korrodierenden, klebenden, staubenden oder sublimierenden Beschickungsgutes in ihrer Wirkungsweise beeinträchtigt werden können, sind auch organisatorische Maßnahmen, die in einer Betriebsanleitung festgelegt sein müssen, zulässig.

---

[4]) Die im Abschnitt 9 enthaltenen Anforderungen können von den Vorschriften anderer EU-Mitgliedstaaten abweichen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

10.4 Die Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung müssen an geeigneter Stelle eingebaut werden und sind nach den AD 2000-Merkblättern A 1, A 2 bzw. A 6 auszulegen.

10.5 Zur Verhinderung von unzulässigen Drücken infolge Erwärmung der flüssigen Fluide, z. B. durch Sonneneinstrahlung, eignen sich z. B. auch Überströmventile.

11 Kennzeichnung der Rohrleitung

11.1 Rohrleitungen sind gemäß Druckgeräte-Richtlinie Anhang I Abschnitt 3.3 zu kennzeichnen. Das kann erfolgen durch

- eine Kennzeichnung der Rohrleitung selbst oder
- eine eindeutige Darstellung, z. B. in einem RI-Fließbild, so dass die Rohrleitung in der Anlage zweifelsfrei identifiziert werden kann.

11.2 Der Verlauf erdgedeckt verlegter Rohrleitungen muss in technischen Unterlagen erfasst sein.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anlage 1 zu AD 2000-Merkblatt HP 120 R

Erläuterung zur Anwendung des AD 2000-Merkblattes HP 120 R für Rohrleitungen der Kategorien I und II nach Artikel 9 und Anhang II der Druckgeräte-Richtlinie

Zu einzelnen Abschnitten sind Abweichungen wie folgt möglich:

Zu den Abschnitten 5.2.8, 5.3.7 und 5.4.6

Der Nachweis der Eignung kann bei Rohrleitungen der Kategorien I und II durch den Hersteller erfolgen.

Zu Abschnitt 5.6

Der Nachweis der Güteeigenschaften kann bei Rohrleitungen der Kategorie I nach den Anforderungen der entsprechenden Normen erbracht werden, mindestens jedoch durch ein Werkszeugnis 2.2 nach DIN EN 10204.

Zu Abschnitt 7.2.1

Bei Rohrleitungen der Kategorie I entfällt die Abstimmung mit der zuständigen unabhängigen Stelle.

Zu Abschnitt 7.2.2

Bei Rohrleitungen der Kategorie I können die Schweißprüfungen durch den Hersteller durchgeführt werden.

Zu Abschnitt 7.2.3

Der Nachweis der Erfüllung der Voraussetzungen nach Abschnitt 7.2.1 kann bei Rohrleitungen der Kategorie I durch den Hersteller selbst erfolgen.

Zu Abschnitt 7.3.2

Der Nachweis der Eignung der Klebstoffe kann bei Rohrleitungen der Kategorien I und II durch den Hersteller durchgeführt werden.

Zu Abschnitt 7.3.3

Für Rohrleitungen der Kategorie I können die Kleberprüfungen durch den Hersteller durchgeführt werden.

Zu Abschnitt 7.3.4

Für Rohrleitungen der Kategorie I überzeugt sich der Hersteller von der Erfüllung der Voraussetzungen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2010**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Entwurfsprüfung**	**AD 2000-Merkblatt HP 511**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e. V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Allgemeines ... 2
3 Umfang der Entwurfsprüfung ... 2
4 Durchführung der Entwurfsprüfung ... 2
5 Unterlagen für die Entwurfsprüfung ... 3
6 Bericht über die Entwurfsprüfung ... 4
Anhang zum AD 2000-Merkblatt HP 511 ... 4

Ersatz für Ausgabe Januar 2001; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Entwurfsprüfung von Druckbehältern nach Druckgeräte-Richtlinie (97/23/EG) durch die zuständige unabhängige Stelle.

1.2 Soweit für besondere Druckbehälter andere Bestimmungen gelten, sind diese im AD 2000-Merkblatt HP 801 „Besondere Druckbehälter“ enthalten.

2 Allgemeines

Ziel der Entwurfsprüfung ist eine Aussage darüber, dass die beschriebene Ausführung des Druckbehälters den grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhangs I der Druckgeräte-Richtlinie in Verbindung mit den AD 2000-Merkblättern entspricht. Die Entwurfsprüfung erfolgt anhand der Unterlagen, nach denen der Druckbehälter hergestellt werden soll. Die Entwurfsprüfung erfolgt vor Schlussprüfung und Druckprüfung.

3 Umfang der Entwurfsprüfung

3.1 Die Prüfung erstreckt sich auf die drucktragenden Wandungen des Druckbehälters bis zu den druckbehälterseitigen Flanschen oder Verschraubungen bzw. bei unlösbaren Verbindungen bis zu den ersten Fügeverbindungen. Direkt angebrachte Teile sind in die Entwurfsprüfung einzubeziehen. Die Prüfung umfasst auch die angeschlossenen Tragelemente und die aus Reaktionskräften (Zusatzkräften) herrührenden Beanspruchungen, soweit die Reaktionskräfte aus den Prüfunterlagen hervorgehen. Nicht eingeschlossen in die Entwurfsprüfung des Druckbehälters sind die Prüfungen anschließender Leitungen, des Traggerüstes und der Fundamente.

3.2 Soweit Teile eines Druckbehälters einer Prüfung im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes bereits unterzogen worden sind und hierüber ein entsprechender Prüfbericht einer zuständigen unabhängigen Stelle vorliegt, entfällt hierfür eine nochmalige Entwurfsprüfung. Wegen der Gültigkeitsdauer wird auf Abschnitt 6.2 verwiesen.

3.3 Mit der Entwurfsprüfung gilt die Prüfung des Standsicherheitsnachweises für den Druckbehälter und seine Tragelemente als erbracht.

4 Durchführung der Entwurfsprüfung

Die Entwurfsprüfung erfolgt für die beabsichtigte Verwendung und andere nach vernünftigem Ermessen vorhersehbare Betriebsbedingungen.

4.1 Prüfung der Konstruktion

Die Prüfung der Konstruktion erfolgt insbesondere nach folgenden Gesichtspunkten:

1) Eignung der Werkstoffe gemäß Anhang I, Abschnitt 4 der Druckgeräte-Richtlinie für die drucktragenden Teile und für nicht drucktragende Anschweißteile, einschließlich der vorgesehenen Prüfberichte über Werkstoffprüfungen, z. B. bei metallischen Werkstoffen nach AD 2000-Merkblatt W 0 Abschnitt 3;
2) Eignung der Zusätze für Fügeverbindungen;
3) Einhalten der Gestaltungsregeln zum Vermeiden nicht werkstoffgerechter Beanspruchungen;
4) Einhalten der Gestaltungsregeln für Fügeverbindungen (bei Schweißverbindungen siehe z. B. AD 2000-Merkblatt HP 5/1);
5) prüfgerechtes Gestalten im Hinblick auf die Durchführung der Schlussprüfung und Druckprüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 512, der wiederkehrenden Prüfungen (siehe z. B. AD 2000-Merkblatt A 5, AD 2000-Merkblatt HP 5/3) und ggf. Wartung;
6) Art und Umfang der zerstörungsfreien und/oder zerstörenden Prüfungen;
7) Einhalten der Anforderungen an Verschlüsse (siehe auch Anhang I, Abschnitte 2.3, 2.4, 2.5 und 2.9 der Druckgeräte-Richtlinie).

4.2 Prüfung der Bemessung der drucktragenden Behälterteile

4.2.1 Die Prüfung der Bemessung – in der Regel mit Hilfe der AD 2000-Merkblätter der Reihen B, N und S – erfolgt daraufhin, ob der Druckbehälter den sich aus den vorgesehenen Betriebsbedingungen, insbesondere den zulässigen Drücken und Temperaturen, ergebenden Beanspruchungen sicher genügt.

Ist die Bemessung durch die AD 2000-Merkblätter der Reihe B nicht abgedeckt, ist anhand der verwendeten Bemessungsgrundlagen (alternative Berechnungsmethoden, experimentelle Verfahren entsprechend Anhang I, Abschnitte 2.2.2 und 2.2.4 der Druckgeräte-Richtlinie) zu prüfen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.2.2 Sind Zusatzbeanspruchungen in den Entwurfsprüfunterlagen angegeben, ist zu prüfen, ob diese bei der Bemessung ausreichend berücksichtigt wurden, z. B. Zusatzlasten wie Einwirkungen aus anderen Anlageteilen, Erddruck (siehe Anhang I, Abschnitt 2.2.1 der Druckgeräte-Richtlinie).

5 Unterlagen für die Entwurfsprüfung

5.1 Antrag des Herstellers auf Prüfung an die zuständige unabhängige Stelle einschließlich einer schriftlichen Erklärung, dass der gleiche Antrag bei keiner anderen zuständigen unabhängigen Stelle eingereicht worden ist.

5.2 Die Unterlagen müssen alle für die Prüfung der drucktragenden Behälterteile notwendigen Angaben enthalten.

5.3 Für den Druckbehälter – bei mehreren Druckräumen für jeden Druckraum getrennt – werden, soweit zutreffend, folgende Angaben benötigt:

5.3.1 Angaben, die in jedem Fall erforderlich sind:

1) maximal zulässiger Druck PS (ggf. mehrere) in bar (Unterdruck mit Minuszeichen);
2) Volumen V in Litern (ggf. nach Abzug fester Einbauten);
3) Zulässige minimale/maximale Temperaturen, soweit diese über 50 °C oder unter –10 °C liegen. Falls die Berechnungstemperatur (z. B. nach AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 5.1) von der zulässigen minimalen/maximalen Temperatur abweicht, auch die Berechnungstemperatur; falls unterschiedlichen Temperaturen unterschiedliche Drücke zugeordnet sind, ist diese Zuordnung anzugeben;
4) Gruppe der Fluide, Aggregatzustand;
5) Art und Ort der Kennzeichnung des Druckbehälters (Fabrikschild oder Stempelung);
6) Werkstoffbeschreibung für drucktragende Teile: Kurzbezeichnung oder Werkstoffnummer oder – wenn beide nicht vorhanden sind – Markenbezeichnung, soweit erforderlich mit Angabe der Norm/Prüfgrundlage und Art des Prüfberichtes über Werkstoffprüfungen;
7) Werkstoffbeschreibung für nicht drucktragende angeschweißte oder durch andere Fügeverfahren unmittelbar mit der Druckbehälterwand verbundene Teile;
8) die Ergebnisse der Konstruktionsberechnung; bei alternativen Methoden nach Abschnitt 4.2.1 sind die verwendeten Unterlagen einzureichen;
9) Prüfdruck;
10) Art der Fügeverfahren (z. B. Schweißen, Einwalzen, Schrumpfen);
11) Für drucktragende Fügeverbindungen:
    - Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Fügeverbindung,
    - Gestaltung der Übergänge bei ungleichen Wanddicken,
    - die für die Prüfung schweißgerechter Gestaltung erforderlichen Angaben (z. B. beidseitig oder einseitig geschweißt, durchgeschweißt oder Kehlnaht);
12) Art und Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen;
13) Nachweise, dass ein gefährlicher Angriff des Werkstoffes durch das beinhaltete Fluid im Sinne von Anhang I, Nr. 4.1 b) der Druckgeräte-Richtlinie nicht zu besorgen ist. Diese Angaben können in Einzelfällen auch zusammen mit dem Antrag zur Prüfung vor Inbetriebnahme vom Betreiber zur Verfügung gestellt werden, wenn die getroffenen Maßnahmen zur Verhütung eines gefährlichen Angriffs keinen Einfluss auf die Konstruktion des Behälters haben. In diesen Fällen ist ein Hinweis in die Betriebsanleitung nach Anhang I, Abschnitt 3.4 der Druckgeräte-Richtlinie aufzunehmen;
14) Liste der vollständig oder teilweise angewendeten Prüfgrundlagen (Normen), soweit für die Entwurfsprüfung erforderlich.

5.3.2 Angaben, die in bestimmten Fällen erforderlich sind:

1) Beanspruchungsfall nach AD 2000-Merkblatt W 10, soweit dieser für die Bemessung maßgeblich ist;
2) schwellende Beanspruchungen, wenn sie nach den Abgrenzungen im AD 2000-Merkblatt S 1 bei der Auslegung des Druckbehälters berücksichtigt werden müssen, einschließlich Bemessungsgrundlage;
3) Zwangsbewegungen einschließlich Vorspannung und Zahl der Lastspiele bei Kompensatoren (siehe auch AD 2000-Merkblatt B 13);
4) Zuschläge zur Wanddicke, z. B. wenn solche zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart oder gemäß Anhang I, Abschnitt 2.7 erforderlich sind (siehe auch AD 2000-Merkblatt B 0);
5) Beschickungsgut (Fluid), sein Aggregatzustand und das Gewicht der Füllung, wenn sie für die Berechnung erforderlich sind;
6) Druckprüfmittel, wenn die erste Druckprüfung oder die wiederkehrenden Druckprüfungen nicht mit Wasser durchgeführt werden sollen; Angaben über Art und Umfang zerstörungsfreier Prüfungen mit den zu treffenden Schutzmaßnahmen bei Gasdruckprüfungen;
7) Lage des Behälters bei der erstmaligen Druckprüfung (liegend oder stehend), wenn dies für die sicherheitstechnische Beurteilung von Bedeutung ist;
8) Mindest- und Höchstflüssigkeitsstand, wenn dies für die sicherheitstechnische Beurteilung erforderlich ist;
9) betriebsmäßige Aufstellung (liegend oder stehend), wenn dies für die sicherheitstechnische Beurteilung von Bedeutung ist;
10) Zusatzkräfte einschließlich der Art ihrer Berücksichtigung, wenn dadurch die Beanspruchung der Behälterwand um mehr als 5 % erhöht wird (z. B. Auflagerkräfte, Wind- und Schneelasten, Stutzenkräfte und -momente, Spannungen aus Temperaturdifferenzen, siehe z. B. AD 2000-Merkblätter B 10 und S 3/0);

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

11) Lage und Größe der Besichtigungs- und Befahröffnungen sowie von Verschlüssen, besondere Befahreinrichtungen (z. B. Drehleiter, Steigeisen), soweit dies für die Beurteilung der Durchführbarkeit wiederkehrender Prüfungen notwendig ist;
12) Auskleidungen, Ausmauerungen und Einbauten, wenn sie für die sicherheitstechnische Beurteilung von Bedeutung sind;
13) sonstige Forderungen des Bestellers (Betreibers), soweit sie sicherheitstechnisch von Bedeutung sind;
14) Kennzeichnung der drucktragenden Fügeverbindungen, die auf der Baustelle hergestellt werden;
15) die Art der Festigkeitsberechnung, wenn die AD 2000-Merkblätter der Reihen B, N und S mehrere Möglichkeiten angeben (z. B. Flanschberechnung).

5.3.3 Weitere Angaben, die zur Entwurfsprüfung in bestimmten Fällen zu machen sind, möglichst bei Vorlage der Entwurfsprüfungsunterlagen:

1) Fügeverfahren (erforderlichenfalls bei mehreren Verfahren mit Zuordnung zur jeweiligen Fügeverbindung);
2) Nahtlage, Nahtform, Nahtvorbereitung, soweit erforderlich Nahtaufbau, Bearbeitung der Schweißnähte;
3) Schweißzusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe (Normbezeichnungen oder Markenbezeichnungen);
4) Art und Umfang der Arbeitsprüfungen;
5) Art der Wärmebehandlung nach dem Schweißen;
6) Baufolgeplan, wenn die Bauprüfung in mehreren Teilschritten erfolgen soll.

6 Bericht über die Entwurfsprüfung

6.1 Die Entwurfsprüfung wird durch einen Entwurfsprüfungsvermerk (Muster siehe Anhang) oder einen Prüfbericht bestätigt.

6.2 Der Entwurfsprüfungsvermerk bzw. der Prüfbericht gilt solange, bis eine Änderung oder Ergänzung des der Auslegung des Behälters zugrunde gelegten Regelwerkes eine Änderung an den Entwurfsprüfungsunterlagen erfordert. Bei Änderung oder Ergänzung des Regelwerkes nach Satz 1 gilt die Entwurfsprüfung für die Bauzeit des Druckbehälters, mindestens jedoch 1 Jahr.

6.3 Wesentliche Informationen für die Schlussprüfung sind aufzuführen, insbesondere wenn einzelne Prüfungen nach Abschnitt 4 nicht in vollem Umfang zum Zeitpunkt der Entwurfsprüfung oder Schlussprüfung durchgeführt werden können.

Wesentliche auslegungsbestimmende Kriterien sind aufzuführen und in Abstimmung mit dem Hersteller in der Betriebsanleitung nach Anhang I, Abschnitt 3.4 der Druckgeräte-Richtlinie zu berücksichtigen.

Solche wesentlichen Informationen sind z. B.:

- die erforderlichen Angaben zur Festlegung von Prüfungen nach AD 2000-Merkblatt S 1, Abschnitt 7 bzw. AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitt 12 und Anhang 4 für den Betrieb von Druckbehältern unter Wechselbeanspruchung,
- die erforderlichen Angaben zur Festlegung von Prüfungen für den Betrieb von Druckbehältern im Zeitstandsbereich (insbesondere bei Lebensdauerüberwachungen nach AD 2000-Merkblatt S 6, Abschnitt 7),
- die erforderlichen Angaben zu den der Auslegung des Druckgerätes zugrunde gelegten Belastungsgrößen wie z. B. zulässige Füllhöhen, zulässige Zusatzlasten (Erdbeben, Windlasten und Stutzenlasten) oder zulässige Druck- oder Temperaturdifferenzen, falls diese in der technischen Dokumentation nicht eindeutig spezifiziert sind,
- Angaben zu Abschnitt 5.3.2 (6) und (7).

Anhang zum AD 2000-Merkblatt HP 511

Muster für einen Entwurfsprüfungsvermerk

Entwurfsgeprüft als Druckbehälter nach der Richtlinie 97/23/EG und AD 2000-Merkblatt HP 511 unter Entwurfsprüf-Nr.: _____ nach den entsprechenden Angaben in den geprüften Unterlagen.

Wegen der Gültigkeitsdauer wird auf AD 2000-Merkblatt HP 511, Abschnitt 6.2 hingewiesen.

_____, _____

(Ort) (Datum)

Die zuständige unabhängige Stelle

_____

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Januar 2003**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	**Schlussprüfung und Druckprüfung**	**AD 2000-Merkblatt HP 512**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Zeitpunkt der Prüfungen
4 Prüfunterlagen
5 Schlussprüfung
6 Druckprüfung
7 Prüfung von Sicherheitseinrichtungen
8 Kennzeichnung
9 Konformitätsbescheinigung
10 Anlagen zur Konformitätsbescheinigung

Anhang 1: Muster für eine Bescheinigung über die Schluss- und Druckprüfung eines Druckbehälters
Anhang 2: Muster für eine Konformitätsbescheinigung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".
Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.
Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Schlussprüfung und die Druckprüfung von Druckbehältern nach Druckgeräte-Richtlinie (97/23/EG) durch die zuständige unabhängige Stelle. Es ist für die Schluss- oder Druckprüfung größerer lösbarer Einzelteile (z. B. Rohrbündel) entsprechend anzuwenden.

1.2 Soweit für besondere Druckbehälter andere Bestimmungen gelten, sind diese im AD 2000-Merkblatt HP 801 „Besondere Druckbehälter" enthalten.

2 Allgemeines

2.1 Ziel der Schlussprüfung ist eine Aussage darüber, dass sich der Druckbehälter in ordnungsmäßigem Zustand befindet. Die Schlussprüfung erstreckt sich auf die Übereinstimmung des hergestellten Druckbehälters mit den von der zuständigen unabhängigen Stelle geprüften Unterlagen der Entwurfsprüfung sowie den übrigen zugehörigen technischen Unterlagen in sicherheitstechnischer Hinsicht, der Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhangs I der Druckgeräte-Richtlinie sowie zu deren Ergänzung auf Einhaltung des zugrunde gelegten Standes

Ersatz für Ausgabe Januar 2001; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

der Technik, insbesondere der AD 2000-Merkblätter der Reihe HP.

2.2 Die Druckprüfung ist Teil der Abnahme. Ziel der Druckprüfung ist eine Aussage darüber, dass die drucktragenden Wandungen unter Prüfdruck gegen das Druckprüfmittel dicht sind und dass keine sicherheitstechnisch bedenklichen Verformungen auftreten.

3 Zeitpunkt der Prüfungen

3.1 Die Prüfungen sind zeitlich so zu veranlassen, dass die zuständige unabhängige Stelle alle drucktragenden Teile ausreichend besichtigen kann. Sofern dies im Endzustand nicht möglich ist, sind Teilprüfungen während des Fertigungsprozesses durchzuführen. In der Regel wird die Schlussprüfung vor der Druckprüfung durchgeführt.

3.2 Die Druckprüfung erfolgt

(1) in der Regel nach dem Plattieren oder einer spanenden Bearbeitung;

(2) vor dem Anbringen von Farbanstrichen, Dämmungen, Emaillierungen, Gummierungen, Ausmauerungen u. ä.;

(3) in der Regel vor dem Anbringen von Auskleidungen, Verbleiungen, Verzinkungen;

(4) nach der letzten Wärmebehandlung.

4 Prüfunterlagen

Zur Durchführung der Prüfungen müssen der zuständigen unabhängigen Stelle folgende technische Unterlagen vorliegen:

(1) allgemeine Beschreibung des Druckbehälters, ggf. mit Beschreibungen und Erläuterungen der Funktionsweise;

(2) Unterlagen über die Entwurfsprüfung in einfacher Ausfertigung. Ist der Zeitraum zwischen dieser Prüfung und dem Beginn der Schlussprüfung größer als ein Jahr, so ist eine Erklärung des Herstellers darüber erforderlich, dass in der Zwischenzeit erfolgte Änderungen oder Ergänzungen des der Entwurfsprüfung zugrunde gelegten AD 2000-Regelwerkes keine Änderungen der Entwurfsprüfungsunterlagen erfordern. Eine solche Erklärung ist nicht erforderlich für Druckbehälter, deren Bauzeit mehr als ein Jahr beträgt;

(3) Zeichnungen und dazugehörige Unterlagen, die dem ausgeführten Druckbehälter im vollen Umfang und den Entwurfsprüfungsunterlagen im wesentlichen entsprechen, in zweifacher Ausfertigung; diese müssen, soweit erforderlich, die Angaben nach AD 2000-Merkblatt HP 511 Abschnitt 5.3.3 enthalten;

(4) Nachweise über die Güteeigenschaften der Werkstoffe einschließlich Bescheinigung über Kleinteile, Berichte über zerstörungsfreie Prüfungen und Arbeitsprüfungen, Bescheinigungen über Wärmebehandlungen usw. Die Unterlagen müssen in zweifacher Ausfertigung vorliegen, sofern sie der Konformitätsbescheinigung nach Abschnitt 7 beizuheften sind;

(5) Liste über die drucktragenden Teile des Druckbehälters, ausgenommen Kleinteile, für eine eindeutige Zuordnung der Bescheinigungen über die Werkstoffprüfung zu den Bauteilen mit z. B. folgenden Angaben: Pos.-Nr., Werkstoffbezeichnung, Wanddicke, Werkstoffhersteller, Art, Nummer und Datum der Bescheinigung. Die Liste ist entbehrlich, wenn zur Prüfung die für die drucktragenden Teile geforderten Bescheinigungen in Kopie vorliegen;

(6) Bestätigung über die vom Hersteller durchgeführte Maßprüfung und Aufzeichnungen über Messergebnisse, soweit solche nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe HP erforderlich sind, in einfacher Ausfertigung;

(7) ggf. Unterlagen oder Nachweise über zusätzliche Prüfungen, die im Rahmen der Entwurfsprüfung festgelegt worden sind;

(8) eine Liste der vollständig oder teilweise angewendeten Prüfgrundlagen/Normen, soweit sie in den Unterlagen für die Entwurfsprüfung nicht enthalten sind;

(9) Berichte über die nach dem Stand der Technik, insbesondere der AD 2000-Merkblätter der Reihe HP, für den Druckbehälter oder dessen Teile notwendigen Verfahrens- und Schweißerprüfungen sowie Qualifikationen des ZfP-Personals.

5 Schlussprüfung

Die zuständige unabhängige Stelle prüft:

(1) die Erklärung des Herstellers nach Abschnitt 4 (2) stichprobenweise auf Richtigkeit;

(2) die Kennzeichnung des Druckbehälters, z. B. nach AD 2000-Merkblatt A 401 „Ausrüstung der Druckbehälter – Kennzeichnung“;

(3) die Werkstoffsorten, Werkstoffkennzeichnung und Wanddicken durch Vergleich mit den Bescheinigungen über die Werkstoffprüfung, dazu nach eigenem Ermessen die Wanddicken durch eigene Messung. Sind für Wanddicken keine besonderen Toleranzen genannt, gelten die bei der Berechnung zugrunde gelegten als zulässig.

Liegt im Einzelfall eine Bescheinigung noch nicht vor, kann sich die zuständige unabhängige Stelle auf andere Weise, z. B. anhand der Kennzeichnung und der Bestellunterlagen oder durch zusätzliche Prüfungen, davon überzeugen, dass das Bauteil die Anforderungen erfüllt. Ggf. fehlende Unterlagen müssen spätestens beim Ausstellen der Konformitätsbescheinigung vorliegen;

(4) die Kennzeichnung der Schweißnähte bzw. anderer Fügeverbindungen;

(5) die Beschaffenheit des Behälters, insbesondere die Schweißverbindungen oder andere Fügeverbindungen, durch Besichtigen;

(6) die Bescheinigungen über Wärmebehandlungen, Arbeitsprüfungen, ggf. Werkstoffprüfungen nach Umformen oder Wärmebehandlung;

(7) die Qualifikationen der Schweißer;

(8) die Zulassungen der Fügeverfahren (Verfahrensprüfungen);

(9) die Qualifikationen des ZfP-Personals;

(10) bei Teilprüfungen die Zugehörigkeit der Bescheinigungen zu den entsprechenden Bauteilen;

(11) die zweckentsprechende Funktion von sicherheitstechnisch wichtigen Bauteilen (z. B. Schnellverschlüsse, Bügelverschlüsse), soweit dies im Rahmen der Schlussprüfung möglich ist;

(12) anhand der Unterlagen die ordnungsmäßige Durchführung der nach dem Stand der Technik, insbesondere der AD 2000-Merkblätter der Reihe HP, erforderlichen Arbeitsprüfungen;

(13) anhand der Prüfberichte die ordnungsmäßige Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen, insbesondere nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe HP;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(14) die Ergebnisse der werkseitig durchgeführten Maßprüfungen auf Übereinstimmung mit den entwurfsgeprüften Zeichnungen und misst stichprobenweise nach.

6 Druckprüfung

Hinsichtlich der Durchführung der Druckprüfung wird auf den für den zu prüfenden Behälter zutreffenden Stand der Technik, insbesondere auf AD 2000-Merkblatt HP 30 verwiesen.

7 Prüfung von Sicherheitseinrichtungen

Die zuständige unabhängige Stelle prüft Sicherheitseinrichtungen, soweit vorhanden. Handelt es sich hierbei um eine Baugruppe, wird auf AD 2000-Merkblatt HP 513[1]) verwiesen.

8 Kennzeichnung

8.1 Nach erfolgreich durchgeführter Schluss- und Druckprüfung bringt die zuständige unabhängige Stelle ihre Kenn-Nr. auf dem Fabrikschild oder in der Nähe der Kennzeichnung an oder lässt diese anbringen. Zusätzlich ist das Fabrikschild zweckmäßigerweise an der Befestigung (z. B. Niet) mit dem Prüfstempel der zuständigen unabhängigen Stelle zu versehen. Ist ein Fabrikschild nicht vorhanden, ist der Prüfstempel in der Nähe der Kennzeichnung anzubringen. Ist in der Nähe des Fabrikschildes oder an anderer geeigneter, auch in der Zeichnung dargestellter Stelle, die Herstell-Nr. angebracht worden, ist auch dort der Prüfstempel der zuständigen unabhängigen Stelle anzubringen, um bei Verlust des Fabrikschildes eine Identifizierung des Druckbehälters zu ermöglichen.

8.2 Größere lösbare Einzelteile (z. B. Rohrbündel) des Druckbehälters sind mit seiner Herstell-Nr. und dem Prüfstempel der zuständigen unabhängigen Stelle zu versehen.

8.3 Können Prüfungen noch nicht abgeschlossen werden, darf von der zuständigen unabhängigen Stelle nur ein Kennzeichnungsstempel derart verwendet werden, dass eine Verwechslung mit der Stempelung nach Abschnitt 8.1 ausgeschlossen ist.

9 Konformitätsbescheinigung

Die zuständige unabhängige Stelle stellt eine Konformitätsbescheinigung nach Abschluss von Schluss- und Druckprüfung über die durchgeführten Prüfungen aus. Für die Prüfung vor Inbetriebnahme oder die wiederkehrenden Prüfungen wesentliche Informationen werden in die Betriebsanleitung gemäß Anhang I Abschnitt 3.4 der Druckgeräte-Richtlinie aufgenommen; dies gilt insbesondere für die der Bemessung zugrunde gelegte Temperatur, wenn diese von der zulässigen minimalen/maximalen Temperatur abweicht. Die Konformitätsbescheinigung kann auch mehrere gleiche Behälter umfassen.

Die Konformitätsbescheinigung mit den Anlagen gemäß Abschnitt 10 ist zweifach an den Hersteller zur Weiterleitung an den Betreiber zu geben.

10 Anlagen zur Konformitätsbescheinigung

10.1 Die Unterlagen gemäß Abschnitt 4 (2) bis (8), eine Liste der Zulassungen und Qualifikationen gemäß Abschnitt 4 (9) und eine Bescheinigung über die Schluss- und Druckprüfung mit Angabe des Prüfdruckes und der Prüfbedingungen (gemäß Anhang 1) sind der Konformitätsbescheinigung (gemäß Anhang 2) als Anlage beizufügen.

Es gelten folgende Ausnahmen:

Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen nach DIN EN 10204 – 2.1, – 2.2, – 2.3 und DIN EN 10204 – 3.1.B brauchen bei Druckbehältern mit einem Druckinhaltsprodukt

$PS \cdot V \leq 10\,000$ bar · L

nicht beigefügt zu werden, wenn in der Bescheinigung nach Abschnitt 9 bestätigt ist, dass die in der dazugehörigen Zeichnung angegebenen Bescheinigungen über Werkstoffprüfung bei der Prüfung des Druckbehälters vorgelegen haben.

Unabhängig vom Druckinhaltsprodukt brauchen Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen der Bescheinigung nach Abschnitt 9 nicht beigefügt zu werden, wenn

- eine von der zuständigen unabhängigen Stelle abgezeichnete Liste dieser Bescheinigung angefügt wird, die für die drucktragenden Teile, ausgenommen Kleinteile, folgende Angaben enthält: Pos.-Nr., Werkstoffbezeichnung, Wanddicke, Werkstoffhersteller, Art, Nr. und Datum der Bescheinigung über Werkstoffprüfung und
- der Hersteller in dieser Liste bestätigt, dass er die angeführten Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen mindestens 10 Jahre aufbewahrt und auf Verlangen in Kopie abgibt.

Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen nach DIN EN 10204 über Kleinteile brauchen der Bescheinigung nicht beigefügt zu werden, wenn bei der Prüfung des Druckbehälters eine Bescheinigung des Herstellers (Kleinteilebescheinigung) vorgelegen hat, in der dieser bestätigt, dass das für die Kleinteile verwendete Material den für den jeweiligen Werkstoff hinsichtlich der Werkstoffprüfung zu stellenden Anforderungen entspricht.

Diese Regelung gilt auch für Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen nach DIN EN 10204 – 3.1. bei Druckbehältern nach DIN-Normen mit einem Inhalt ≤ 6000 Liter.

10.2 Alle Unterlagen zur Bescheinigung nach Abschnitt 9 werden als zu dieser gehörig gekennzeichnet. Außerdem wird in der Bescheinigung die Anzahl der Anlagen angegeben.

[1]) Zurzeit in Vorbereitung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt HP 512

Name und Anschrift der
zuständigen unabhängigen Stelle:

Muster für eine Bescheinigung über die Schluss- und Druckprüfung eines Druckbehälters nach Richtlinie 97/23/EG Anhang I 3.2.1 und 3.2.2 in Verbindung mit Anhang III Modul ...

Kennzeichnung: auf dem Fabrikschild

Name und Anschrift des Herstellers:

Herstellerzeichen:

Herstell-Nr.: Herstelljahr:

			Rohr – Raum	Behälter – Raum	– Raum
Max. zul. Druck	*PS*	bar			
min/max zul. Temperatur	*TS*	°C			
Volumen	*V*	L			

Verwendungszweck:

Angewandte technische Regeln: Richtlinie 97/23/EG Anhang I und AD 2000-Merkblätter

Zertifikat-Nr. des Baumusters: vom:
(falls zutreffend)

Schlussprüfung am: Zeichnung Nr.:

Die Ausführung des Behälters entspricht der (den) beigefügten Zeichnung(en) und dem Baumuster (falls zutreffend)

Druckprüfung am:

		Rohr – Raum	Behälter – Raum	– Raum
Prüfdruck	bar			
Prüfmedium				

Prüfstempel:
(hier Stempelbild einfügen)
auf Fabrikschild – Niet – Verbindungsnaht – Behälterwand – Flanschen – vorgeschraubten Teilen

Ergebnis der Schluss- und Druckprüfung: Der Druckbehälter befindet sich in ordnungsgemäßem Zustand.

Bemerkungen:

Ort

Kurzzeichen **Für die Prüfstelle**

Anlagen Zeichnung(en) (Name)

Werkstoffnachweise gem. Anlagenverzeichnis

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt HP 512

Muster für eine Konformitätsbescheinigung

KONFORMITÄTSBESCHEINIGUNG

über eine Prüfung nach Richtlinie 97/23/EG

Bescheinigungs-Nr.: _____

Name und Anschrift des Herstellers: _____

_____

_____

Hiermit wird bescheinigt, dass die Ergebnisse der an dem unten genannten Druckgerät vorgenommenen Prüfungen die Anforderungen der Richtlinie 97/23/EG erfüllen. Das Druckgerät ist mit dem abgebildeten Zeichen gekennzeichnet:

CE [1)] _____

Geprüft nach Richtlinie 97/23/EG: _____

Modul: _____

Prüfbericht-Nr.: _____

Beschreibung des Druckgerätes: _____

Herstell-Nr.: _____

Kategorie: _____

Fertigungsstätte: _____

Anlagen: gemäß AD 2000-Merkblatt HP 512 Abschnitt 10

Ort	Datum
Zuständige unabhängige Stelle	Kenn-Nr.[1)]

[1)] Entfällt bei Prüfungen durch Betreiberprüfstellen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Januar 2003**

Herstellung und Prüfung von Rohrleitungen	Bauvorschriften **Entwurfsprüfung, Schlussprüfung und Druckprüfung von Rohrleitungen**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 512 R**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Rohrleitungen zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin
Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main
Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf
VGB PowerTech e.V., Essen
Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

I n h a l t

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Umfang der Prüfungen
4 Durchführung der Prüfungen
5 Prüfung von Sicherheitseinrichtungen
6 Bescheinigungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B 1 + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Entwurfsprüfung, Schlussprüfung und Druckprüfung von Rohrleitungen nach Druckgeräte-Richtlinie (97/23/EG) durch die zuständige unabhängige Stelle.

2 Allgemeines

Ziel der Prüfungen ist es, eine Aussage darüber zu treffen, ob

(1) die Rohrleitung den grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhangs I der Druckgeräte-Richtlinie in Verbindung mit den AD 2000-Merkblättern HP 100 R, HP 110 R und HP 120 R entspricht,

(2) die drucktragenden Wandungen unter dem Prüfdruck gegen das Druckprüfmittel dicht sind und keine sicherheitstechnisch bedenklichen Verformungen auftreten.

3 Umfang der Prüfungen

3.1 Die Prüfungen bestehen aus

(1) Prüfung der für die Herstellung der Rohrleitung erforderlichen technischen Unterlagen in sicherheitstechnischer Hinsicht,

(2) Prüfung der hergestellten bzw. verlegten Rohrleitung auf Übereinstimmung mit den technischen Unterlagen in sicherheitstechnischer Hinsicht,

(3) Druckprüfung der verlegten Rohrleitung.

Ersatz für Ausgabe Mai 2002; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Prüfungen erstrecken sich auf die drucktragenden Wandungen der Rohrleitung und der Ausrüstungsteile bis zu den rohrleitungsseitigen Flanschen oder Verschraubungen bzw. bei unlösbaren Verbindungen bis zu den ersten Fügeverbindungen, die den Übergang zu anderen Anlageteilen bilden.

In besonderen Fällen, z. B. besondere Verlegearten, Vorhandensein von Bauteilen in der Rohrleitung, deren Funktion durch eine Druckprüfung beeinträchtigt würde, kann nach Abstimmung mit der zuständigen unabhängigen Stelle die Druckprüfung durch andere geeignete Prüfungen, z. B. zerstörungsfreie Prüfungen in Verbindung mit Dichtheitsprüfungen, ersetzt werden. Die Prüfergebnisse sind so zu protokollieren, dass sie als Basis für die wiederkehrende Prüfung dienen können.

Die Prüfungen umfassen auch

- die Einflüsse durch angeschlossene Teile, soweit dadurch die Sicherheit der Rohrleitung beeinträchtigt werden kann. Nicht eingeschlossen ist die Prüfung der angeschlossenen Teile selbst, z. B. Behälter und Maschinen,
- die Auflagerungen, z. B. Hänger, Schlitten, nicht aber die Stützkonstruktion wie Rohrbrücken und Fundamente.

3.2 Soweit Teile einer Rohrleitung einer Prüfung im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes bereits unterzogen worden sind und hierüber ein entsprechender Nachweis durch eine zuständige unabhängige Stelle vorliegt, entfällt hierfür eine nochmalige Prüfung.

3.3 Ist vorgesehen, bei den wiederkehrenden Prüfungen die ON-STREAM-Inspection zur Anwendung zu bringen, sind Null-Messungen an ausgewählten Stellen in Abstimmung mit dem Betreiber durchzuführen, soweit sie als Vergleichsmessung für eine Beurteilung bei der wiederkehrenden Prüfung notwendig sind.

4 Durchführung der Prüfungen

4.1 Entwurfsprüfung

Die technischen Unterlagen, im Regelfall RI-Fließbilder mit dem notwendigen Detaillierungsgrad z. B. nach DIN EN ISO 10628 und, soweit dies zur Beurteilung der Konstruktion erforderlich ist, zeichnerische Darstellung, z. B. Isometrien, Rohrleitungspläne oder bei einfacher Rohrleitungsführung beschreibende Darstellungen, die, soweit erforderlich, durch zeichnerische Detailangaben ergänzt werden, müssen alle für die Prüfung der drucktragenden Rohrleitungsteile notwendigen Angaben enthalten.

4.1.1 Angaben, die in jedem Fall erforderlich sind:

(1) Antrag des Herstellers auf Entwurfsprüfung oder Einzelprüfung an die zuständige unabhängige Stelle einschließlich einer schriftlichen Erklärung, dass der gleiche Antrag bei keiner anderen zuständigen unabhängigen Stellen eingereicht worden ist,

(2) Abmessungen, soweit sie zur Beurteilung erforderlich sind, wie z. B. Innen- bzw. Außendurchmesser, Wanddicken,

(3) Wanddickenzuschlag,

(4) max. zulässiger Druck *PS* (bar),

(5) zulässige minimale/maximale Temperatur *TS* (°C),

(6) Werkstoffbeschreibung für drucktragende Teile, Kurzbezeichnung oder Werkstoffnummer, oder, wenn beide nicht vorhanden sind, Markenbezeichnung mit Angabe der Norm/Prüfgrundlage und Art des Nachweises über Werkstoffprüfungen,

(7) Werkstoffbeschreibung für nicht drucktragende angeschweißte oder durch andere Fügeverfahren unmittelbar mit der Rohrleitung verbundene Teile,

(8) Die Ergebnisse der Berechnungen bei alternativen Methoden nach Anhang I Abschnitt 2.2.2 und 2.2.4 der Druckgeräte-Richtlinie sind mit den verwendeten Unterlagen einzureichen,

(9) Art der lösbaren Verbindungen,

(10) Art der Fügeverfahren und der Zusatzwerkstoffe,

(11) für drucktragende Fügeverbindungen und für Fügeverbindungen an drucktragenden Teilen
- die für die schweißgerechte Gestaltung erforderlichen Angaben,
- Gestaltung der Übergänge bei ungleichen Wanddicken,

(12) Art und Umfang der zerstörungsfreien bzw. zerstörenden Prüfung,

(13) Gruppe der Fluide und Aggregatzustand,

(14) für die Verlegung z. B.
- minimale Schenkellängen,
- maximale Stützweiten,
- Auflagerungspunkte, z. B. Fixpunkte,

(15) Art der Kennzeichnung, siehe z. B. hierzu für metallische Rohrleitungen AD 2000-Merkblatt HP 100 R Abschnitt 11,

(16) Art der Druckprüfung, Höhe des Prüfdruckes, bzw. bei Ersatz der Druckprüfung die anderen anzuwendenden Prüfungen,

(17) Liste der vollständig oder teilweise angewendeten Prüfgrundlagen (Normen), soweit für die Entwurfsprüfung erforderlich.

4.1.2 Angaben, die in bestimmten Fällen erforderlich sind:

(1) bei Fluiden im flüssigen Zustand die Dichte,

(2) Gewichtsbelastungen, soweit sie für die sicherheitstechnische Beurteilung erforderlich sind, z. B. durch Wärmedämmung, Armaturen, Füllung,

(3) weitere Einwirkungen, soweit sie die Sicherheit der Rohrleitung beeinträchtigen können, z. B. Druckstöße, schwellende Beanspruchung, Beanspruchung durch äußere Belastungen, wie durch Wind, Bergsenkungen,

(4) Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannungen bei längsnaht- oder spiralnahtgeschweißten Rohren aus Werkstoffen nach AD 2000-Merkblatt HP 100 R Abschnitt 5.2.1.5,

(5) Auskleidung und Einbauten, wenn sie für die sicherheitstechnische Beurteilung von Bedeutung sind,

(6) ggf. Konstruktionszeichnungen zu Rohrleitungsteilen, die im Rahmen der Errichtung der Rohrleitung als Einzelanfertigung hergestellt werden,

(7) Bestätigung[1]), dass ein gefährlicher Angriff des Werkstoffes durch das Beschickungsmittel/Fluid im Sinne von Anhang I, Nr. 4.1 b) der Druckgeräte-Richtlinie nicht zu besorgen ist. Diese Angaben können auch zusammen mit dem Antrag zur Prüfung vor Inbetriebnahme vom Betreiber zur Verfügung gestellt werden, wenn die getroffenen Maßnahmen zur Verhütung eines gefährlichen Angriffs keinen Einfluss auf die Konstruktion der Rohrleitung haben. Die Vorgehensweise ist bei der Auftragsvergabe vom Besteller/Betreiber mit dem Hersteller zu vereinbaren. In diesen Fällen ist ein Hinweis in die Betriebsanleitung nach Anhang I Abschnitt 3.4 der Druckgeräte-Richtlinie aufzunehmen.

[1]) Bestätigungen können nach TRB 002 Abschnitt 5.3.1 erfolgen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.1.3 Die Unterlagen werden unter Berücksichtigung der beabsichtigten Verwendung und anderer nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Betriebsbedingungen unter folgenden Gesichtspunkten geprüft:

(1) Verwendung geeigneter Werkstoffe gemäß Anhang I Abschnitt 4 der Druckgeräte-Richtlinie für die drucktragenden Teile und nicht drucktragenden Anschweißteile, einschließlich der vorgesehenen Nachweise über Werkstoffprüfungen,

(2) Einhaltung der Gestaltungsregeln, z. B. für Fügeverbindungen,

(3) Angaben zu Art und Umfang der vorgesehenen zerstörungsfreien oder zerstörenden Prüfung,

(4) Bemessung der Rohrleitung – die Bemessungsgrundlagen, z. B. für metallische Werkstoffe AD 2000-Merkblatt HP 100 R Abschnitt 6, ggf. alternative Berechnungsmethoden, Versuchsauswertungen (experimentelle Verfahren nach Anhang I Abschnitt 2.2.2 und 2.2.4 der Druckgeräte-Richtlinie); einschlägige Betriebserfahrungen sind für die Prüfung zugänglich zu machen.

4.2 Schlussprüfung

4.2.1 Grundlage für die Prüfung sind die nach Abschnitt 4.1 geprüften technischen Unterlagen sowie

(1) Nachweise über die Güteeigenschaften der Werkstoffe, z. B. bei metallischen Werkstoffen nach AD 2000-Merkblatt HP 100 R,

(2) Berichte über die für die Rohrleitungen erforderlichen und durchgeführten Verfahrens-, Löter- und Schweißerprüfungen,

(3) ggf. Bescheinigungen über Wärmebehandlungen,

(4) ggf. Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen nach Umformen und Wärmebehandlungen,

(5) ggf. Berichte über zerstörungsfreie bzw. zerstörende Prüfungen,

(6) ggf. Bescheinigung über Prüfungen nach Abschnitt 3.2.

4.2.2 Die zuständige unabhängige Stelle prüft

(1) die Identifikation der Leitung und die Kennzeichnung z. B. bei metallischen Rohrleitungen nach AD 2000-Merkblatt HP 100 R Abschnitt 11,

(2) die Abmessungen und die Verlegung der Rohrleitung stichprobenweise,

(3) anhand von Werkstoffnachweisen oder Stempelungen, dass ordnungsmäßige Werkstoffe eingesetzt werden,

(4) das Verfahren zur Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit der Werkstoffe,

(5) die Beschaffenheit der Rohrleitung, insbesondere die Fügeverbindungen durch Besichtigung,

(6) die Qualifikationen der Schweißer, Löter,

(7) die Zulassungen für die Fügeverfahren (Verfahrensprüfungen),

(8) die Qualifikationen des ZfP-Personals,

(9) anhand der Prüfberichte die ordnungsgemäße Durchführung der zerstörungsfreien bzw. zerstörenden Prüfungen; bei Röntgen- bzw. US-Prüfungen überzeugt sich die zuständige unabhängige Stelle stichprobenweise von der Richtigkeit der Prüfergebnisse; auf das AD 2000-Merkblatt HP 5/3 wird hingewiesen,

(10) ggf. die Bescheinigung über Wärmebehandlung,

(11) ggf. die Bescheinigung über Werkstoffprüfungen nach Umformen oder Wärmebehandlungen,

(12) bei Teilprüfungen die Zugehörigkeit der Bescheinigung zu den entsprechenden Rohrleitungen,

(13) bei erdgedeckten Leitungen zusätzlich stichprobenweise die sachgemäße Durchführung der Bau- und Verlegearbeiten, ggf. Korrosionsschutzmaßnahmen; auf TRB 601 wird hingewiesen.

4.3 Druckprüfung

Die Druckprüfung wird in sinngemäßer Anwendung von AD 2000-Merkblatt HP 30 in der Regel mit Wasser oder anderen geeigneten Flüssigkeiten als Prüfmedium durchgeführt.

Ist eine Druckprüfung mit Flüssigkeit nicht zweckdienlich, so kann statt dessen eine Druckprüfung mit Gas, in der Regel Luft oder Stickstoff, als Prüfmedium und dem 1,1-fachen des maximal zulässigen Druckes durchgeführt werden. Solche Rohrleitungen sind vor der erstmaligen Druckprüfung einer äußeren Prüfung und einer zerstörungsfreien Prüfung nach Tafel 1 zu unterziehen. Für Nahtkonfigurationen und Abmessungen, bei denen eine Volumenprüfung (Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3) keine eindeutige Beurteilung zulässt, ist eine Oberflächenrissprüfung durchzuführen.

Tafel 1. Prüfumfang von Rohrleitungen

Nahtart	Prüfumfang
Rundnähte	mindestens 10 %[1]) zerstörungsfreie Volumenprüfung unter Erfassung von Stoßstellen mit Längsnähten
Stutzennähte DN ≥ 100 mm	
Längsnähte, soweit nicht bereits beim Rohrhersteller zerstörungsfrei- bzw. druckgeprüft	100 % zerstörungsfreie Volumenprüfung

[1]) Bis DN ≤ 600 mm sind 10 % der Schweißnähte zu 100 %, ab DN > 600 mm sind als Stichprobe 10 % der Nahtlänge zu prüfen.

Bei der Druckprüfung mit Flüssigkeiten als Prüfmedium und Prüfdrücken > 100 bar und bei Druckprüfungen mit Gas als Prüfmedium sind ggf. besondere Vorsichtsmaßnahmen zu treffen, vgl. AD 2000-Merkblatt HP 30.

Bei erdgedeckten Rohrleitungen soll die Druckprüfung vor der Erddeckung durchgeführt werden. Ist dies aus bestimmten Gründen nicht möglich, kann die Druckprüfung nach Abstimmung mit der zuständigen unabhängigen Stelle auch nach anderen dafür geeigneten Verfahren, z. B. VdTÜV-Merkblatt 1051, Wasserdruckprüfung von erdverlegten Rohrleitungen nach dem D-T-Messverfahren, durchgeführt werden.

5 Prüfung von Sicherheitseinrichtungen

Die zuständige unabhängige Stelle prüft die Sicherheitseinrichtungen, soweit vorhanden.

Handelt es sich um eine Baugruppe, wird auf AD 2000-Merkblatt HP 513 R[2]) verwiesen.

6 Bescheinigungen

6.1 Bescheinigung über die Entwurfsprüfung

(1) Die Entwurfsprüfung wird durch einen Entwurfsprüfungsvermerk oder eine Bescheinigung bestätigt.

[2]) Zur Zeit in Vorbereitung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(2) Wesentliche Informationen für die Schlussprüfung sind aufzuführen, insbesondere, wenn einzelne Prüfungen nach Abschnitt 4 nicht in vollem Umfang zum Zeitpunkt der Entwurfsprüfung durchgeführt werden können.

(3) Wesentliche Informationen für die Prüfung vor Inbetriebnahme sind in die Betriebsanleitung nach Anhang I Abschnitt 3.4 der Druckgeräte-Richtlinie aufzunehmen.

6.2 EG-Entwurfsprüfbescheinigung

Die zuständige unabhängige Stelle stellt nach Abschluss der EG-Entwurfsprüfung eine EG-Entwurfsprüfbescheinigung aus, die die Ergebnisse der Prüfung, die Bedingungen für ihre Gültigkeit und die zur Identifikation des zugelassenen Entwurfs erforderlichen Angaben enthält.

6.3 Bescheinigung der Schluss- und Druckprüfung

Die Schluss- und Druckprüfung ist mit Angabe des Prüfdruckes und den Prüfbedingungen zu bescheinigen.

6.4 Konformitätsbescheinigung

Die zuständige unabhängige Stelle stellt nach Abschluss der Schluss- und Druckprüfung eine Konformitätsbescheinigung über die durchgeführten Prüfungen aus.

Die in die Prüfung einbezogenen Unterlagen nach Abschnitt 4.2.1, ausgenommen Ziffern (1) und (2), und die Bescheinigung nach Abschnitt 6.3 sind als zugehörig zu kennzeichnen und der Konformitätsbescheinigung beizufügen. Bezüglich Abschnitt 4.2.1 Ziffer (1) ist eine Bescheinigung des Herstellers beizufügen, aus der hervorgeht, dass nur Werkstoffe mit geprüften Eigenschaften verwendet wurden.

Die Prüfung der technischen Unterlagen gilt solange, bis eine Änderung oder Ergänzung des zugrunde gelegten Regelwerkes eine Änderung der technischen Unterlagen erfordert, mindestens jedoch 1 Jahr. Ggf. sind aus der Prüfung sich ergebende wesentliche Konsequenzen für die Prüfung vor Inbetriebnahme in einer zusätzlichen Bescheinigung dem Betreiber mitzuteilen.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckbehälter mit Gaspolster in Druckflüssigkeitsanlagen**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 801 Nr. 4**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Begriffe

3 Anforderungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer Technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 4 enthält zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter mit Gaspolster in Druckflüssigkeitsanlagen und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

Druckbehälter mit Gaspolster in Druckflüssigkeitsanlagen (Druckausgleichsbehälter) sind die in hydraulischen Anlagen verwendeten hydropneumatisch arbeitenden Speicherbehälter, die mit einer bestimmten Flüssigkeitsmenge und mit Gas, z. B. Luft, Stickstoff, bis zu einem bestimmten Überdruck gefüllt sind.

3 Anforderungen

3.1 Jeder absperrbare Druckbehälter und jede gemeinsam absperrbare Druckbehältergruppe mit Gaspolster in einer Druckflüssigkeitsanlage müssen mit einer von Hand zu betätigenden Druckwarneinrichtung ausgerüstet sein.

3.2 Bei Druckbehältern mit Gaspolster in Druckflüssigkeitsanlagen genügt anstelle eines Druckmessgerätes ein Anschluss hierfür. In diesem Fall muss die Verschlusskappe des Einfüllstutzens so eingerichtet sein, dass bei ihrem Lösen ein vorhandener Überdruck zwangsläufig entweicht, ehe die Kappe völlig gelöst ist.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckbehälter auf Montage- und Baustellen**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 8**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Begriffe

3 Anforderungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer Technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 8 enthält zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter für Montage- und Baustellen und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

Druckbehälter auf Montage- und Baustellen sind Druckbehälter mit wechselndem Aufstellungsort für Druckluft und Druckwasser sowie für Mörtel, Gips und Putz.

3 Anforderungen

3.1 Diese Behälter müssen zusätzlich zur Kennzeichnung nach AD 2000-Merkblatt A 401 mit einem Schild ausgerüstet sein, auf dem Enddruck und Volumenstrom des Druckerzeugers, an den sie angeschlossen werden dürfen, angegeben sind.

3.2 In die Betriebsanleitung ist zusätzlich aufzunehmen, dass an die Druckbehälter nur solche Druckerzeuger angeschlossen werden, deren Enddruck und Volumenstrom die auf dem o. g. Schild angegenen Daten nicht überschreiten.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckspritzbehälter**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 10**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Begriffe

3 Anforderungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer Technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 10 enthält zusätzliche Anforderungen für Druckspritzbehälter und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

Druckspritzbehälter sind Behälter für Reinigungs-, Desinfektions-, Imprägnier- oder Pflanzenschutzmittel.

3 Anforderungen

Die Betriebsanleitung für solche Behälter muss zusätzlich Hinweise enthalten über tägliches Durchspülen der Behälter mit Wasser nach dem Gebrauch, gründliche Reinigung der Behälter und über abnehmbare Teile vor längerem Nichtgebrauch sowie Ausschluss der Verwendung von Reinigungsmitteln, die den Behälterwerkstoff angreifen können. Das tägliche Durchspülen mit Wasser darf entfallen, wenn bekannt ist, das die Imprägnier- oder Pflanzenschutzmittel nicht zu Korrosionen oder Verstopfungen führen können.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Offene dampfmantelbeheizte Kochgefäße für Konserven, Zucker- und Fleischwaren**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 801 Nr. 11**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Anforderungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer Technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 11 enthält zusätzliche Anforderungen für offene dampfmantelbeheizte Kochgefäße und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Anforderungen

2.1 An Dampfmänteln offener Kochgefäße für Konserven, bei denen aus betrieblichen Gründen mit Beschädigungen der Gefäßwände zu rechnen ist und die einen max. zulässigen Druck von mehr als 1 bar besitzen, müssen unabhängig vom Inhalt des Druckraumes die Druckprüfung und die Schlussprüfung von der zuständigen unabhängigen Stelle durchgeführt werden.

2.2 Soweit die Dampfmäntel mit von Hand zu betätigenden Einrichtungen zur Ableitung des Kondensats ausgerüstet sind, ist in der Betriebsanleitung darauf hinzuweisen, dass diese Einrichtungen jeweils vor Inbetriebnahme auf ihre Wirksamkeit hin überprüft werden müssen.

2.3 Die Gefahr einer Beschädigung der Gefäßwände ist bei dem Werkstoff Kupfer oder ähnlich weichen Werkstoffen und beim Entfernen von anhaftendem Kochgut oder beim Einbringen von Dosen oder Käfigen in das Kochgefäß im Rahmen der Gefahrenanalyse und ggf. in der Betriebsanleitung zu berücksichtigen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Lagerbehälter für Getränke**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 13**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Begriffe

3 Anforderungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer Technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 13 enthält zusätzliche Anforderungen für Lagerbehälter für Getränke und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

Ein Lagern von Getränken liegt auch dann vor, wenn die Getränke zum Gären oder Reifen im Lagerbehälter verbleiben. Drucktanks für die Abfüllung von Getränken in Flaschen, Fässer oder andere Transportbehälter sind keine Lagerbehälter für Getränke. Lagerbehälter für Getränke können mit Rohrleitungen und Ausrüstungsteilen zu einer Baugruppe zusammengefasst sein.

3 Anforderungen

Lagerbehälter für Getränke, die unter Druck befüllt, entleert und sterilisiert werden, benötigen am Behälter selbst oder an der Druckzuleitung Einrichtungen zum Erkennen und Begrenzen des Druckes. Solche Einrichtungen werden während des Lagerns nicht benötigt, wenn der Druck mittels eines Spundapparates oder mittels eines Gäraufsatzes ständig überwacht und begrenzt wird.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2004**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckbehälter in Kälteanlagen und Wärmepumpenanlagen**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 801 Nr. 14**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffe
3 Anforderungen
4 Zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter in Ammoniak-Kälteanlagen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 14 enthält zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter in Kälteanlagen sowie Wärmepumpenanlagen und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

Ausgenommen sind Druckbehälter, die ausschließlich aus Teilen mit weniger als 10 cm^2 lichtem Querschnitt bestehen. Für Druckbehälter in Kälteanlagen gelten die AD 2000-Merkblätter HP 801 Nr. 26, 27, 34 und 37 nicht.

2 Begriffe

Kälteanlagen im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes sind Kälteanlagen und Wärmepumpen, die nach dem Kompressionsprinzip oder nach dem Absorptionsprinzip arbeiten. Sie umfassen eine Kombination von Anlagenteilen, die einen geschlossenen Kältemittelkreislauf bilden, in dem flüssiges Kältemittel durch Verdampfen Wärme aufnimmt und gasförmiges Kühlmittel, nachdem es mit mechanischer oder thermischer Verdichtung auf höheren Druck gebracht wurde, durch Verflüssigung Wärme abgibt.

3 Anforderungen an Druckbehälter in Kälteanlagen und Wärmepumpenanlagen

3.1 Druckbehälter in Kälteanlagen sind entsprechend dem Stand der Technik auszulegen. Dies gilt insbesondere als erfüllt, wenn die DIN EN 378 eingehalten wird.

Ersatz für Ausgabe Juli 2003; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2 Bezug nehmend auf AD 2000-Merkblatt A 5 Abschnitt 2.1.3 sind Mannlöcher und Besichtigungsöffnungen nicht erforderlich.

3.3 Gedämmte Anlagenteile sind besonders im Taupunktbereich und bei wechselnden Innentemperaturen durch Tauwasser bzw. Eisbildung stark korrosionsgefährdet. Alle Anlagenteile müssen vor der Dämmung mit einem dauerhaft dichten und elastischen Korrosionsschutz entsprechend DIN EN ISO 12944 versehen werden. Die Dämmung muss hinreichend dicht und gegen Durchfeuchtung (Dampfbremse) geschützt sein. Die Dämmung und Dampfbremse sollen durch Halterungen nicht durchbrochen oder beschädigt werden. Die Dämmung ist nach DIN 4140 auszuführen.

3.4 Für die Auslegung der Sicherheitsventile und Überströmventile ist DIN EN 13136 zu berücksichtigen. Die Überströmleitungen von Überströmventilen sollten vorzugsweise in die Gasphase einmünden und müssen auf kürzestem Wege in Anlagenteile niedrigeren Druckes (z. B. die Rücklaufleitung zum Abscheider) abblasen und wie folgt ausgeführt sein:

(1) Es sind Absperreinrichtungen vor und hinter dem Überströmventil vorzusehen.

(2) Die Absperreinrichtungen müssen in Offenstellung blockierbar (z. B. Hülse, Kappe, Bügel) und gegen unbefugtes Verstellen sicherbar sein.

(3) Sammelleitungen von Überströmventilen mit Ammoniak sind zu kennzeichnen.

3.5 Sicherheitsventile und Überströmventile dürfen nicht mit Anlüfthebel versehen sein.

3.6 Der Einstelldruck der Sicherheitsdruckbegrenzer muss mindestens 10 % unter dem Ansprechdruck des Sicherheitsventils gemäß DIN EN 378-2 Tabelle 2 eingestellt sein.

4 Zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter in Ammoniak-Kälteanlagen

4.1 Die Mindestauslegungsdrücke sind gemäß DIN EN 378-2 Tabelle 1 zu ermitteln und betragen:

- für die Niederdruckseite 12 bar
- für die Hochdruckseite 16 bar

4.2 Das Auftreten von Spannungsrisskorrosion in Ammoniak-Kälteanlagen ist nicht zu befürchten, wenn

- zähe Werkstoffe mit einer Streckgrenze ≤ 370 N/mm^2 verwendet werden und
- sauerstoff- bzw. luftfreie Kältemittelkreisläufe vorliegen,
- Kerbschlagzähigkeit bis zu den vorgesehenen tiefsten Anwendungstemperaturen nachgewiesen wird.

Ein Restwassergehalt $\geq$ 0,2 Gew.-% (bezogen auf Ammoniak) kann als zusätzlicher Inhibitor zur Vermeidung von Spannungsrisskorrosion wirken. Kupfer, Zink und Kupferlegierungen sowie die Nickellegierung NiCu30Fe dürfen für ammoniakführende Anlagenteile nicht verwendet werden. Bei tiefen Anwendungstemperaturen ist AD 2000-Merkblatt W 10 zu beachten.

4.3 Zur Vermeidung von Spannungsrisskorrosion sollten nur Werkstoffe mit einer Streckgrenze $\leq$ 370 N/mm^2 und entsprechender Zähigkeit, z. B. bei unlegierten und legierten ferritischen Stählen für die Probenrichtung quer bei Raumtemperatur mindestens

- Bruchdehnung $\geq$ 16 %,
- Kerbschlagarbeit an der Charpy-V-Probe nach DIN EN 10045-1 $\geq$ 27 J (Mittelwert aus 3 Versuchen),

verwendet werden.

Sofern höherfestere Werkstoffe eingesetzt werden, sind entsprechende Maßnahmen bezüglich der Vermeidung der Spannungsrisskorrosion zu treffen.

4.4 Für Armaturengehäuse sind nur Werkstoffe mit gewährleisteter Kerbschlagarbeit wie Gusseisen mit Kugelgraphit EN-GJS-15, EN-GJS-15U oder höherwertig zulässig. Gusseisen mit Lamellengraphit (Grauguss) ist nicht zulässig. Ausnahmsweise darf in begründeten Einzelfällen hiervon für kältetechnische Armaturen bis $\leq$ DN 50 abgewichen werden.

4.5 Standanzeiger sind erforderlich in Sammlern und bei bestimmungsmäßig in Betrieb nicht vollständig überfluteten Verdampfern. Fernanzeigen sind sicherheitstechnisch nicht zwingend erforderlich. Darf aus sicherheitstechnischen Gründen ein bestimmtes Niveau nicht über- oder unterschritten werden, sind Sollwertabweichungen zu alarmieren. Glasrohre als Standanzeiger sind nicht zulässig.

4.6 Die Endstellung der sicherheitstechnisch erforderlichen fernbetätigbaren Absperrarmaturen muss vor Ort eindeutig erkennbar oder kenntlich sein. Dies muss zusätzlich am Betätigungsort angezeigt werden. Sicherheitstechnisch erforderliche Absperrklappen sind nur in doppelexzentrischer Ausführung zulässig.

Wenn die Absperrarmatur zwischen Druckbehälter (z. B. Verflüssiger) und Sammler nicht betriebsmäßig zu betätigen ist, darf die Überdruckabsicherung des Verflüssigers über die Sicherheitseinrichtung des Hochdrucksammlers erfolgen.

Betriebsmäßig nicht zu betätigende Absperrarmaturen müssen in Betriebsstellung gegen unbefugtes Betätigen sicherbar sein.

Spindeln für Absperrarmaturen müssen aus nichtrostendem Stahl ausgeführt sein.

4.7 Füllschläuche sind entsprechend dem Stand der Technik auszulegen. Dies ist insbesondere erfüllt bei Einhaltung der DIN EN 1736. Füllschläuche dürfen maximal eine Nennweite von DN 25 haben und sollten eine Gesamtlänge von 5 m nicht überschreiten. Der Füllschlauch ist gegen Beschädigung, z. B. durch Überrollen von Fahrzeugen, zu sichern.

4.8 Die gesamte Anlage muss einer Dichtheitsprüfung nach DIN EN 378-2 unterzogen werden.

4.9 Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter mit mehr als 300 kg flüssigem Ammoniak, ausgenommen Wärmeaustauscher

4.9.1 An Druckbehältern, die mehr als 300 kg flüssiges Ammoniak betriebsmäßig enthalten können, ausgenommen Wärmeaustauscher, müssen die Stutzen mit einer Nennweite von mindestens DN 25 und einer Wanddicke $s \geq 3{,}2$ mm nach DIN EN 10220 ausgeführt sein.

Für Druckbehälter nach Satz 1 gelten die nachfolgenden Anforderungen:

(1) Die Anzahl der Behälterstutzen soll minimiert werden. Die Festlegung der Anzahl der Stutzen muss dabei unter Berücksichtigung der kältetechnischen Gegebenheiten erfolgen.

(2) Stutzen im Krempenbereich müssen vermieden werden. Sind sie jedoch vorhanden, so hat eine 100-%ige zerstörungsfreie Prüfung im Rahmen der Schlussprüfung zu erfolgen.

(3) Alle Stutzeneinschweißnähte müssen von außen prüffähig ausgeführt werden.

(4) Einseitige Kehlnähte an Stutzen sind nicht zulässig.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.9.2 Standanzeiger mit langen Schauglasplatten nach DIN EN 12178 sind zulässig, wenn sie beidseitig mit Schnellschlussventilen und Kugelselbstschluss ausgerüstet sind. Runde Schaugläser nach DIN 7080 dürfen im Ölkreislauf der Verdichterbaugruppe (z. B. Ölabscheider) eingebaut werden, wenn der Schauglasplattendurchmesser 63 mm nicht überschreitet. Um Spannungen beim Einbau der Gläser auszuschließen, sollten nur metallgefasste Schauglasplatten (z. B. nach DIN 28 121, Ausführung A, oder thermisch vorgespannte Gläser, die in einem Metallring nach DIN 7079 eingegossen sind) eingesetzt werden.

4.9.3 Bei Druckbehältern nach Abschnitt 4.9.1 erster Absatz sind bei Verwendung von Sicherheitsventilen als Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung zwei Sicherheitsventile mit vorgeschaltetem Wechselventil einzusetzen. Soweit technisch möglich, sind die Sicherheitsventile in der Gasphase anzuordnen.

Sicherheitsventile, die in die Atmosphäre abblasen, sind wie folgt auszurüsten:

- Vorschaltung von Berstscheiben mit Zwischenraumüberwachung und Druckalarmeinrichtung (Druckwächter) oder
- Gassensor in der Ausblaseleitung oder
- Verwendung von Sicherheitsventilen mit Elastomerdichtung, mit Drucküberwachung des abgesicherten Anlagenteils mit Alarmierung an die ständig besetzte Stelle bei 2 bar unter dem Ansprechdruck des Sicherheitsventils.

Der Ansprechdruck des den Zwischenraum überwachenden Druckwächters sollte auf einen Druck $< 0{,}5$ bar eingestellt werden. Bei Ansprechen des Wächters muss ein Alarm in der Messwarte bzw. im Messstand ausgelöst werden.

4.9.4 An Schweißnähten der Druckbehälter sind die zerstörungsfreien Prüfungen objektgebunden durchzuführen; die Durchstrahlungs- und US-Prüfung an Längsnähten und Rundnähten gemäß AD 2000-Merkblatt HP 5/3, jedoch an mindestens 10 % der Nähte (bei Schweißnähten, die mit flüssigem Ammoniak beaufschlagt werden, an mindestens 20 % der Nähte), unter Erfassung aller T-Stöße.

Stutzennähte sollen zu 100 % einer Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung unterzogen werden. In Einzelfällen darf diese Prüfung durch eine Oberflächenrissprüfung ersetzt werden.

4.10 Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter in Ammoniak-Kälteanlagen mit einem Gesamtinhalt von mehr als 3 t Kältemittel

4.10.1 Wenn Verflüssiger im bestimmungsgemäßen Betrieb einen Füllstand von flüssigem Ammoniak aufweisen können, gelten die Anforderungen für Druckbehälter gemäß Abschnitt 4.9.1 zweiter Absatz.

4.10.2 Zulaufleitungen für Ammoniakpumpen an NH_3-Abscheidern sollten über nur einen Stutzen angeschlossen werden. Die Festlegung der Anzahl der Stutzen muss dabei unter Berücksichtigung der kältetechnischen Gegebenheiten erfolgen. Pumpenzulaufleitungen aus dem Zentralabscheider sind behälternah mit einer fernbetätigbaren Absperrarmatur auszurüsten. Um Reparaturen an fernbetätigbaren Armaturen durchführen zu können, empfiehlt es sich, eine betriebsmäßig nicht bedienbare Absperrarmatur vorzuschalten. Die fernbetätigbare Absperrarmatur ist auf der Saugseite der Pumpe einzubauen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckbehälter, die Schwellbeanspruchungen ausgesetzt sind**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 15**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffe
3 Anforderungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer Technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 15 enthält zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter, die Schwellbeanspruchungen ausgesetzt sind, und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

Druckbehälter, die Schwellbeanspruchungen ausgesetzt sind, sind solche Druckbehälter, bei denen die während der Betriebszeit auftretenden Beanspruchungen sich so häufig und so stark ändern, dass z. B. in Abhängigkeit vom eingesetzten Werkstoff, dem Füllmedium eine Schädigung durch Materialermüdung zu befürchten ist.

3 Anforderungen

3.1 Druckbehälter, die Schwellbeanspruchungen ausgesetzt sind, sind unter Berücksichtigung der zulässigen Lastwechsel auszulegen und zu fertigen – siehe hierzu insbesondere AD 2000-Merkblätter S 1 und S 2.

3.2 Im Rahmen der Entwurfsprüfung berücksichtigt die zuständige unabhängige Stelle auch die vom Hersteller oder Betreiber festgelegte Lastwechselzahl. Sie legt im Einvernehmen mit dem Hersteller oder Betreiber die bei der Schlussprüfung und bei den wiederkehrenden Prüfungen besonders zu prüfenden Stellen sowie das hierfür vorgesehene Prüfprogramm fest. Die Schlussprüfung wird unter Berücksichtigung dieser Festlegungen durchgeführt.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Zerstörungsfreie Prüfungen während der Fertigung sind grundsätzlich nach einer Ausnutzung der Berechnungsspannung in der Fügeverbindung von 100 % auszurichten.

Bei der zerstörungsfreien Prüfung ist der US-Prüfung in der Regel der Vorrang zu geben. Im Betrieb hoch beanspruchte Stellen, wie z. B. Stutzeneinschweißungen, Lochränder oder Querschnittsübergänge, sind möglichst vollständig auf äußere und innere Fehler zerstörungsfrei zu prüfen.

Das Prüfprogramm, die geprüften Stellen und die Prüfergebnisse sind in den technischen Unterlagen gemäß AD 2000-Merkblatt HP 512 zu dokumentieren.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckbehälter für Feuerlöschgeräte und Löschmittelbehälter**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 801 Nr. 18**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffsbestimmungen
3 Allgemeines
4 Ausrüstung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 18 enthält zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter für Feuerlöschgeräte und Löschmittelbehälter und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Druckbehälter für Feuerlöschgeräte, die nur beim Einsatz unter Druck gesetzt werden, sind die Löschmittelbehälter von Aufladelöschern.

2.2 Aufladelöscher sind Löscher, die aus zwei Behältern bestehen, und zwar aus dem Löschmittelbehälter und dem Druckgasbehälter für das Treibgas. Wird eine Verbindung zwischen beiden Behältern hergestellt (z. B. durch Öffnen eines Ventils oder durch Zerstören einer Absperrscheibe), so tritt das Treibgas aus dem Druckgasbehälter in den Löschmittelbehälter; der Löschmittelbehälter wird „aufgeladen" – siehe DIN 14 406 Teil 1.

2.3 Zu den ortsfesten Kohlensäure- und Halonbehältern für Löschzwecke gehören auch Kohlensäure- und Halonbehälter, die Bestandteile einer ortsbeweglichen Betriebsanlage (Löschanlage) und mit dieser dauerhaft fest verbunden sind.

2.4 Nachfüllen bedeutet, dass 80 % oder mehr des Löschmittels ergänzt werden.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.5 Der maximal zulässige Druck ist bei Druckbehältern für Feuerlöschgeräte und Löschmittelbehältern mit dem zulässigen Betriebsüberdruck nach DIN 14 406 Teil 3 identisch.

3 Allgemeines

Löschmittelbehälter von tragbaren und ortsfesten Aufladelöschern mit einem maximal zulässigen Druck von mehr als 1 bar und einem Druckinhaltsprodukt von nicht mehr als 300 müssen nach DIN 14 406 Teil 3 hergestellt, ausgerüstet, geprüft und gekennzeichnet sein.

4 Ausrüstung

4.1 Bei Löschmittelbehältern darf die Druckmesseinrichtung entfallen. Der Verschluss ist dann so zu gestalten, dass beim Öffnen des Verschlusses ein etwa im Innern des Druckbehälters vorhandener Druck gefahrlos entweichen kann. Es sind z. B. Druckentspannungsöffnungen vorzusehen, die voll wirksam werden, wenn der Verschluss um $^1/_3$ der Einschraublänge gelöst ist.

4.2 Löschmittelbehälter von tragbaren Aufladelöschern brauchen nicht mit einer Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung ausgerüstet zu sein, wenn eine Drucküberschreitung durch die Konstruktion verhindert ist und die dadurch vorgegebene Betriebsweise nicht beeinflusst werden kann.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckbehälter mit Auskleidung oder Ausmauerung**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 19**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Begriffe

3 Anforderungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer Technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 19 enthält zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter mit Auskleidung und Ausmauerung und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

2.1 Auskleidungen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie in den fertiggestellten Druckbehälter nachträglich eingebracht werden.

2.2 Auskleidungen dienen dazu, Druckbehälterwandungen vor Einflüssen der Beschickung zu schützen, z. B. vor unzulässiger Korrosion oder Wärmeeinwirkung. Auskleidungen können auch dazu dienen, die Beschickung vor unerwünschten Einflüssen durch die Behälterwand zu schützen, z. B. vor Verunreinigung.

2.3 Auskleidungen können auf der ganzen Fläche mit der Behälterwand fest verbunden sein, z. B. Verbleiung, Verzinkung, Verzinnung, Emaillierung, Gummierung.

3 Anforderungen

3.1 Sulfit-Zellstoffkocher mit Auskleidung oder Ausmauerung müssen zusätzlich zur Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung mit einer selbstschreibenden Druck-

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

messeinrichtung und einer Alarmeinrichtung, die beim Überschreiten des max. zulässigen Druckes um 0,2 bar wirksam wird, ausgerüstet sein.

3.2 Bei Druckbehältern, bei denen die Ausmauerung oder Auskleidung nur oder auch dem Schutz gegen Temperaturüberschreitung dient, muss die zulässige Wandungstemperatur überwacht werden können, z. B. durch Verwendung von Temperaturumschlagfarben als Anstrich.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe April 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Fahrzeugbehälter für flüssige, körnige oder staubförmige Güter**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 23**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffe
3 Anforderungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer Technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 23 enthält zusätzliche Anforderungen für Fahrzeugbehälter für flüssige, körnige oder staubförmige Güter und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

Fahrzeugbehälter sind die mit den Fahrzeugen fest verbundenen Transportbehälter sowie Aufsetztanks und Tankcontainer. Aufsetztanks sind Tanks, die nur im leeren Zustand auf- und abgesattelt werden dürfen. Tankcontainer können gefüllt auf- und abgenommen werden.

3 Anforderungen

3.1 Bei Verschlusselementen an Domdeckeln, die aus klappbaren Spannschrauben und Flügelmuttern bestehen, muss durch konstruktive Maßnahmen sichergestellt sein, dass die Schraubverbindung nicht vollständig getrennt werden kann, z. B. durch ein als Anschlag ausgebildetes, am Bolzenende befestigtes Sicherungselement. Dieses Sicherungselement muss

- so ausgeführt sein, dass die Prüfung der Gewinde über den gesamten Bereich möglich ist, und
- so bemessen sein, dass es den Öffnungswinkel des mit dem maximalen zulässigen Druck beaufschlagten Domdeckels zu begrenzen vermag, wenn das Gewinde der Schraubverbindung verschleißbedingt versagt.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2 Sind Fahrzeugbehälter, die unter Gasdruck gefüllt oder entleert werden, mit Sicherheitsventilen ausgerüstet, müssen diese den folgenden Anforderungen genügen:

(1) Die Sicherheitsventile müssen so gestaltet sein, dass sie von außen weder blockiert noch zusätzlich belastet werden können.

(2) Die Sicherheitsventile und ihre Führungen müssen so gestaltet sein, dass entweder Ablagerungen die Funktion nicht beeinträchtigen oder die Führungen gegen Ablagerungen geschützt sind.

(3) Die Sicherheitsventile müssen so angeordnet oder geschützt sein, dass sie weder durch äußere Verschmutzungen noch durch das Beschickungsgut unwirksam werden können.

3.3 Anforderungen an Fahrzeugbehälter aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen, für die es keine Ermüdungskurven gibt:

(1) Bei neuen Silofahrzeugbehältern ist eine Wasserdruckprüfung als Festigkeitsprüfung – im Rahmen der Abnahme – mit mindestens dem 1,5-fachen des max. zulässigen Druckes durchzuführen.

(2) Die ermüdungsrelevanten Bereiche sind im Rahmen der Entwurfsprüfung festzulegen.

3.4 Bei den Hydraulikzylindern zum Anheben des Fahrzeugbehälters ist durch die zuständige unabhängige Stelle

- im Rahmen der Entwurfsprüfung der vom Hersteller zu erbringende Knicksicherheitsnachweis (mit Überprüfung der Berechnung der Einstelldrücke der Hydraulik-Steuerventile) einzubeziehen,
- im Rahmen der Abnahme eine Sichtung und Kontrolle der technischen Unterlagen sowie eine Prüfung der an den Hydraulik-Steuerventilen eingestellten Drücke (Verplombung) durchzuführen.

3.5 An Fahrzeugbehältern für flüssige, körnige oder staubförmige Güter, die unter Gasdruck befüllt oder entleert werden, sind zusätzlich zu der Kennzeichnung nach AD 2000-Merkblatt A 401 in der Nähe der Bedienungselemente der max. zulässige Druck anzubringen.

3.6 In die Betriebsanleitung ist aufzunehmen, dass mindestens einmal monatlich

- die Unversehrtheit der Dichtelemente und der Gewinde an Verschlusselementen von Druckdeckeln, die zum Befüllen oder Entleeren geöffnet werden, und
- die Funktionsfähigkeit von Sicherheitsventilen

zu überprüfen und die Ergebnisse zu dokumentieren sind.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2004**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Flüssiggaslagerbehälteranlagen**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 25**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffsbestimmungen
3 Allgemeine Anforderungen
4 Berechnung
5 Herstellung
6 Ausrüstung
7 Aufstellung
8 Prüfung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 25 enthält zusätzliche Anforderungen für Flüssiggaslagerbehälteranlagen und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

1.2 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nicht für Lagerbehälter, in denen Flüssiggas tiefkalt gelagert wird.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Flüssiggaslagerbehälteranlagen (Anlagen) im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes sind die Gesamtheit aller notwendigen sowie in Reserve stehenden Einrichtungen für das Lagern und zur Versorgung von Verbrauchsanlagen und Füllanlagen. Die Anlage endet an der Verbindungsstelle der Leitung zur Fortleitung des Flüssiggases an der Ausgangsseite der Druckregelung bzw. an der Verbindungsstelle mit Anlagen zum Füllen von Druckgasbehältern.

Im Wesentlichen sind Flüssiggaslagerbehälteranlagen

- die in einem engen räumlichen und betrieblichen Zusammenhang stehenden Druckbehälter zur Lagerung von Flüssiggas, Einrichtungen zum Abfüllen von Druckgasbehältern in Druckbehälter, Pumpen, Verdichter, Verdampfer und Rohrleitungen,
- die Sicherheitseinrichtungen (wie Wasserberieselungseinrichtungen, Messwarten, PLT-Systeme, Gaswarneinrichtungen, Feuerlöscheinrichtungen) sowie
- die sonstigen betriebstechnischen und sicherheitstechnischen Ausrüstungen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.2 Anlagen werden entsprechend ihres gesamten Fassungsvermögens in folgende Gruppen eingeteilt:

Gruppe 0			< 3 t	
Gruppe A	≥	3 t	< 200 t;	Entnahme aus der Gasphase
Gruppe B	≥	3 t	< 30 t;	Entnahme aus der Flüssigphase
Gruppe C	≥	30 t	< 200 t;	Entnahme aus der Flüssigphase
Gruppe D	≥	200 t		

2.3 Flüssiggase im Sinne dieser Anlage sind Gase in handelsüblicher technischer Qualität der C3- und C4-Kohlenwasserstoffe Propan, Propylen (Propen), Butan, Butylen (Buten) und deren Gemische; dies sind Flüssiggase nach DIN 51622.

2.4 Technisch dicht sind Anlagenteile, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder Dichtheitsüberwachung bzw. -kontrolle, z. B. mit schaumbildenden Mitteln, mit Lecksuch- oder -anzeigegeräten, eine unzulässige Undichtheit nicht festgestellt wird.

2.5 Umschlagläger sind Behälteranlagen, die dem Umschlag von Flüssiggas von einem Verkehrsmittel auf ein anderes dienen.

2.6 Verteilläger sind Behälteranlagen, die dem Umfüllen von Flüssiggas aus Druckbehältern in Druckgasbehälter dienen.

2.7 Verbrauchsläger dienen der Versorgung von Verbrauchseinrichtungen oder dem Befüllen von Druckgasbehältern.

2.8 Verdampfer sind Wärmetauscher, die Gase aus dem flüssigen Zustand vollständig in den gasförmigen Zustand zum Zweck der weiteren Verwendung überführen.

2.9 Dem Fassungsvermögen einer Flüssiggaslagerbehälteranlage entspricht die Summe der zulässigen Massen der Gase in den ortsfesten Lagerbehältern.

Das durch den zulässigen Füllgrad bestimmte zulässige Fassungsvermögen kann durch den Einbau von Überfüllsicherungen reduziert werden; dies ist als wesentliche Änderung der Betriebsweise zu betrachten und dementsprechend in der Dokumentation und Kennzeichnung des Lagerbehälters festzuhalten.

2.10 Lagern ist das Aufbewahren zur späteren Verwendung sowie zur Abgabe an andere.

3 Allgemeine Anforderungen

Gasbeaufschlagte Anlagenteile sowie ihre Ausrüstungsteile einschließlich aller Rohrleitungsverbindungen müssen so ausgeführt sein, dass sie bei den aufgrund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen technisch dicht sind.

4 Berechnung

4.1 Lagerbehälter

Die Bemessung der Behälterwandung ist für einen maximal zulässigen Druck von 15,6 bar, bezogen auf eine maximal zulässige Temperatur von 40 °C, vorzunehmen.

4.2 Verdampfer

Flüssiggasbeaufschlagte Verdampferteile sind festigkeitsmäßig in der Regel für einen maximal zulässigen Druck von 25 bar auszulegen. Dieser Druck von 25 bar ergibt sich aus dem in der Regel wechselweisen Betrieb mit Propan oder Butan.

4.3 Rohrleitungen

Rohrleitungen, die mit Flüssiggas in der Flüssigphase oder in ungeregelter Gasphase betrieben werden, sind festigkeitsmäßig in der Regel für einen maximal zulässigen Betriebsüberdruck von 25 bar zu bemessen.

4.4 Armaturen

Armaturen, die mit Flüssiggas in der Flüssigphase oder in ungeregelter Gasphase betrieben werden, sind festigkeitsmäßig in der Regel für einen maximal zulässigen Druck von 25 bar zu bemessen.

5 Herstellung

5.1 Lagerbehälter

5.1.1 Bei Lagerbehältern ab der Gruppe C darf die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht 0,85 nicht überschreiten, es sei denn, es wird eine Bauüberwachung durch die zuständige unabhängige Stelle durchgeführt.

5.1.2 An Lagerbehältern sollten nicht mehr Öffnungen angebracht werden, als für den vorgesehenen Betrieb unbedingt notwendig sind.

5.1.3 Stutzen, sonstige Anschlüsse und Einstiegsöffnungen sind im Bereich der Gasphase anzuordnen. Ist dies aus technischen Gründen nicht zu erfüllen, dürfen sie auch im Bereich der Flüssigphase angeordnet werden.

5.1.4 Bei erdgedeckter Aufstellung von Lagerbehältern sollen die ersten Absperrarmaturen innerhalb des Domschachtes angebracht werden.

5.1.5 Bei standortgefertigten Lagerbehältern ist während der Herstellung eine begleitende Bauüberwachung durch die zuständige unabhängige Stelle erforderlich.

5.2 Füllanlagen

Bewegliche Anschlussleitungen müssen für Temperaturen von –20 °C bis + 70 °C geeignet sein – siehe hierzu auch DIN EN 1763-1.

5.3 Armaturen

Drucktragende Teile von sicherheitstechnisch erforderlichen Absperrarmaturen von Lagerbehältern und die sicherheitstechnisch erforderlichen Hauptabsperrarmaturen von flüssiggasbeaufschlagten Rohrleitungen müssen

a) in Anlagen bei Umschlaglägern ab der Gruppe B und bei Verbrauchslägern ab der Gruppe C frei von Buntmetallen sein und
b) in Anlagen ab der Gruppe B so angeordnet oder ausgeführt sein, dass sie ausreichend gegen Wärmeeinwirkung geschützt sind, z. B. durch Fire-Safe-Ausführungen nach ISO 10497.

5.4 Flanschverbindungen

Flanschverbindungen sind ausreichend gegen die Folgen einer Wärmeeinwirkung zu schützen, z. B. durch Verwendung von Dichtungswerkstoffen, die nachweislich bei einer Temperatur von 620 °C bis zu 30 min wärmebeständig bleiben.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6 Ausrüstung

6.1 Anlagen

6.1.1 Anlagen mit einem gesamten Fassungsvermögen ab 30 t müssen zur Abwendung oder Minderung einer unmittelbar drohenden oder eingetretenen Gefährdung mit einem Not-Aus-System ausgerüstet sein. Dazu muss an leicht erreichbarer Stelle auch mindestens ein Notausschlagtaster vorhanden sein, z. B. im Bereich von Armaturenanhäufungen, Verdampfern, Pumpen, Verdichtern, Füllanlagen und Fluchtwegen.

6.1.1.1 Die Betätigung des Not-Aus-Systems muss in der Messwarte oder am Messstand angezeigt werden.

6.1.1.2 Not-Aus-Systeme müssen nach dem Betätigen in der „Aus"-Stellung verbleiben, bis sie durch Entsperren oder bewusstes Zurückführen wieder die Ausgangsstellung erreichen.

6.1.2 Anlagen müssen so ausgeführt sein, dass ein Überfüllen der Lagerbehälter sicher verhindert wird.

6.1.2.1 Diese Forderung ist insbesondere erfüllt, wenn

- eine bauteilgeprüfte Überfüllsicherung eingebaut ist oder
- eine Einzelprüfung der Überfüllsicherung durch die zuständige unabhängige Stelle durchgeführt wird.

Diese Überfüllsicherung muss auf den zulässigen Füllgrad des Lagerbehälters eingestellt sein.

6.1.2.2 An Lagerbehältern in Umschlag- und Verteillägern von Anlagen mit einem gesamten Fassungsvermögen ab 30 t

- ist ein Füllstandsanzeiger anzubringen, der den Füllstand örtlich anzeigt und zum Messstand oder zur Messwarte überträgt und Vor- und Hauptalarm auslöst und
- sind mindestens zwei voneinander unabhängige Überfüllsicherungen zu installieren.

6.2 Lagerbehälter

6.2.1 Für Lagerbehälter in Anlagen der Gruppe 0 sind Sicherheitsventile mit Schließventil und akustischer Signaleinrichtung für den Austauschvorgang zulässig.

6.2.2 Ergänzend zu AD 2000-Merkblatt A 403 sind die Sicherheitsventile an Lagerbehältern für das verdrängte Gasvolumen auszulegen. Hierbei sind die maximale Förderleistung der Pumpe oder des Verdichters zu berücksichtigen.

6.2.3 Lagerbehälter in Umschlag- oder Verteillägern ab der Gruppe C sind mit zwei Sicherheitsdruckbegrenzern auszustatten, die sich gegenseitig nicht beeinflussen. Die Ansprechdrücke müssen mindestens 2 bar unter dem maximal zulässigen Druck des Lagerbehälters liegen.

6.2.3.1 Druckbegrenzer müssen beim Ansprechen einen Alarm auslösen und das selbständige Schließen aller Armaturen in Behälterfüll- und Gaspendelleitungen und selbsttätiges Abschalten der Fördereinrichtungen bewirken können.

6.2.4 In Anlagen ab der Gruppe C ist ein Füllstandsanzeiger anzubringen, der den Füllstand örtlich anzeigt und zum Messstand oder zur Messwarte überträgt und Vor- und Hauptalarm auslöst.

6.2.5 Lagerbehälter müssen mit Füllstandspeilventilen zur Überprüfung des zulässigen Füllstandes ausgerüstet sein. Der Öffnungsdurchmesser von den Füllstandspeilventilen darf höchstens 1,5 mm betragen.

6.2.6 In Anlagen müssen die Rohrleitungsanschlüsse am Lagerbehälter für Befüll-, Entnahme- und Pendelleitungen ab

- der Gruppe A mit > DN 32 mit einer fernbetätigbaren Schnellschlussarmatur mit Stellungsanzeige,
- der Gruppe B mindestens mit einer fernbetätigbaren Schnellschlussarmatur mit Stellungsanzeige und für den Wartungsfall zusätzlich mit einer Handabsperrarmatur und
- mit einem gesamten Fassungsvermögen ab 30 t mindestens mit zwei fernbetätigbaren Schnellschlussarmaturen mit Stellungsanzeige, ausgenommen Leitungen < DN 50, die mit der Gasphase in Verbindung stehen, hier genügt eine Schnellschlussarmatur mit Stellungsanzeige,

ausgerüstet sein.

6.2.7 Bei Behälteranlagen der Gruppen A und B, deren Behälter entsprechend DIN 4680-1 und -2 oder DIN 4681-1 gebaut sind und die nur aus Straßentankwagen über Vollschlauchsystem (Schlauchanschluss $1^3/_4''$ ACME) und über ein Füllventil mit Rückschlagklappe und Rückschlagventil betankt werden können, kann auf den Einbau einer Schnellschlussarmatur in die Füllleitung bzw. in den Füllanschluss (Rohrleitungsanschluss am Lagerbehälter) verzichtet werden.

6.2.8 Auf die Handabsperrarmatur kann verzichtet werden, wenn eine der fernbetätigbaren Schnellschlussarmaturen von Hand betätigt werden kann.

6.2.9 Die fernbetätigbaren Schnellschlussarmaturen sind in Fail-Safe-Schaltung (Ruhesignal-Prinzip) auszuführen und in das Not-Aus-System einzubeziehen. Die behälterseitigen Rohranschlüsse müssen bis zur ersten Absperrarmatur den materiellen Anforderungen der Druckbehälter und deren Prüfkriterien entsprechen.

6.2.10 Probenahmeöffnungen müssen

- mit zwei hintereinandergeschalteten Absperrarmaturen ausgerüstet und
- im Durchmesser mindestens an einer Stelle kleiner als 2 mm sein.

6.2.11 Es ist darauf zu achten, dass alle Stutzen, die nicht an Rohrleitungen angeschlossen sind, mindestens mit Blindverschlüssen, auch wenn Absperrarmaturen vorhanden sind, abgeschlossen sind. Dies gilt auch, wenn Rohrleitungsverbindungen kurzzeitig gelöst werden.

An Lagerbehältern sind Stutzen, die als Reservestutzen dienen und bereits zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme nicht zum Einsatz vorgesehen sind, mit Schweißkappen blindzusetzen.

6.2.12 In Anlehnung an AD 2000-Merkblatt A 403 darf bei Lagerbehältern anstelle eines Sicherheitsventils auch ein System von automatisch gesteuerten Sicherheitsmaßnahmen vorhanden sein, das durch eine entsprechende Mess- und Regeltechnik derart wirksam wird, dass der Betriebsüberdruck den maximal zulässigen Druck zu keiner Zeit um mehr als 10 % überschreitet. Die Anforderungen an PLT-Sicherheitseinrichtungen sind z. B. erfüllt, wenn das AD 2000-Merkblatt A 6 eingehalten ist. Zusätzlich muss der Lagerbehälter erdgedeckt aufgestellt sein und mit einer Überfüllsicherung nach Abschnitt 6.1.2.1 ausgerüstet sein.

6.2.13 Heizeinrichtungen für Lagerbehälter sind nur zulässig, wenn dies aus verfahrenstechnischen Gründen erforderlich ist.

Heizeinrichtungen für Druckbehälter zum Lagern von Flüssiggas nach DIN 51622 müssen so geregelt sein, dass zum Ansprechdruck des Sicherheitsventils des Lager-

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

behälters ein Abstand von mindestens 30 % verbleibt. Zusätzlich sind die Lagerbehälter mit einem Sicherheitstemperaturbegrenzer nach DIN 3440 oder mit einem Sicherheitsdruckbegrenzer auszurüsten, der ein Ansprechen des Sicherheitsventils des Lagerbehälters verhindert. Die Steuerung der Heizeinrichtung ist mit dem Begrenzer so zu verriegeln, dass ein Weiterbetrieb der Heizeinrichtung nach dem Ansprechen oder Ausfall des Begrenzers nicht möglich ist, auch nicht durch Handschaltung.

Die Heizeinrichtung ist so auszulegen, dass beim Ansprechen des Begrenzers mit der in der Heizeinrichtung vorhandenen Restwärmemenge bei 5 % Behälterfüllung zum Ansprechdruck des Sicherheitsventils noch ein Abstand von mindestens 20 % verbleibt.

6.2.13.1 Die Beheizung darf nur indirekt, z. B. über Wärmeaustauscher mit zwischengeschaltetem Sekundärkreislauf, erfolgen.

6.2.13.2 Rohrschlangenkreisläufe (Sekundärkreisläufe) zur Beheizung sind mindestens für einen Druck von 25 bar zu bemessen. Die Rohrschlangen müssen auch für den äußeren Druck bemessen sein.

6.2.14 Bei erdgedeckten unbeheizten Lagerbehältern ab der Gruppe A, bei denen unzulässiger Druckaufbau nur entstehen kann durch

- Erwärmung von außen,
- Überfüllung oder
- Pumpen- oder Kompressorendruck,

kann abweichend von AD 2000-Merkblatt A 403 auf den Einsatz eines Sicherheitsventils verzichtet werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Erddeckung bei Lagerbehältern
   a) allseitig unter Erdgleiche: mindestens 0,5 m;
   b) nicht allseitig unter Erdgleiche: mindestens 1 m, wobei als Bemessungsgrundlage für den Lagerbehälter der Betriebsdruck entsprechend einer Bezugstemperatur von 40 °C angesetzt wird,
2. redundante Sicherung gegen Überfüllung,
3. redundanter Sicherheitsdruckbegrenzer, der bei Überschreiten des maximal zulässigen Druckes den Füllvorgang unterbricht,
4. Auslegung des Lagerbehälters für 15,6 bar; aufgrund behördlicher Erlaubnisse oder Genehmigungen kann die Auslegung des Lagerbehälters auch für Flüssiggase mit niedrigerem Dampfdruck erfolgen, sofern die Verwechslung mit Flüssiggasen mit höherem Dampfdruck ausgeschlossen ist, und
5. ausreichender Schutz des Domschachtes für den Brandfall, z. B. Brandschutzisolierung, Möglichkeit zum Fluten des Domschachtes.

6.3 Verdampfer

6.3.1 An Verdampfern, bei denen die zur Verdampfung des Flüssiggases erforderliche Wärme durch stehende Flüssigkeit übertragen wird, muss der Flüssigkeitsstand jederzeit erkennbar und der Sollstand (Minimum und Maximum) gekennzeichnet sein.

6.3.2 Verdampfer müssen so ausgelegt oder ausgerüstet sein, dass das Gas in der flüssigen Phase nicht in das Leitungssystem hinter dem Verdampfer gelangen kann.

6.3.3 Zur Erfüllung der Anforderung nach Abschnitt 6.3.2 müssen die Verdampfer mit einer redundanten, und soweit möglich mit einer diversitären Sicherheitseinrichtung ausgerüstet sein.

6.3.4 Verdampfer sollten so ausgeführt sein, dass eine Gasaustrittstemperatur aus dem Verdampfer von 40 °C bis 80 °C eingehalten wird.

6.3.5 Verdampfer mit geschlossenen Heizsystemen sind mit einem Druckschalter mit Alarm und gleichzeitiger Heizungsabschaltung sowie einem Sicherheitsventil in ausreichender Leistung im Wärmeträgersystem auszurüsten.

6.3.6 Verdampfer mit offenen Heizungssystemen müssen in der Entlüftungsleitung der Heizung mit einer Gaswarneinrichtung oder einem Strömungswächter mit Einbindung in das Not-Aus-System ausgerüstet sein.

6.3.7 Am Verdampfereingang sind automatische Absperrventile nach DIN 3394-1 Entwurf 06.2000 (Gruppe A, B oder C) anzuordnen. Diese dürfen nur in Fließrichtung absperren. Das Stellglied des Verdampfers ist in das Not-Aus-System einzubeziehen.

6.3.8 Eine direkte Feuer-, Abgas- oder elektrische Beheizung der flüssiggasbeaufschlagten Teile des Verdampfers ist unzulässig.

6.4 Rohrleitungen

Absperrbare Rohrleitungen und Rohrleitungsteile mit Flüssiggas in der Flüssigphase müssen mit Sicherheits- oder Überströmventilen ausgerüstet sein. Aus Sicherheitseinrichtungen austretende Flüssigkeiten oder Gase müssen gefahrlos abgeleitet werden können.

6.5 Verdichter

6.5.1 Verdichter müssen mit Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung ausgerüstet sein. Dieses können Sicherheits- oder Überströmventile sein, die höchstens auf den maximal zulässigen Druck des Verdichters eingestellt sind. Darüber hinaus sind Verdichter mit Druckschaltern als Höchstdruckbegrenzer auf der Druckseite bzw. als Tiefstdruckbegrenzer auf der Saugseite sowie mit Temperaturanzeigern und -begrenzern (bei Überströmventilen) auf Saug- und Druckseite auszurüsten.

6.5.2 Der Flüssigkeitsstand in Flüssigkeitsabscheidern vor Verdichtern muss überwacht werden. Bei Erreichen des Höchststandes müssen selbsttätig wirkende Einrichtungen vorhanden sein, die den Verdichter abschalten.

6.5.3 Die Leitungsverbindungen von Verdichtern müssen so ausgebildet sein, dass Schwingungen nicht auf andere Anlagenteile übertragen werden.

6.6 Pumpen

6.6.1 Bei Pumpen, bei denen funktionsbedingt ein Heißlaufen der Lager zu befürchten ist, muss die Lagertemperatur überwacht werden und bei Überschreiten des zulässigen Grenzwertes selbsttätige Abschaltung erfolgen.

6.6.2 Bewegte Teile von Flüssiggaspumpen müssen eine hochwertige dynamische Abdichtung gegenüber dem Gehäuse erhalten, z. B. doppeltwirkende, entlastete Gleitringdichtungen in Back-to-Back-Anordnung mit drucküberwachtem Sperrmedium. Das Sperrmedium muss kontrolliert werden. Bei zu hohem oder zu niedrigem Druck im Sperrmediumkreislauf muss die Pumpe unter gleichzeitiger Alarmauslösung selbsttätig abschalten.

6.6.3 Flüssiggaspumpen müssen gegen Trockenlauf geschützt sein, z. B. durch Niveauwächter im Druckbehälter der Saugseite oder durch Differenzdruckschalter.

6.6.4 Zum Anfahren der Pumpen dürfen die Niveauwächter mit einem Schalter ohne Selbsthaltung überbrückt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.7 Füllanlagen

6.7.1 In Füllschläuchen und Verladearmen für Anlagen ab der Gruppe C sind Schnelltrennstellen vorzusehen, die sich beim Fortrollen des Eisenbahnkesselwagens bzw. Straßentankwagens selbsttätig lösen und durch das Schließen von Armaturen beiderseits der Trennstelle eine Gasfreisetzung begrenzen.

6.7.2 Die folgenden Anforderungen gelten für Anlagen ab der Gruppe D und für Umschlag- und Verteilläger.

6.7.2.1 In Zwischen- oder Kupplungsstücken muss eingeschlossenes Flüssiggas gefahrlos entspannt werden können.

6.7.2.2 In Rohrleitungen müssen unmittelbar vor den Füllstellen fernbetätigbare, in das Not-Aus-System einbezogene Schnellschlussarmaturen in redundanter Ausführung eingebaut werden. Die zweite Armatur kann durch eine Rückschlagarmatur ersetzt werden, wenn die Eignung und die Zuverlässigkeit dieser Armatur nachgewiesen sind. Die Eignung und die Zuverlässigkeit der Rückschlagarmatur als zweite Armatur können nachgewiesen werden durch z. B. eine Bauteilprüfung, eine Einzelprüfung, nachgewiesene Betriebsbewährung.

7 Aufstellung

7.1 Anlagen

7.1.1 Flüssiggasbeaufschlagte Anlagenteile müssen gegen Außenkorrosion geschützt sein.

Der Schutz gegen Außenkorrosion von erdgedeckten Behältern wird z. B. erreicht durch Umhüllungen aus:

- Bitumen nach DIN 30673,
- Polyethylen nach DIN 30670,
- Duroplaste nach DIN 30671.

Tragösen und andere Behälterteile, die aus der Umhüllung herausragen, sind gleichwertig wie der Behälter gegen Korrosion zu schützen.

Sind erdgedeckte Druckbehälter gegen Außenkorrosion nicht ausreichend beständig oder können sie durch eine Umhüllung nicht ausreichend geschützt werden, so muss ein kathodischer Korrosionsschutz angebracht werden.

Die nachfolgenden Hinweise sind durch den Hersteller in geeigneter Weise, z. B. in der Betriebsanleitung, an den Betreiber weiterzugeben:

Die Unversehrtheit der Umhüllung sollte unmittelbar vor dem Absenken des Behälters in die Behältergrube geprüft werden. Die Umhüllung ist mit einer auf die Art und Dicke der Beschichtung abgestellten Spannung auf Fehlerstellen zu prüfen. Die Prüfspannung beträgt z. B. für Bitumen 20 000 Volt. Weist die Umhüllung Schäden auf, so müssen die Schadstellen sorgfältig und mit geeigneten Mitteln ausgebessert werden; die ausgebesserten Stellen sind einer erneuten Prüfung auf Fehlerstellen zu unterziehen. Die Umhüllung darf durch die zur Einlagerung verwendeten Geräte nicht beschädigt werden.

Die Druckbehälter müssen zum Schutz der Umhüllung auf einer mindestens 20 cm dicken verdichteten Sandschicht eingelagert sein. Eine ebenfalls 20 cm dicke Sandschicht muss als Bestandteil der Erddeckung den Behälter umgeben. Der Sand muss steinfrei sein. Diese Forderung ist erfüllt bei Verwendung von z. B. Sand der Lieferkörnung 0/2 nach DIN 4226-1, Flusssand mit maximal 3 mm Korngröße.

7.1.2 Kabel und Leitungen für Energienotversorgung, Sicherheitsfunktion und Kommunikationseinrichtungen sind vor mechanischen und thermischen Einflüssen geschützt zu verlegen. Eine gegenseitige Beeinträchtigung der Funktionen der Steuer- und Leitungskabel muss auch im Brandfall sicher ausgeschlossen sein (z. B. durch getrennte Verlegung).

7.1.3 Sicherheitsrelevante Ausrüstungsteile, die bei einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes funktionsfähig bleiben müssen und einer Energienotversorgung bedürfen, müssen zum Anschluss an eine Energienotversorgung vorgesehen sein, die mindestens ein sicheres Abfahren der Anlage und die Funktion der Sicherheits- und Alarmeinrichtung gewährleistet. Sicherheitsrelevante Einrichtungen, deren Funktion auch bei Energieausfall sichergestellt sein muss, können z. B. Beleuchtungen, Überwachungseinrichtungen, Lüftungsanlagen, Gaswarneinrichtungen, Absperreinrichtungen, Berieselungsanlagen sein.

7.1.3.1 Bei Wiederkehr der Netzspannung ist selbsttätig von der Energienotversorgung auf das Netz zurückzuschalten. Ausfälle der Netzstromversorgung oder der Energienotversorgung müssen erkennbar sein.

7.1.3.2 Abschnitt 7.1.3 gilt nicht für Ausrüstungsteile, die bei Energieausfall selbsttätig in einen für die Anlage sicheren Betriebszustand übergehen.

7.1.4 Energienotversorgung muss gewährleistet sein

- für mindestens 72 Stunden bei
  - Brandmeldeanlagen und
  - Gaswarnanlagen,
- für mindestens 3 Stunden bei
  - Alarm- und Signalanlagen,
  - Stellungsanzeigen der Sicherheitsabsperrorgane,
  - Kommunikationseinrichtungen und Lautsprecheranlagen,
  - Lüftungseinrichtungen zur Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre,
  - Feuerlöschpumpen, sofern keine andere Ersatzwasserquelle oder Ersatzenergie zur Verfügung steht und
  - für den Betrieb und den Notfall wichtigen Beleuchtungseinrichtungen.

7.1.5 Die Anlagen müssen so ausgeführt werden, dass Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen vermieden werden, z. B. durch Anwendung der BGR 132 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“.

Ferner sind geeignete Blitzschutzmaßnahmen zu treffen, auf VDE 0185-1 und -2 wird hingewiesen.

7.1.6 Sicherheitsrelevante Anlagenteile sind vor Eingriffen Unbefugter zu schützen, z. B. durch Einschluss von Armaturen.

7.1.7 Bei der Aufstellung von Anlagen sind Gefahrenquellen, die sich aus der Umgebung ergeben, z. B. Hochwasser, Erdbeben, Bergsenkungen, Nachbaranlagen, zu berücksichtigen.

7.1.8 Im Bereich der Anlagen mit einem gesamten Fassungsvermögen ab 30 t, wo eine gefährliche Wärmeeinwirkung auf die Anlage nicht auszuschließen ist, und im Bereich der Anlagen ab der Gruppe D müssen Brandmeldeanlagen z. B. nach DIN 14675 und DIN VDE 0833-1 und -2 vorhanden sein. Die Brandmeldung ist an eine ständig besetzte Stelle (z. B. betriebliche Zentralverwaltung, betrieblichen Notdienst oder Standleitung zur Feuerwehr/Polizei) weiterzuleiten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.1.9 Tragende Teile von Anlagenteilen müssen so ausgeführt oder geschützt sein, dass sie im Brandfall tragfähig bleiben und sich nicht unzulässig verformen. Die Forderung ist insbesondere erfüllt, wenn die Behälterfundamente mindestens entsprechend der Feuerwiderstandsklasse F 90, Stützen von Rohrleitungen mindestens entsprechend der Feuerwiderstandsklasse F 30 ausgeführt sind oder im Brandfall kühl gehalten werden können.

7.2 Lagerbehälter

7.2.1 Lagerbehälter in Anlagen ab der Gruppe A müssen in der Regel erdgedeckt aufgestellt werden. Bei Neuanlagen muss die Erddeckung mindestens 1 m betragen.

Anstelle der vollständigen Erddeckung kann auch an einer Stirnseite als Schutzmaßnahme gegen unzulässige Erwärmung eine Brandschutzdämmung, Brandschutzisolierung oder eine feuerfeste Ummauerung angebracht werden.

Eine Brandschutzdämmung erfüllt die zu stellenden Anforderungen, wenn

- die verwendeten Materialien nicht brennbar sind (Klasse A1 nach DIN 4102-1),
- der Wärmedurchgangswert (K-Wert) der Dämmung bei einer mittleren Temperatur von 350 °C nicht mehr als 1,2 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ beträgt,
- die unter der Dämmung befindlichen Anschlüsse und Armaturen, insbesondere deren Dichtungen, den im Brandfall zu erwartenden Temperaturen standhalten.

Anstelle einer Brandschutzdämmung kann auch ein geeignetes Brandschutzbeschichtungssystem (z. B. Intumeszenz- oder Sublimationsbeschichtung) verwendet werden. In beiden Fällen muss die Dämmung so aufgebaut sein, dass die Schutzwirkung im Brandfall mindestens 90 min erhalten bleibt.

Eine Wärmeschutzisolierung/Kältedämmung ist einer Brandschutzdämmung gleichwertig, wenn sie die entsprechenden Anforderungen erfüllt.

Ist aus betriebstechnischen oder anderen Gründen eine allseitige Deckung nicht möglich, sind zum Schutz gegen unzulässige Erwärmung Maßnahmen der Brandschutzdämmung/Brandschutzisolierung oder auch Maßnahmen der Wasserberieselung oder Wasserbeflutung zulässig.

Bei erdgedeckten Lagerbehältern, außer mit Bitumenumhüllung, kann auf einen kathodischen Korrosionsschutz verzichtet werden, wenn die Lagerbehälter besonders wirksam gegen chemische und mechanische Angriffe geschützt sind – siehe Anhang 5 Nr. 11 Abs. 4 BetrSichV*).

7.2.2 Bei der Verwendung einer Abblaseleitung zum gefahrlosen Ableiten des Gases beim Ansprechen des Sicherheitsventils sollte die Ausmündung der Abblaseleitung mindestens 2,5 m über der Erddeckung oder dem Behälterscheitel liegen.

7.2.3 Entwässerungsstutzen müssen mit zwei Absperrarmaturen oder einem absperrbaren Abscheidebehälter (Schleuse) versehen werden. Sie müssen gegen Einfrieren und unbeabsichtigte Gasfreisetzung geschützt sein.

Die Forderungen gegen Einfrieren und unbeabsichtigte Gasfreisetzung sind insbesondere erfüllt, wenn Entwässerungseinrichtungen beheizt werden oder durch zweckentsprechende Konstruktion verhindert wird, dass sich Wasser in dem Anschlussstutzen sammelt (Spazierstockmethode) bzw. das Einfrieren von Wasser im Anschluss Schäden hervorrufen kann. Hinter der ersten Absperrarmatur ist zusätzlich eine Querschnittsverengung vorzusehen. Hierdurch wird sichergestellt, dass der Lagerbehälter mit der zweiten Absperrarmatur noch abgesperrt werden kann, wenn die erste vereist.

7.3 Verdampfer

7.3.1 In explosionsgefährdeten Bereichen dürfen nur Verdampfer nachstehender Bauarten aufgestellt sein:

- Verdampfer mit elektrischer Beheizung und Ausrüstung nach DIN EN 50014,
- Verdampfer, die durch Warmwasser, Öl oder Dampf beheizt werden, wenn die Aufheizung des Wärmeträgers außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs erfolgt. Elektrische Ausrüstungen müssen DIN EN 50014 entsprechen.

7.4 Rohrleitungen

Rohrleitungsanschlüsse sind so auszuführen, dass durch die zulässigen Bewegungen an den Anschlüssen der Lagerbehälter keine unzulässigen Zusatzbeanspruchungen bewirkt werden (biegeweiche Verlegung der Leitungen federnd gelagert, Kompensatoren).

8 Prüfung

8.1 Lagerbehälter

8.1.1 Lagerbehälter mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 t und baustellengefertigte Schweißnähte sind einer objektbezogenen zerstörungsfreien Prüfung zu unterziehen. Prüfart und Prüfumfang richten sich bei Lagerbehältern aus der Stahlsorte P355N, Werkstoff-Nr. 1.0562 (StE 355) nach Tabelle 1. Dabei ist die Ultraschallprüfung der Röntgenprüfung, die Oberflächenprüfung nach dem magnetischen Streuflussverfahren der nach dem Farbeindringverfahren vorzuziehen. Abweichungen vom Prüfverfahren und vom Prüfumfang sind im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen. Bei Lagerbehältern aus anderen Werkstoffen ist der Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen.

8.1.2 Zur Sicherung der Güte der Schweißungen sind baustellengefertigte Schweißnähte in Anlagen ab der Gruppe C während der Herstellung in Zusammenhang mit der Schlussprüfung einer begleitenden Bauüberwachung durch die zuständige unabhängige Stelle zu unterziehen.

Diese besteht aus

- Prüfung der Voraussetzungen für eine ordnungsmäßige Herstellung einschließlich der Voraussetzungen bei ungünstigen Witterungseinflüssen;
- stichprobenweiser Prüfung der Nahtvorbereitungen, der Nahtflanken und Anpassarbeiten einschließlich Kantenversatz, der Schweißbedingungen, der evtl. erforderlichen Vorwärmung, der verwendeten Zusatzwerkstoffe und Trocknungsbedingungen für Schweißzusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe;
- Prüfung des Durchstrahlungsverfahrens sowie Auswertung von mindestens 10 % der Röntgenfilme und Prüfberichte;
- Prüfung für die ordnungsmäßige Anwendung der angewendeten Prüfverfahren;
- Nachprüfung von mindestens 10 % der mittels Ultraschall geprüften Schweißnähte. Wird bei der Nachprüfung ein vom Prüfer des Herstellers nicht registrierter Fehler festgestellt, so sind sämtliche Schweißnähte, die dieser Prüfer geprüft hat, zu 20 % durch die zuständige unabhängige Stelle nachzuprüfen. Werden 2 oder mehr Fehler festgestellt, so sind 100 % der von ihr geprüften Schweißnähte durch die zuständige unabhängige Stelle nachzuprüfen. Der Prüfumfang der zuständigen unabhängigen Stelle für die beanstandeten Schweißnahtlän-

*) In anderen EU-Mitgliedsstaaten können abweichende Vorschriften bestehen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

gen ist auf die ursprünglich geforderte Nachprüfung von mindestens 10 % der mittels Ultraschall geprüften Schweißnähte nicht anzurechnen. Werden bei der Prüfung der Schweißnähte eines Bauteils (vorgefertigte Großsektion) mittels Ultraschall Risse und Flankenbindefehler, die zur Ausbesserung der Schweißnaht führen, festgestellt, so sind sämtliche Nähte dieses Bauteils werkseitig mittels Ultraschall zu prüfen. Die vorgeschriebenen Durchstrahlungsprüfungen können dann entfallen. Das Gleiche gilt für jede einzelne Montagenaht, die im Sandbett hergestellt wird. Montagenähte, die im Sandbett hergestellt werden, können zu 100 % mittels Ultraschall geprüft werden. Ausgebesserte Schweißnähte sind erneut mittels Ultraschall zu prüfen.

8.2 Rohrleitungen

In Anlagen ab der Gruppe C sind die Rohrleitungen einer Bauüberwachung durch die zuständige unabhängige Stelle zu unterziehen und alle Rundnähte 100 % zerstörungsfrei zu prüfen.

Tafel 1. Übersicht zerstörungsfreie Prüfung von Druckbehältern
Prüfumfang für die Stahlsorte P355N, Werkstoff-Nr. 1.0562 (StE 355)
(siehe auch AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Tafel 1 Gr. 1)

Schweißnahtwertigkeit v/ Wanddicke *s*	Prüfumfang an Lagerbehältern von mehr als 30 t		Prüfumfang für baustellengefertigte Schweißnähte an Flüssiggasdruckbehältern	
0,85	LN	B + 10 % D/US	unabhängig von der Schweißnahtwertigkeit v:	
$s \leq$ 15 mm	St	B + 100 % D/US + 100 % OR[1])		
	RN	B + 10 % D/US	LN	B + 50 % D + 50 % US + 25 % OR
	StN	B + 100 % OR	St	B + 100 % D/US + 100 % OR
	KN	B + 100 % OR	RN	B + 50 % D + 50 % US + 25 % OR
	HSS	B + 100 % OR	StN	B + 100 % US + 100 % OR
0,85	LN	B + 10 % D/US	KN	B + 100 % OR
$s >$ 15 mm		(keine Erleichterungen möglich)	HSS	B + 100 % OR
	St	B + 100 % D/US + 100 % OR		
	RN	B + 10 % D/US		
	StN	B + 100 % OR		
	KN	B + 100 % OR		
	HSS	B + 100 % OR		
1,0	LN	B + 100 % D/US[2])		
$s \leq$ 30 mm	St	B + 100 % D/US + 100 % OR		
	RN	B + 25 % D/US[2])		
	StN	B + 100 % OR		
	KN	B + 100 % OR		
	HSS	B + 100 % OR		

Schweißnähte:

LN	Längsnähte
St	Stoßstellen
RN	Rundnähte
StN	Stutzennähte
KN	Kehlnähte
HSS	Hilfsschweißstellen

Prüfverfahren:

B	Besichtigung
D	Durchstrahlungsprüfung
US	Ultraschallprüfung
OR	Oberflächenprüfung

[1]) bei entsprechenden Voraussetzungen ist das MP-Verfahren dem FE-Verfahren vorzuziehen

[2]) Erleichterungen bei nachgewiesener Erfahrung: Reduzierung auf 10 % D/US

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckbehälter für Gase oder Gasgemische mit Betriebstemperaturen unter -10 °C**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 801 Nr. 26**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffe
3 Ausrüstung
4 Anforderungen bei der Lagerung tiefkalter flüssiger Gase

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 26 enthält zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter für Gase oder Gasgemische mit Betriebstemperaturen $\leq$ 10 °C und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

2.1 Als Betriebstemperatur gilt die tiefste Temperatur, die überwiegend während des Betriebes auftritt.

2.2 Druckbehälter nach diesem AD 2000-Merkblatt sind z. B. Standtanks, Kaltvergaser für flüssigen Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff oder Edelgase sowie Druckbehälter für tiefkalte Kohlensäure, jedoch nicht ausschließlich aus Rohranordnungen bestehende Druckbehälter zum Verdampfen von nicht korrodierend wirkenden Gasen.

3 Ausrüstung

3.1 Bei diesen Druckbehältern müssen die Angaben der Kennzeichnung zusätzlich auf einem außerhalb der Wärmedämmung fest angebrachten Schild wiedergegeben sein. Ist der Druckbehälter fest mit dem Dämmmantel verbunden, genügt dort ein Kennzeichnungsschild.

3.2 Die Steuerung der Beheizungseinrichtung hat automatisch zu erfolgen. Ein Anlagenbetrieb von Hand ist nicht zulässig. Die Beheizungseinrichtung ist mit dem Sicherheitsdruckbegrenzer so zu verriegeln, dass ein Weiterbetrieb der Beheizungseinrichtung nach dem Ansprechen oder Ausfall des Begrenzers nicht möglich ist.

Der Sicherheitsstromkreis ist nach DIN/VDE 0116 Abschnitt 8.7 auszuführen.

3.3 Behälter mit einem zulässigen Fassungsvermögen von mehr als 3000 kg sind mit einem Wechselsicherheitsventil auszurüsten.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.4 Abweichend von AD 2000-Merkblatt A 5 sind Mannlöcher und Besichtigungsöffnungen für diese Druckbehälter nicht erforderlich[1]).

3.5 Das Sicherheitsventil ist so zu installieren, dass es direkt mit der Gasphase der Kohlensäure verbunden ist und nicht vereist, z. B. durch ausreichenden Abstand vom Behälter. Eine Zuleitung zum Sicherheitsventil soll nicht durch die Flüssigphase geführt werden.

4 Anforderungen bei der Lagerung tiefkalter flüssiger Gase

Bei der Lagerung tiefkalter flüssiger Gase gelten die folgenden zusätzlichen Anforderungen.

4.1 Die Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung sind entsprechend der Betriebsart wie folgt auszulegen:

	Betriebsart	
	Betrieb, ausgenommen das Befüllen	Betrieb, einschließlich des Befüllens
Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung	I 1	II 1

I 1 (a) Druckentlastungseinrichtungen nach AD 2000-Merkblatt A 403 Abschnitt 3.4 (1)–(3) zum Abführen des maximal anfallenden Massenstromes oder

(b) PLT-Einrichtungen nach AD 2000-Merkblatt A 403 Abschnitt 3.2, die die Ursachen möglicher unzulässiger Druckerhöhungen sicher verhindern,

beim Betrieb, ausgenommen das Befüllen.

II 1 (a) Druckentlastungseinrichtungen nach AD 2000-Merkblatt A 403 Abschnitt 3.4 (1)–(3) zum Abführen des maximal anfallenden Massenstromes oder

(b) PLT-Einrichtungen nach AD 2000-Merkblatt A 403 Abschnitt 3.2, die die Ursachen möglicher unzulässiger Druckerhöhungen sicher verhindern,

beim Betrieb, einschließlich des Befüllens.

Die durch I 1 und II 1 beschriebenen Funktionen können durch eine oder mehrere Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung erfüllt werden.

4.2 Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung sind grundsätzlich druckbehälterseitig anzubringen und unabhängig von den Ausrüstungsteilen der Behälterfahrzeuge auszulegen.

4.3 Entsprechend AD 2000-Merkblatt A 403 Abschnitt 3.2.4 dürfen Druckentlastungseinrichtungen keine Regelaufgaben übernehmen. Werden Druckbehälter mit Druckentlastungseinrichtungen abgesichert, sind daher zusätzlich betriebsartbezogen folgende Regeleinrichtungen notwendig:

	Betriebsart	
	Betrieb, ausgenommen das Befüllen	Betrieb, einschließlich des Befüllens
Regeleinrichtungen	I 2	II 2

I 2 z. B. Druckabbauregler, Kühleinrichtungen des Druckbehälters, Regelarmatur nach Abschnitt 4.4.

II 2 Regelung, die das Ansprechen von II 1 (a) sicher verhindert, z. B. nur Behälterfahrzeuge mit entsprechender Ausrüstung dürfen befüllen.

4.4 Die Regelarmatur nach Abschnitt 4.3, I 2 kann eine Teilarmatur des Wechselsicherheitsventils nach Abschnitt 4.3 sein und ist dann wie folgt auszulegen:

(1) Beide Sicherheitsventile müssen bauteilgeprüft sein und sich stets im Einsatz befinden.

(2) Die Einstellung des Wechselsicherheitsventils ist gegen fehlerhaftes Verstellen zu sichern.

(3) Sicherheitsventil 1 wird entsprechend Abschnitt 4.1 als Druckentlastungseinrichtung (AD 2000-Merkblatt A 403 Abschnitt 3.4) I 1 (a) betrieben.

Sicherheitsventil 2 wird entsprechend Abschnitt 4.3 als Regeleinrichtung betrieben, um zu verhindern, dass Sicherheitsventil 1 (I 1 (a)) anspricht.

(4) Ggf. sind konstruktive Maßnahmen zur gefahrlosen Ableitung gemäß TRB 600 Abschnitt 3.4 vorzusehen.

(5) Bei Prüfungs- oder Instandsetzungsarbeiten am Sicherheitsventil 1 übernimmt die Regeleinrichtung Sicherheitsventil 2 die Funktion der Druckentlastungseinrichtung für diesen begrenzten Zeitraum.

Beim Einsatz von Wechselsicherheitsventilen nach Satz 1 ist auch die Anforderung nach Abschnitt 3.3 erfüllt.

4.5 Druckbehälter $\geq$ 36 bar; auf den Einbau der eigenen Sicherheitseinrichtung für den Befüllvorgang nach Abschnitt 4 darf bei Vorliegen folgender Bedingungen verzichtet werden:

(1) Der maximal zulässige Druck der Druckbehälter beträgt $\geq$ 36 bar.

(2) Die Druckbehälter sind aus folgenden austenitischen Werkstoffen hergestellt:
1.4301, 1.4311, 1.4541, 1.4571 und 1.6907 nach VdTÜV-Werkstoffblatt 371, alle entsprechen AD 2000-Merkblatt W 2.

(3) Die Druckbehälter werden für Stickstoff, Sauerstoff, Neon, Helium, Argon und Wasserstoff verwendet. Die Auslegung der Kryodruckbehälter erfolgt daher für zulässige Betriebstemperaturen nicht über –183° C (Siedetemperatur bei Atmosphärendruck von Sauerstoff).

(4) Die Befüllung der Druckbehälter darf nur aus Tankwagen erfolgen, deren fest eingebaute Umfüllpumpen durch Auslegung bzw. fest eingebaute Begrenzung keinen Fülldruck von mehr als 40 bar am Pumpenstutzen erzeugen können. Der Nachweis hierfür kann durch eine Bestätigung des Gaselieferanten erfolgen.

[1]) In anderen EU-Mitgliedsstaaten können andere Anforderungen gelten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckbehälter für Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 27**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Begriffe

3 Ausrüstung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 27 enthält zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter für Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

2.1 Zu den Begriffen brennbare und sehr giftige Gase wird auf TRB 610 Stand 01/01 hingewiesen.

2.2 Unter Druckbehältern für Gase in flüssigem Zustand werden solche verstanden, die dafür bestimmt sind, mit Gasen oder Gasgemischen in flüssigem Zustand bis zu einem bestimmten Füllstand gefüllt zu werden. Es sind jedoch nicht Behälter in verfahrenstechnischen Anlagen, die prozessbedingt von Gasen oder Gasgemischen durchströmt werden.

Verfahrenstechnische Anlagen sind die Gesamtheit aller notwendigen sowie in Reserve stehenden Einrichtungen für die Durchführung des Ablaufs von chemischen, physikalischen oder biologischen Vorgängen zur Gewinnung, Herstellung oder Beseitigung von Stoffen oder Produkten.

2.3 Für die Festlegung des maximal zulässigen Druckes ist bei Gasen oder Gasgemischen in flüssigem Zustand der in den Druckbehältern bei der höchstmöglichen Temperatur des Beschickungsgutes (Fluids) herrschende Gas-, Dampf- oder Flüssigkeitsdruck in bar maßgebend, wenn betriebsmäßig kein höherer Druck vorgesehen ist oder entstehen kann.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.4 Als höchstmögliche Temperatur des Beschickungsgutes (Fluides) im Sinne des Abschnittes 2.3 gelten[1]):

(1) 50 °C bei oberirdischen Behältern ohne besonderen Schutz gegen Erwärmung,

(2) 40 °C bei oberirdischen Behältern, die in Räumen aufgestellt sind oder einen besonderen Schutz gegen Erwärmung besitzen; gegen Sonneneinstrahlung reicht in der Regel ein heller Anstrich aus,

(3) 30 °C bei erdgedeckten Behältern, bei denen die Erddeckung mindestens 0,5 m beträgt.

Wird das Beschickungsgut (Fluid) der Druckbehälter auf einer niedrigeren Temperatur gehalten oder auf eine höhere Temperatur erwärmt, gilt diese Temperatur als höchstmögliche Temperatur.

3 Ausrüstung

3.1 Druckbehälter > 3 t für brennbare oder sehr giftige Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand bei Umgebungstemperaturen müssen mit Wechselsicherheitsventilen ausgerüstet sein, sofern nicht AD 2000-Merkblatt 403 Abschnitt 3.5 zur Anwendung kommt.

[1]) In anderen EU-Staaten können abweichende Vorschriften bestehen.

3.2 Druckbehälter für Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand, die bei Umgebungstemperaturen gelagert werden, dürfen als Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung weder eine Berstsicherung noch ein Kontaktthermometer haben.

3.3 Druckbehälter für Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand, die volumetrisch gefüllt werden, müssen eine Einrichtung zur Feststellung des zulässigen Füllstandes haben. Dieser ist bei kontinuierlich anzeigenden Geräten mit einer Marke, bei Peilrohren durch einen entsprechenden Hinweis am Peilventil zu kennzeichnen. Werden die Druckbehälter gravimetrisch gefüllt, ist die zulässige Masse an der Wiegeeinrichtung zu kennzeichnen.

3.4 Einrichtungen zum Feststellen des zulässigen Füllstandes sind bei Druckbehältern, die volumetrisch gefüllt werden, z. B. Flüssigkeitsstandanzeiger, Gasventile mit Peilrohr, elektrische Standmessung.

3.5 Druckbehälter für brennbare Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand mit einem Rauminhalt über 500 m^3 müssen eine Einrichtung haben, die bei Erreichen des zulässigen Füllstandes die Gaszufuhr selbsttätig abschaltet oder Alarm auslöst.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Rotierende dampfbeheizte Zylinder**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 29**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Bemessung
3 Ausrüstung
4 Instandsetzung im Zuge der Herstellung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 29 enthält zusätzliche Anforderungen für rotierende dampfbeheizte Zylinder und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

1.2 Dieses AD 2000-Merkblatt kommt nur zur Anwendung, wenn derartige Zylinder nicht nach Artikel 1 (3) Nr. 3.10 vom Geltungsbereich der DGRL ausgenommen sind.

2 Bemessung

Rotierende dampfbeheizte Zylinder mit Mänteln aus Gusseisen müssen für einen maximal zulässigen Druck von mindestens 2,5 bar ausgelegt sein.

3 Ausrüstung

3.1 An rotierenden dampfbeheizten Zylindern nach Abschnitt 2 müssen die Einrichtungen zum Ableiten von Kondensat so beschaffen sein, dass die Ansammlung von Kondensat gering bleibt. Derartige Einrichtungen, die das Kondensat zum Abfluss auf Zapfenbohrungshöhe bringen, sind z. B. Schöpfer, Tauchrohre, Schaber. Der Abfluss des Kondensats muss überwacht werden können. AD 2000-Merkblatt A 404 Abschnitt 4.1 gilt nicht.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2 Bei rotierenden dampfbeheizten Zylindern nach Abschnitt 2 müssen Ableiter für Kondensat Einrichtungen oder Zusatzeinrichtungen haben, durch die das Kondensat jederzeit abgeleitet werden kann, z. B. durch ein Abschlussorgan, das ein völliges Schließen verhindert, oder durch Einrichtungen, die ein Auswechseln des Kondensatableiters auch während des Betriebs ermöglichen, wenn der Zylinder nicht angehalten werden kann. Absperreinrichtungen müssen so beschaffen sein, dass eine vollständige Unterbrechung des Abflusses von Kondensat nicht möglich ist.

3.3 Die rotierenden dampfbeheizten Zylinder müssen so ausgerüstet sein, dass das Kondensat nicht in die Zylinder zurückgedrückt werden kann.

4 Instandsetzung im Zuge der Herstellung

4.1 Bei Zylindern, die aus Gusseisen hergestellt werden, ist es nicht auszuschließen, dass Fehler, z. B. durch Sandeinschlüsse, Gaseinschlüsse, Lunker, beim Schleifen der Zylinderlauffläche zum Vorschein kommen.

Das übliche Verfahren zur Beseitigung dieser Oberflächenfehler – nicht aber Risse – besteht im Aufbohren der Fehlerstellen und Schließen mittels eingeschlagener Passstifte und anschließendem Glätten/Überschleifen der verstifteten Oberfläche.

Dieses Verfahren beeinträchtigt die Sicherheit des Zylinders nicht, wenn die Kriterien nach Abschnitt 4.2 erfüllt sind und in den Herstellunterlagen dokumentiert ist, dass der Einfluss des Verstiftens nach Abschnitt 4.2 bei der Festlegung der erforderlichen Mindestwanddicke berücksichtigt wurde.

4.2 Kriterien an das Verstiften

(1) Kriterien an die Anwendbarkeit des Verstiftens:
- Der Oberflächenfehler darf zu keiner Leckage führen, d. h. er darf nicht durch die gesamte Wanddicke verlaufen.
- Der maximale zulässige Druck darf 12 bar bei einer zulässigen maximalen Temperatur von höchstens 230 °C nicht überschreiten.
- Die Fehlerstelle darf nicht im Bereich von Schweißungen (Schweißgut und Wärmeeinflusszone) liegen.
- Der Zylinder muss einer Flüssigkeitsdruckprüfung mit einem Prüfdruck gleich dem 2-fachen des maximal zulässigen Druckes unterzogen werden, sofern sich nach AD 2000-Merkblatt HP 30 kein höherer Prüfdruck ergibt.

(2) Kriterien an die Durchführung des Verstiftens:
- Der Werkstoff des Passstiftes muss bei nicht zu beschichtenden Zylindermänteln in allen Hinsichten den Zylinderwerkstoffspezifikationen entsprechen.
- Die Sacklochbohrung darf nur so tief sein, dass maximal 20 % der rechnerisch erforderlichen Wanddicke angebohrt werden.
- Der Durchmesser des Stiftes darf folgende Werte nicht überschreiten: 10 mm bei einer Wanddicke $\leq$ 50 mm bzw. 20 % der Wanddicke bei einer Wanddicke $>$ 50 mm.
- Das Verstiften hat in der Regel in Anlehnung an die Vorschriften des ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Div. I, UCI-78 zu erfolgen.

(3) Organisatorische Kriterien:
- Für die einzelnen Arbeitsschritte beim Verstiften hat der Hersteller eine Verfahrensanweisung zu erstellen, in der die Kriterien an die Anwendbarkeit und Durchführung des Verstiftens entsprechend Abschnitt 4.2 (1) und (2) enthalten sein müssen.
- Der Hersteller bestätigt in einer Bescheinigung die Durchführung des Verstiftens nach Verfahrensanweisung.
- Das Verstiften darf nur von qualifiziertem Personal durchgeführt werden.

4.3 Sind am Zylinder Bearbeitungen der Oberfläche erforderlich, durch die die Wanddicke reduziert wird, ist die neue Wanddicke zu ermitteln und in den Prüfungsunterlagen zu dokumentieren. Die rechnerisch erforderliche Wanddicke darf nicht unterschritten werden.

4.4 Die Verfahrensanweisung zum Verstiften zum Zwecke der Instandsetzung im Rahmen des Betriebes ist den Unterlagen (z. B. Betriebsanleitung) beizufügen.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Steinhärtekessel**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 30**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffe
3 Bemessung
4 Herstellung
5 Aufstellung
6 Ausrüstung
7 Abnahme

Anhang 1 Hinweise für die Betriebsanleitung nach Anhang I Abschnitt 3.4 DGRL

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 30 enthält zusätzliche Anforderungen für Steinhärtekessel und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

2.1 Steinhärtekessel im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes sind Druckbehälter zur Herstellung von Kalksandsteinen, Betonsteinen, Gasbeton, Faserzementplatten, Gipsprodukten, Hochofenschlackensteinen oder ähnlichen Produkten unter Dampfüberdruck.

2.2 Steinhärtekessel werden spannungsgünstig betrieben, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Mantelsohle und -scheitel nach Ende der Aufheizphase und vor Beginn der Entspannungsphase nicht mehr als 30 K und während der Aufheizphase und Entspannungsphase nicht mehr als 60 K beträgt.

3 Bemessung

Wegen der Gefahr einer Spannungsrisskorrosion ist bei der Verwendung von ferritischen Stählen das Spannungsniveau in den druckbeanspruchten Teilen abzusenken. Hierzu genügt nach der bisherigen Erfahrung ein Wanddickenzuschlag von 20 % auf die mit einem Ausnutzungsfaktor der Fügeverbindung für die Längsnaht von 85 % berechnete Wanddicke.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4 Herstellung

4.1 Die Verwendung von Stählen mit einer gemessenen Streckgrenze von mehr als 420 N/mm^2 ist unzulässig. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn z. B. die Stähle P265GH / P295GH nach DIN EN 10028 Teil 2 verwendet werden.

4.2 Schweißeigenspannungen sind gering zu halten.

4.3 Hilfsschweißungen sind mindestens zweilagig auszuführen.

4.4 Bei baustellengefertigten Schweißungen an drucktragenden Bauteilen aus ferritischen Stählen ist eine Vorwärmung auf mindestens 150 °C erforderlich.

4.5 Ein Kantenversatz von mehr als 15 % der Mantelwanddicke ist unzulässig. Aufdachungen oder Einziehungen im Bereich der Längsschweißnähte sind zulässig, wenn das Maß $^1/_6$ – bis zu einer Länge von 200 mm örtlich $^1/_4$ – der Mantelwanddicke nicht überschreitet.

4.6 Die Schweißnähte auf der Beschickungsseite müssen für die Oberflächenprüfung nach dem magnetischen Streuflussverfahren prüffähige Oberflächen haben.

4.7 Im Sohlenbereich sind die Schweißnähte zwischen den Schienen blecheben, bis zur Tropfkante des Beschickungswagens glatt zu beschleifen.

4.8 Baustellengefertigte Schweißnähte sind innen blecheben herzurichten.

5 Aufstellung

Der Hersteller hat in einer Montageanleitung folgende Regelungen aufzunehmen:

5.1 Steinhärtekessel sind so aufzustellen, dass sie zu benachbarten Kesseln oder von Wänden einen lichten Abstand von mindestens 0,5 m haben.

5.2 Steinhärtekessel müssen auf den Fundamenten gleichmäßig aufliegen.

5.3 Das Gefälle zur Hauptentwässerungseinrichtung muss mindestens 2 % betragen.

5.4 Rohrleitungen sind so zu verlegen, dass aufgrund der Wärmedehnungen keine unzulässigen Beanspruchungen auftreten.

6 Ausrüstung

6.1 Die Ausrüstung von Steinhärtekesseln muss eine spannungsgünstige Betriebsweise gemäß Abschnitt 2.2 gewährleisten. Für eine spannungsgünstige Betriebsweise muss die Ausrüstung von Steinhärtekesseln folgenden Anforderungen genügen:

6.1.1 Zur Anzeige der Temperaturdifferenz zwischen Mantelsohle und -scheitel sind Steinhärtekessel mit Temperaturmessgeräten auszurüsten. Die Messfühler sind direkt auf dem Mantelblech außen unter der Wärmedämmung an Mantelsohle und -scheitel so anzubringen, dass die maximale Temperaturdifferenz erfasst wird. Auf die Messung der Scheiteltemperatur kann verzichtet werden, wenn hierfür die Temperatur im Dampfraum herangezogen wird.

6.1.2 Zur Erfassung der Temperaturdifferenz zwischen Behälterscheitel und Behältersohle ist bei jeder Charge ein schreibendes Gerät vorzusehen.

6.1.3 Auf ein schreibendes Gerät zur Registrierung der Temperaturdifferenz kann verzichtet werden, wenn

(1) die Dampfzu- und -abführung automatisch geregelt wird und im Falle der Überschreitung der zulässigen Temperaturdifferenz eine Abschaltung und Verriegelung erfolgt. Eine Entriegelung darf erst nach Beseitigung der Störungsursache möglich sein,

(2) das Kondensat über einen Kondensatsammelbehälter mit niveaugesteuertem Ventil abgeführt wird und sowohl beim Überschreiten der Temperaturdifferenzen als auch bei Erreichen eines unzulässigen Hochwasserstandes im Kondensatsammelbehälter eine Alarmmeldung erfolgt; der Kondensatsammelbehälter muss eine Einrichtung haben, mit der das Kondensat bei unzulässigem Hochwasserstand manuell abgelassen werden kann, oder

(3) durch die Art der Ausrüstung ein ständiges Warmhalten der Mantelsohle (z. B. Dampfzuführung durch Sprührohre über die gesamte Sohlenlänge) gewährleistet ist und eine Alarmmeldung bei Überschreiten der zulässigen Temperaturdifferenzen erfolgt.

6.2 Für die Ausrüstung nach Abschnitt 6.1 sind die Eignung und Funktionsfähigkeit nachzuweisen. Die Eignung ist durch Einzelprüfung oder durch Bauteilprüfung der zuständigen unabhängigen Stelle nachzuweisen. Über geeignete Prüfeinrichtungen muss die Funktionsfähigkeit jederzeit nachgeprüft werden können.

6.3 Steinhärtekessel müssen mit einer Ablasseinrichtung für Restkondensat ausgerüstet sein. Es muss sichergestellt sein, dass vor dem Öffnen der Deckelverschlüsse eine Gefährdung durch austretendes Kondensat oder Dampf ausgeschlossen ist, z. B. durch Auffanggruben unterhalb der Deckelverschlüsse, erhöhten Bedienungsstand oder Fernbedienung der Deckelverschlüsse.

6.4 Antriebe oder Steuerstellen für die Deckelverschlüsse sind so anzuordnen, dass Gefahren durch austretendes Kondensat oder Dampf ausgeschlossen sind.

6.5 Dampfführende Leitungen (Frischdampfleitung, Überlassdampfleitung) zu den Steinhärtekesseln sind mit je zwei hintereinanderliegenden Absperreinrichtungen und einer geeigneten Verbindung mit der Außenluft (Zwischenentspannung) zu versehen. Diese Absperreinrichtungen müssen sich gegen unbeabsichtigtes, unbefugtes oder irrtümliches Öffnen sichern lassen. Dies gilt auch für Kondensatleitungen, wenn diese mit Gegendruck betrieben werden.

6.6 Bei automatischer Regelung der Dampfzu- und -abführung darf der Steinhärtekessel erst unter Druck gesetzt werden können, wenn der Verschluss vollständig geschlossen ist.

7 Abnahme

7.1 Im Rahmen der Schlussprüfung sind beim Hersteller

- die Rundschweißnähte mindestens zu 25 % und
- die Längsschweißnähte zu 50 %

einer Durchstrahlungsprüfung oder einer Ultraschallprüfung zu unterziehen, wobei alle T-Stöße zu erfassen sind. Die Schweißnähte nach Satz 1 sind zusätzlich einer Oberflächenprüfung nach dem magnetischen Streuflussverfahren zu unterziehen. Die Prüfungen sind nach der Wasserdruckprüfung durchzuführen.

7.2 Bei baustellengefertigten Schweißnähten einschließlich Befestigungsschweißungen an drucktragenden Wandungen ist eine Bauüberwachung durch die zuständige unabhängige Stelle erforderlich. Die Stumpfnähte sind zu 100 % nach dem Durchstrahlungs- oder Ultraschallverfah-

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ren und zu 100 % nach dem magnetischen Streuflussverfahren zu prüfen. Die Kehlnähte sind zu 100 % nach dem magnetischen Streuflussverfahren zu prüfen. Die Prüfungen sind nach der Wasserdruckprüfung durchzuführen.

7.3 Bei Anwendung des Ultraschallverfahrens bzw. des magnetischen Streuflussverfahrens begutachtet die zuständige unabhängige Stelle die Prüfberichte. Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen werden von der zuständigen unabhängigen Stelle stichprobenweise von mindestens 10 % der Nahtlänge überprüft.

7.4 Bei Anwendung des Durchstrahlungsverfahrens sind der zuständigen unabhängigen Stelle die Filme und Prüfberichte einschließlich der vor Ausbesserungen angefertigten Aufnahmen vorzulegen. Die zuständige unabhängige Stelle überzeugt sich in der Regel durch Stichproben, ob sie zu einer ähnlichen Bewertung der Filme kommt. Stellt sie dabei mangelhafte Übereinstimmung der Bewertung fest, hat sie sämtliche Filme zu beurteilen.

7.5 Im Rahmen der Entwurfsprüfung ist die Lage der Kesselstühle in den technischen Unterlagen anzugeben. Die zulässigen Setzungen der Kesselstühle sind anzugeben. Ergänzend zu AD 2000-Merkblatt HP 511 Abschnitt 5.3.2 (10) ist die zulässige Setzung unter Wasserfüllung anzugeben.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 30

Hinweise für die Betriebsanleitung nach Anhang I Abschnitt 3.4 DGRL

1 Bedienungspersonal

Steinhärtekessel dürfen nur von Personen bedient werden, die über die Betriebsweise und die Gefahren beim Betrieb der Kessel unterwiesen worden sind. Ventile und Verschlüsse der Steinhärtekessel dürfen nur von Personen betätigt werden, die durch die Betriebsleitung dazu schriftlich ermächtigt sind.

2 Beschicken der Steinhärtekessel

Beim Einschieben und Ausziehen der Härtewagen dürfen die Ausziehmittel (Seile, Stangen und dgl.) nicht über die Steinhärtekesselsohle schleifen. Die Ausziehmittel sind über die Achsen der Härtewagen oder seitlich über die Schienenböcke zu führen, wenn sie nicht durch besondere Abstandhalter von der Steinhärtekesselsohle ferngehalten werden.

3 Schließen von Steinhärtekesseln

Bei Schnellverschlüssen ist nach dem Schließen zu prüfen, ob die Verschlussteile (Deckel und Kesselring) vollständig übereinander greifen bzw. die Verschlussarme sich in der Endstellung befinden. Bei Kesseln mit zwei Verschlussdeckeln sind beide Verschlüsse zu überprüfen, auch dann, wenn eine der beiden Kesselöffnungen ständig unbenutzt bleibt.

4 Meldung von Störungen und Sicherheitsmängeln

Mängel an den Steinhärtekesseln und seinen Ausrüstungsteilen sind der Betriebsleitung sofort zu melden. Zu diesen Ausrüstungsteilen zählen insbesondere das Sicherheitsventil und die Sicherheitsvorrichtung am Schnellverschluss (Druckwarneinrichtung), alle Absperr-, Überlass-, Entspannungs- und Kondensatablassventile und Manometer sowie die Ausrüstungsteile, die einen spannungsgünstigen Betrieb gewährleisten müssen, wie z. B. Schlammfangtöpfe, Kondensatsammelbehälter, Kondensatableiter, Entlüftungseinrichtungen, Druck- und Temperaturschreiber, Mess- und Regeleinrichtungen sowie Kontrollleuchten und Alarmeinrichtungen.

5 Spannungsgünstiger Betrieb

Die Temperaturdifferenzen zwischen Sohle und Scheitel der Steinhärtekessel lassen den Spannungszustand erkennen. Die Temperaturdifferenzen sind bei jeder Aufheiz-, Härte- und Überlass- oder Ablassphase zu überwachen. Die maximal zulässigen Temperaturdifferenzen (T) betragen:

Während der Aufheizphase $\Delta T_{1max} = 60$ K

während der Härtephase $\Delta T_{2max} = 30$ K

während der Überlass- oder Ablassphase $\Delta T_{3max} = 60$ K

Jedes Überschreiten der zulässigen Temperaturdifferenzen ist der Betriebsleitung zu melden.

Die Ursache für das Überschreiten der zulässigen Temperaturdifferenzen sind unverzüglich, spätestens jedoch vor Beginn des nächsten Härtevorganges zu beseitigen.

Folgende Zusammenhänge sind gegeben:

Ursachen	Maßnahmen
Kondensatstau	Abschlammventil von Hand betätigen, Sieb und Schlammtopf reinigen, Kondensatanlage überprüfen und evtl. instand setzen
Kesselsohle verschmutzt	Steinhärtekessel ausfegen
zu schnelles Aufheizen	Dampfeinlassventil drosseln

6 Öffnen der Steinhärtekessel

Vor dem Öffnen der Steinhärtekessel durch Betätigen der Kondensatableiteinrichtung Kondensat restlos aus dem Steinhärtekessel ableiten.

Das Kondensatablassventil und die Abschlammvorrichtung sind wieder zu schließen, bevor der Steinhärtekessel geöffnet wird.

Mit dem Öffnen eines Steinhärtekessels darf erst begonnen werden, wenn der Überdruck im Kessel auf Null abgesunken ist (Manometerkontrolle und Beobachtung der Druckwarneinrichtung).

Beim Öffnen eines Steinhärtekessels ist auf die Gefahren durch austretenden Dampf zu achten, damit die Bedienungsperson(en) und Dritte nicht gefährdet werden. Ist im Ausnahmefall – z. B. Störungen beim Öffnen des Steinhärtekessels – mit vorhandenem Restkondensat zu rechnen, besteht erhöhte Verbrühungsgefahr durch plötzlich freiwerdenden Dampf. In diesen Fällen darf der Kessel erst vollständig geöffnet werden, nachdem das Kondensat bei leicht angelüftetem Deckel (in Fangvorrichtung) abgeflossen ist. Die Störung ist sofort der Betriebsleitung zu melden. Der Steinhärtekessel darf erst nach Beseitigung der Störung weiterbetrieben werden.

7 Zusätzliche Bedienungsregeln für das Öffnen von Steinhärtekesseln mit Schnellverschlüssen

Bei Kesseln mit Frischdampfanschluss für die Dichtung ist vor dem Öffnen des Deckels die Frischdampfleitung zu schließen. Die Deckelverriegelung darf erst dann geöffnet werden, wenn der Druck in den Dichtungskammern auf Null zurückgegangen ist. Hiervon hat sich die Bedienungsperson selbst zu überzeugen. Der Deckel selbst darf erst gelöst werden, wenn auch aus dem Absperrorgan des Druckkontrollstutzens (Druckwarneinrichtung) kein Dampfstrahl, sondern nur eine wehende, leichte Dampffahne austritt. Tritt in der Fanglappenstellung des Deckels noch Dampf am Deckelrand mit einem zischenden und pfeifenden Geräusch aus, so ist das Lösen des Deckels zu unterbrechen und erst dann fortzusetzen, wenn das geräuschlose Entweichen des Dampfes am Deckelrand die Drucklosigkeit im Kessel anzeigt.

Nach dem Öffnen eines Steinhärtekessels müssen die zu diesem Kessel führenden Frischdampf- und Überlassventile sowie Kondensatablassventile so lange geschlossen bleiben, bis auch der Kessel wieder vorschriftsmäßig verschlossen ist.

8 Reinhaltung der Steinhärtekessel und regelmäßige Kontrollen

Bei Arbeiten in Steinhärtekesseln – auch bei Reinigungsarbeiten – sind die „Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen“ (ZH 1/77) des Hauptverbandes der gewerb-

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

lichen Berufsgenossenschaften zu beachten. Das bedeutet u. a., dass Frischdampfleitungen, Überlassdampfleitungen und Kondensatleitungen durch zwei hintereinanderliegende Absperreinrichtungen zu schließen sind, zwischen diesen beiden Absperreinrichtungen eine geeignete Verbindung mit der Außenluft (Zwischenentspannung) herzustellen ist und die Betätigungsorgane gegen unbeabsichtigtes, unbefugtes oder irrtümliches Öffnen zu sichern sind.

Bei Anlagen, die noch nicht mit einer zweiten Absperreinrichtung ausgerüstet sind, ist das Absperrventil vor dem Steinhärtekessel so zu schließen, zu sichern und zu kennzeichnen, dass ein unbeabsichtigtes, unbefugtes oder irrtümliches Öffnen ausgeschlossen ist.

Beim Betrieb der Steinhärtekessel sind grobe Verunreinigungen, wie herabgefallene Rohlinge, laufend zu beseitigen (Sichtkontrolle bei Chargenwechsel z. B. mit Handscheinwerfer).

Eine regelmäßige Reinigung der Steinhärtekesselsohle (z. B. durch Ausfegen), der Siebe und Schmutzfänger ist bei Bedarf, mindestens jedoch einmal wöchentlich, vorzunehmen.

Bei jedem Chargenwechsel ist die Dichtheit der Dampfeinlass- und Dampfüberlassventile durch Besichtigung zu prüfen.

Die Innenwandungen der Verschlussdeckel sind ggf. auf Wassermarken hin zu kontrollieren, die einen Defekt des Kondensatableitsystems oder fehlerhaftes Ablassen des Kondensatwassers anzeigen. Der Steinhärtekessel darf erst weiterbetrieben werden, wenn der Defekt beseitigt ist. Die Wassermarken sind zu entfernen, um weitere Kontrollen zu ermöglichen.

In angemessenen Zeitabständen sind die Ausziehmittel auf einwandfreien Zustand hin zu überprüfen (Drahtbrüche, Zustand der Klemmverbindungen, Knoten und dgl.).

In angemessenen Zeitabständen sind auch die Innenwandungen der Steinhärtekessel auf mechanische Beschädigungen durch z. B. schieflaufende Härtewagen zu überprüfen. Defekte Härtewagen sind auszumustern.

In angemessenen Zeitabständen (mindestens wöchentlich) ist die ordnungsgemäße Funktion von Fest- und Loslagern der Steinhärtekessel zu prüfen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2016**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Ammoniaklagerbehälteranlagen**	**AD 2000-Merkblatt** **HP 801 Nr. 34** **korrigierte Fassung 09.2016**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Begriffe	2
3	Werkstoffe für ammoniakbeaufschlagte Anlagenteile	2
4	Berechnung	3
5	Herstellung	3
6	Ausrüstung	5
7	Aufstellung	6
8	Prüfungen	6

Ersatz für Ausgabe Mai 2002; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe; ¦ Korrektur

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 34 enthält zusätzliche Anforderungen für Ammoniaklagerbehälteranlagen und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 34 gilt für Ammoniaklagerbehälteranlagen zum Lagern von druckverflüssigtem Ammoniak.

1.2 Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 34 gilt nicht für Ammoniaklagerbehälteranlagen, die Bestandteil von verfahrenstechnischen Anlagen oder Kälteanlagen sind. Verfahrenstechnische Anlagen sind die Gesamtheit aller notwendigen sowie in Reserve stehenden Einrichtungen für die Durchführung des Ablaufs von chemischen, physikalischen oder biologischen Vorgängen zur Gewinnung, Herstellung oder Beseitigung von Stoffen oder Produkten.

2 Begriffe

Die Ammoniaklagerbehälteranlage (Anlage) endet an der Verbindungsstelle der Leitung

- zur Einspeisung von Ammoniak aus verfahrenstechnischen Anlagen,
- zum Verbraucher bzw. an der Ausgangsseite des Verdampfers, soweit der Verdampfer zum Ammoniaklagerbehälter gehört, oder
- mit Füllanlagen.

3 Werkstoffe für ammoniakbeaufschlagte Anlagenteile

3.1 Zulässige Werkstoffe

3.1.1 Bleche

3.1.1.1 Ferritische Stähle nach AD 2000-Merkblatt W 1, Abschnitt 2.2, 2.3 und 2.4, mit einem Mindestwert der Streckgrenze bei Raumtemperatur $\leq$ 355 MPa und einem Mindestwert der Bruchdehnung $\geq$ 22 %, in Verbindung mit Grenzwerten für die chemische Zusammensetzung und für die gemessene Streckgrenze bei Raumtemperatur nach Abschnitt 3.1.6.

3.1.1.2 Stabilisierte oder kohlenstoffarme (C-Gehalt $\leq$ 0,03 %) austenitische Stähle, z. B. nach AD 2000-Merkblatt W 2. Diese dürfen unter Berücksichtigung von AD 2000-Merkblatt W 8 auch als Auflagewerkstoff bei Walzplattierungen eingesetzt werden.

3.1.2 Rohre für Stutzen

3.1.2.1 Nahtlose Rohre, z. B. nach AD 2000-Merkblatt W 4 aus P235TR2 nach DIN EN 10216-1, P235GH-TC2 nach DIN EN 10216-2 sowie aus Feinkornbaustählen nach DIN EN 10216-3 mit einem Mindestwert der Streckgrenze $\leq$ 355 MPa, in Verbindung mit Grenzwerten für die chemische Zusammensetzung und für die gemessene Streckgrenze bei Raumtemperatur nach Abschnitt 3.1.6.

3.1.2.2 Rohre aus stabilisierten oder kohlenstoffarmen (C-Gehalt $\leq$ 0,03 %) austenitischen Stählen, z. B. nach AD 2000-Merkblatt W 2.

3.1.3 Flansche

Flansche, z. B. nach AD 2000-Merkblatt W 9, aus:

- S235JRG2 und S235J2G3 nach DIN EN 10250-2, S235JR+N und S235J2+N nach DIN EN 10025-2, P250GH nach DIN EN 10222-2, Nationaler Anhang NB und P250GH/C 22.8 nach VdTÜV-Werkstoffblatt 350, Feinkornbaustählen nach DIN EN 10028-1 und -3 und DIN EN 10222-4 oder DIN EN 10273 mit einem Mindestwert der Streckgrenze (bei Schmiedestücken für die kleinste Dicke des maßgeblichen Querschnitts) $\leq$ 355 MPa, in Verbindung mit Grenzwerten für die chemische Zusammensetzung und für die gemessene Streckgrenze bei Raumtemperatur nach Abschnitt 3.1.6, und
- stabilisierten oder kohlenstoffarmen (C-Gehalt $\leq$ 0,03 %) austenitischen Stählen, z. B. nach AD 2000-Merkblatt W 2.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.1.4 Gusswerkstoffe

Pumpen und Gehäuse aus:

- Gusseisen mit Kugelgraphit, z. B. nach AD 2000-Merkblatt W 3/2 aus EN-GJS-350-22-LT und EN-GJS-400-18-LT nach DIN EN 1563,
- ferritischem Stahlguss, z. B. nach AD 2000-Merkblatt W 5 aus GE200 und GE240 nach DIN EN 10293 und GP240GH nach DIN EN 10213,
- austenitischem Stahlguss, z. B. nach AD 2000-Merkblatt W 5.

3.1.5 Sonstige unlegierte normalgeglühte Stähle nach Eignungsfeststellung

Sonstige unlegierte normalgeglühte Stähle, die nicht in Abschnitt 3.1.1.1 genannt sind, müssen einen Mindestwert der Streckgrenze bei Raumtemperatur ≤ 355 MPa und einen Mindestwert der Bruchdehnung $A \geq 22$ % sowie einen Mindestwert der Kerbschlagarbeit (Mittelwert KV_2 aus 3 Proben, Probenrichtung wie bei den vergleichbaren Stählen nach den Abschnitten 3.1.1 bis 3.1.3) von 27 J bei tiefster zulässiger Temperatur aufweisen.

Der Nachweis der Schweißeignung ist durch den Hersteller zu führen. Die Vorwärmung, die Wärmeführung während des Schweißens und die Art der Wärmebehandlung nach dem Schweißen sind vom Hersteller anzugeben.

3.1.6 Zusätzliche Beschränkungen für ferritische Stähle

In der Schmelzenanalyse darf der Massenanteil an Molybdän höchstens 0,04 % und der an Vanadium höchstens 0,02 % betragen.

Bei Stählen mit einer Mindeststreckgrenze von 355 MPa im Bereich der kleinsten Erzeugnisdicke ist die chemische Zusammensetzung so einzustellen, dass im normalgeglühten Zustand die gemessene Streckgrenze bei Raumtemperatur den Wert von 440 MPa und bei warmgeformten Böden aus Blechen nach Abschnitt 3.1.1.1 den Wert von 470 MPa nicht übersteigt. Bei warmgeformten Böden aus Blechen sind Werte über 470 MPa zulässig, wenn an zusätzlich normalgeglühten Proben aus dem Boden nachgewiesen wird, dass die gemessene Streckgrenze bei Raumtemperatur den Wert von 440 MPa nicht übersteigt.

3.2 Nicht zulässige Werkstoffe

Alle Werkstoffe, die von Ammoniak angegriffen werden, z. B. Kupfer, Kupferlegierungen, Nickellegierung NiCu30Fe, cadmierte Werkstoffe, dürfen für ammoniakbeaufschlagte Anlagenteile nicht verwendet werden.

4 Berechnung

4.1 Lagerbehälter

4.1.1 Die Berechnung der Wanddicke für einwandige Lagerbehälter bei oberirdischer Lagerung erfolgt für einen Überdruck gleich dem Dampfdruck des Ammoniaks bei der höchstmöglichen Temperatur nach AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 27, Abschnitt 2.4, wenn betriebsmäßig kein höherer Druck vorgesehen ist oder entstehen kann.

4.1.2 Zusatzkräfte in der Behälterwandung werden nach AD 2000-Merkblatt S 3 rechnerisch berücksichtigt. In der Regel handelt es sich um Zusatzkräfte, die durch Behälterstühle oder Sättel, auch in Abhängigkeit von der Bettungsart, entstehen können.

4.1.3 Bei der konstruktiven Ausführung sind mehrachsige Spannungszustände durch örtliche Werkstoff- und Schweißgutanhäufungen sowie schroffe Wanddickenübergänge, d. h. örtliche Steifigkeitssprünge, zu vermeiden. Die Schweißnähte sind, soweit möglich, in Zonen verringerter Beanspruchung, also nicht im unmittelbaren Bereich von Form- und Querschnittsübergängen sowie von Krafteinleitungspunkten, zu legen. Die Behälterabmessungen sind, unabhängig von der Berechnung gegen Innendruck, so zu wählen, dass keine angeschweißten Versteifungsringe notwendig sind.

5 Herstellung

5.1 Allgemeine Anforderungen

5.1.1 Alle Schweißverbindungen am Lagerbehälter müssen für die vorgesehenen zerstörungsfreien Prüfungen zugänglich und prüfbar sein.

5.1.2 Bei Ausführung des Lagerbehälters als liegender zylindrischer Behälter ist die Auflagerung nach DIN 28080, Form D, auszuführen. Es handelt sich um Sättel mit Verstärkungsblech, auf die der Lagerbehälter lose aufgelegt und, z. B. durch Nocken, gegen Verschieben und Verdrehen gesichert ist. Die Verstärkungsbleche dürfen am Lagerbehälter nicht angeschweißt werden. Der Umschlingungswinkel sollte mindestens 120° betragen.

5.1.3 Schweißverbindungen sind gegenüber Flanschverbindungen zu bevorzugen. Beim Einsatz von Flanschverbindungen sind Flansche mindestens der Druckstufe PN 25 mit formschlüssigen Dichtungen (z. B. DIN EN 1092-1) zu wählen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2 Anforderungen bei ferritischen Stählen

5.2.1 Schweißen

5.2.1.1 Beim Schweißen ist DIN EN 1011-2 zu beachten, bei normalgeglühten Feinkornbaustählen in Verbindung mit den informativen Anhängen C bis F.

5.2.1.2 Kaltumgeformte Böden, auch solche, die vor dem Kaltumformen aus Einzelteilen zusammengeschweißt werden, sind normalzuglühen.

5.2.1.3 Für die Ausführung der Schweißverbindungen kommen das WIG-Verfahren, das E-Hand- oder das UP-Verfahren zur Anwendung, mit einer zur Erzielung möglichst niedriger Härte geeigneten Wärmeeinbringung. Dabei soll die Härte im Schweißgut am Bauteil nach dem Spannungsarmglühen 230 HV 10 (Mittelwert aus 3 Messungen) nicht überschreiten.

5.2.1.4 Es dürfen nur eignungsgeprüfte Schweißzusätze verwendet werden, die weder molybdän- noch vanadiumlegiert sind. Die Umhüllung von Elektroden bzw. das UP-Schweißpulver muss basischen Charakter haben.

Damit das Schweißgut nicht durch Wasserstoff geschädigt wird, sind für die Lagerung und Trocknung folgende Angaben zu beachten:

(1) Die Lagerung hat in trockenen Lagerräumen zu erfolgen. Wenn vom Hersteller nicht anders angegeben, sind eine relative Luftfeuchte von < 60 % und eine Temperatur von mindestens $+18$ °C einzuhalten.

(2) Stabelektroden sind im Anschluss an eine Lagerung rückzutrocknen. Dafür gelten, wenn vom Hersteller nicht anders festgelegt, folgende Eckwerte:

Für Stabelektroden zum Schweißen von Feinkornbaustählen mit einer Mindeststreckgrenze ≤ 355 MPa und einem entsprechend weichen Schweißgut (Streckgrenze max. 420 MPa): Mindestens 2 Stunden bei einer Temperatur von 250 °C.

Für Stabelektroden zum Schweißen von hochfesten Feinkornbaustählen mit einer Mindeststreckgrenze > 355 MPa: Mindestens 2 Stunden bei einer Temperatur von 300 °C bis 350 °C. Die Trocknungszeit soll 10 Stunden nicht überschreiten. Innerhalb der Summe von max. 10 Stunden kann das Trocknen mehrfach erfolgen.

Nach dem Rücktrocknen und Abkühlen im Ofen auf 200 °C sind die Stabelektroden – die nicht unmittelbar verbraucht werden – in einem Wärmeschrank bei einer Temperatur von 150 °C bis 200 °C zwischenzulagern. Die Zeitdauer des Zwischenlagerns, gegebenenfalls mehrfach nach einem Rücktrocknen, ist jeweils begrenzt auf eine Woche. Nach der Entnahme aus dem Wärmeschrank werden die Stabelektroden am Schweißplatz bis zu ihrem Verbrauch in einem beheizten Köcher bei einer Temperatur von 150 °C bis 200 °C aufbewahrt.

(3) Für Feinkornbaustähle mit einer Streckgrenze von 355 MPa ist wasserstoffkontrolliertes Schweißgut mit Wasserstoffwert B nach DIN EN 1011-2, Anhang C, Tabelle C.2, einzusetzen. Bei Rohrleitungen sind die Wurzellagen ausschließlich nach dem WIG-Verfahren zu schweißen. Abweichungen bedürfen der Abstimmung mit der zuständigen unabhängigen Stelle.

(4) Die Schweißzusätze und -hilfsstoffe sind so auszuwählen und schweißtechnisch zu verarbeiten, dass die Streckgrenze des Schweißgutes bei Raumtemperatur und die Härte der Schweißverbindung dem Grundwerkstoff angepasst sind, z. B. durch den Einsatz von Schweißgut mit Mn-Gehalten < 1 %. Die Zugfestigkeit und die Streckgrenze des reinen Schweißgutes dürfen die Gewährleistungswerte des Grundwerkstoffes um bis zu 10 % unterschreiten, wenn die Zugprobe quer zur Schweißnaht die Festigkeitswerte des Grundwerkstoffes erreicht.

5.2.1.5 Die Arbeitsprüfung an Prüfstücken erfolgt nach den einschlägigen AD 2000-Merkblättern der Reihe HP.

5.2.1.6 Die Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen für das Schweißen der Feinkornbaustähle sollen mindestens 100 °C betragen; die obere Temperaturgrenze ist analog den VdTÜV-Werkstoffblättern 351/1 bis 354/1 bzw. 354/3 festzulegen. Diese Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen können gleichermaßen auch für sonstige unlegierte Stähle verwendet werden. Es sollten dabei für Schweißungen am Lagerbehälter großflächig über den Werkstoffquerschnitt Temperaturen im oberen angegebenen Bereich zur Anwendung kommen und mit einer ausreichenden Zahl von Messstellen überwacht werden.

5.2.1.7 Die Schweißnahtgüte muss der Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817 entsprechen.

5.2.2 Spannungsarmglühen

5.2.2.1 Vor dem Spannungsarmglühen sind die Schweißnahtoberflächen wie folgt zu bearbeiten:

— Behälterinnenseite (ammoniakbenetzte Seite)

Längs- und Rundnähte sind blecheben und kerbfrei zu bearbeiten. Innenseitige Stutzennähte und Nähte für Anschlussteile sind kerbfrei mit sanften Übergängen zu bearbeiten; übermäßige Erwärmung ist zu vermeiden.

— Behälteraußenseite

Alle Schweißnähte müssen prüffähig sein.

Die Anschweißteile, z. B. Nocken, sind vor dem Spannungsarmglühen anzubringen.

5.2.2.2 Die Eignung der Wärmebehandlungseinrichtung ist im Hinblick auf die vorgegebenen Temperaturtoleranzen vor der Wärmebehandlung zu überprüfen.

5.2.2.3 Die Lagerbehälter sind nach der Fertigstellung unter Erfassung aller Schweißnähte und kaltumgeformten Grundwerkstoffbereiche einer Spannungsarmglühung bei 570 ± 20 °C zu unterziehen; Haltedauer 2 min/mm Wanddicke,

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

mind. 30 min, jedoch nicht mehr als 90 min (mit Rücksicht auf mögliche Mehrfachglühung). Die Messstellen müssen in ausreichender Anzahl (Abstimmung zwischen Besteller, Hersteller und zuständiger unabhängiger Stelle), über Umfang und Länge verteilt, am Lagerbehälter angebracht werden.

Die Temperaturführung ist beim Glühvorgang zu überwachen. Für das Anwärmen des Lagerbehälters auf Glühtemperatur gilt eine maximale Wärmrate von 50 K/h und für das Abkühlen eine Kühlrate im Temperaturbereich 300 °C $\leq t \leq$ 570 °C von maximal 50 K/h. Die Abkühlung unter 300 °C erfolgt an ruhender Luft. Alternative Maßnahmen zur Vermeidung unzulässiger Spannungen oder zum Spannungsabbau bedürfen der Zustimmung des Bestellers und der zuständigen unabhängigen Stelle.

5.2.2.4 Die Lagerbehälter sollten als Ganzes im Ofen einer Spannungsarmglühung unterzogen werden. Ein anderes Vorgehen bedarf der Zustimmung des Bestellers und der zuständigen unabhängigen Stelle.

5.2.2.5 Nach dem Spannungsarmglühen dürfen am Lagerbehälter keine Schweiß- oder Schleifarbeiten und keine Verformungsvorgänge, die Zugspannungen auf der Lagerbehälterinnenseite nach sich ziehen, ausgeführt werden. Kleinere Schleifarbeiten an der Lagerbehälteraußenseite sind zulässig. Abweichungen hiervon bedürfen der Zustimmung des Bestellers und der zuständigen unabhängigen Stelle.

5.2.2.6 Ein Spannungsarmglühen ist weiterhin erforderlich an

- allen kaltgebogenen Rohrleitungen,
- Schweißverbindungen bis zur ersten Absperrarmatur,
- den Verdampfern und
- allen übrigen Schweißverbindungen mit Härtewerten > 230 HV 10.

Wenn aufgrund der konstruktiven Gegebenheiten von einer hinreichend niedrigen Gefährdung durch Spannungsrisskorrosion ausgegangen werden kann, kann nach Rücksprache mit der zuständigen unabhängigen Stelle auf das Spannungsarmglühen nach Satz 1 verzichtet werden.

5.2.3 Kugelstrahlen

Ist für Lagerbehälter eine Kugelstrahlbehandlung vorgesehen, soll diese nach der Druckprüfung vorgenommen werden.

5.3 Anforderungen bei austenitischen Stählen

Für austenitische Stähle gelten die Anforderungen an die Herstellung des Lagerbehälters nach dem AD 2000-Regelwerk.

6 Ausrüstung

6.1 Lagerbehälter

6.1.1 Für eine Inertisierung des Lagerbehälters sind entsprechende Einrichtungen vorzusehen.

6.1.2 Wird für die Einsteigöffnungen und Rohranschlüsse ein Domschacht vorgesehen, muss er so hoch sein, dass alle im Domschacht vorgesehenen Flanschverbindungen unterhalb dessen Oberkante zu liegen kommen. Der Domschacht muss nicht mit dem Druckbehälter durch Schweißnähte verbunden sein. Er ist konstruktiv so auszuführen, dass die Dehnungsbehinderung am Behältermantel gering gehalten wird.

6.1.3 An dem Lagerbehälter sollte für die Restentleerung an der tiefsten Stelle ein Stutzen mit einer innen liegenden oder einer außen liegenden eingeschweißten Armatur und Blindflanschabschluss angebracht sein.

6.1.4 Alle Stutzen am Lagerbehälter sollen eine Mindestnennweite von DN 50 haben. Das Verhältnis s_S/s_A sollte 1,5 nicht überschreiten (Bezeichnungen nach AD 2000-Merkblatt B 9). Scheibenförmige Ausschnittverstärkungen sind nicht zulässig. Die Verschwächung ist durch die Wanddicke der Stutzen zu kompensieren. Die Stutzen sollen innenbündig eingesteckt und voll über den Querschnitt der Behälterwand, Anschweißteile (außer Schachtbleche) mit K-Naht und Doppelkehlnaht angeschweißt werden. Stutzen bis einschließlich DN 100 können auch aufgeschweißt werden, wobei die Nahtwurzel auszubohren oder auszuschleifen ist (ohne Restspalt). Bei eingesteckten Stutzen sind die Innenkanten und bei aufgesteckten Stutzen die Bohrung innen abzurunden.

6.2 Verdampfer

6.2.1 Verdampfer in Anlagen mit einem Fassungsvermögen > 30 t müssen den folgenden Anforderungen genügen.

6.2.2 Verdampfer müssen indirekt, z. B. über einen Wärmeträgerkreislauf, beheizt werden. Ammoniakeinbruch in das Wärmeträgermedium muss zu einem unverzüglichen Absperren der Ammoniakzufuhr und Abschalten der Beheizung führen.

6.2.3 Im Bereich von Verdampfern muss ein Not-Aus-System mit leicht erreichbarem Auslösesystem vorhanden sein, das den Verdampfer von anderen Anlagenteilen absperren kann. Das Not-Aus-System kann in Teilsysteme untergliedert werden und von Hand oder selbsttätig ausgelöst werden.

6.2.4 Die Verdampferstation ist mit Gasdetektoren auszurüsten, die an eine zentrale Gaswarnanlage angeschlossen sind und zum Absperren der Ammoniakzufuhr führen. Die gesamte Einrichtung aus Gaswarnanlage und Einrichtung zur Erfüllung der Abschaltfunktion muss hinreichend fehlersicher sein; dies ist beispielsweise erfüllt, wenn DIN EN 50156-1 (VDE 0116-1), Abschnitt 10, eingehalten wird.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.3 Armaturen

Armaturen, die mit Ammoniak in der Flüssigphase oder in ungeregelter Gasphase betrieben werden, sind in der Druckstufe mindestens PN 25 auszuführen.

7 Aufstellung

7.1 Pumpen für Ammoniak dürfen nicht in engen Schächten aufgestellt werden. Die Aufstellung in einem Auffangraum unter Erdgleiche ist zulässig, wenn die Entwässerung über automatisch arbeitende, explosionsgeschützte Tauchpumpen in einem Auffangraum der Anlage erfolgt.

7.2 Armaturen sollten in Gruppen zusammengefasst werden.

7.3 Armaturengruppen sind mit einer Wassersprüheinrichtung zum Niederschlag von Gas aus Leckagen auszurüsten. Stationäre Wassersprüheinrichtungen können durch eine ständig in Bereitschaft gehaltene Werkfeuerwehr ersetzt werden. Die Leistung der Wassersprüheinrichtung soll etwa 100 l/(m^2·h) betragen. Die Niederschlagsfläche muss die möglichen Leckagestellen mit einem Sicherheitsabstand von mindestens 1 m überdecken. Bei Armaturen im Domschacht ist die gesamte Domfläche zu besprühen. Das Berieselungswasser ist sicher abzuleiten, z. B. in einen Auffangraum.

7.4 Der Druck in den Hauptzuleitungen für die Sprüheinrichtungen und zu den Berieselungsanlagen muss überwacht, und Störungen müssen angezeigt werden.

7.5 Es muss sichergestellt sein, dass die Wasser führenden Leitungen nicht einfrieren. Bis zur ersten frostsicheren Absperrarmatur können die Sprüh- und Berieselungssysteme als Trockenleitung ausgeführt sein.

8 Prüfungen

8.1 Wegen Abschnitt 3.1.6 sind Böden einer Einzelprüfung zu unterziehen.

8.2 Im Rahmen der Arbeitsprüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/2 sind zum Nachweis der Anforderungen des Abschnitts 5.2.1.4 zusätzlich folgende Prüfungen erforderlich:

(1) Zugversuch nach DIN EN ISO 5178 an einer Schweißgutprobe für Dicken ≥ 10 mm zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften des Schweißgutes. Die Streckgrenze bei RT soll 500 MPa nicht überschreiten.
Eine Unterschreitung der Mindestzugfestigkeit des Grundwerkstoffes in der Schweißgut-Probe um bis zu 10 % ist zulässig, wenn in der Probe quer zur Schweißnaht die Mindestzugfestigkeit des Grundwerkstoffes erreicht wird.

(2) Härte der Schweißverbindung nach DIN EN ISO 9015-1. Der Härtewert von 230 HV 10 (Mittelwert aus 3 Messungen) soll im Schweißgut auf der mediumberührten Seite nicht überschritten werden.

Bei den zusätzlichen Prüfungen sind jedes bei den Rund- oder Längsnähten zur Anwendung kommende Schweißverfahren, alle verwendeten Schweißzusätze und -hilfsstoffe und jede Schmelze der verwendeten Blechwerkstoffe, einschließlich der für die Böden, zu erfassen. Vor dem Herausarbeiten der Proben sind die Prüfstücke einer mitlaufenden Spannungsarmglühung nach Abschnitt 5.2.2 zu unterziehen.

8.3 Der Umfang der zerstörungsfreien Prüfung ist im AD 2000-Merkblatt HP 5/3 festgelegt. Sollen im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung Erleichterungen in Anspruch genommen werden, sind Prüfungen nach Tafel 1 vorzunehmen[1)].

Tafel 1

		US-Volumen-Prüfung	**Prüfung mit magnetischem Streuflussverfahren**[3)]
Längs- und Rundnähte	ammoniakseitig	100 %[1)] Prüfklasse C	100 %
	Behälteraußenseite	–	alle Stoßstellen auf eine Länge von rd. 400 mm
Stutzennähte	beidseitig	100 %[2)] in Anlehnung an Prüfklasse C	100 %
Anschweißteile	ammoniakseitig	100 %[2)] in Anlehnung an Prüfklasse C	100 %
	Behälteraußenseite	–	100 %

1) Diese Prüfung wird zweckmäßigerweise von der Außenseite aus durchgeführt.
2) Randbedingungen nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3, Tafel 1, Werkstoffgruppe 5.1, Spalte 22.
3) Möglichst Magnetpulverprüfung mit fluoreszierender Eisenpulver-Suspension.

1) Die Prüfungen sind zwischen Hersteller und Besteller zu vereinbaren.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Wärmeübertragungsanlagen**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 37**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffe
3 Allgemeines
4 Ausrüstung
5 Aufstellung
6 Abnahme

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 37 enthält zusätzliche Anforderungen für Wärmeübertragungsanlagen und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor. Dieses AD 2000-Merkblatt kommt nur dann zur Anwendung, wenn derartige Druckbehälter nicht aus dem Geltungsbereich der DGRL Artikel 1 (3) Nr. 3.10 ausgenommen sind.

2 Begriffe

2.1 Wärmeübertragungsanlagen sind Anlagen, in denen sich organische Flüssigkeiten ausschließlich als Wärmeträger im geschlossenen Kreislauf befinden und in denen die Wärmezufuhr durch Erhitzer erfolgt, nicht jedoch:

- Kälteanlagen,
- Wärmepumpen,
- Kühleinrichtungen,
- ortsbewegliche Zimmerradiatoren als Einzelheizung und
- Sonnenheizanlagen mit Sonnenkollektoren, sofern die Beheizung in den betreffenden Kreislauf nur durch Sonnenenergie erfolgt.

2.2 Als organische Flüssigkeiten (Wärmeträger) werden in Wärmeübertragungsanlagen in der Regel Mehrstoffgemische verwendet, die anstelle eines Siedepunktes einen Siedebereich haben; Siedebeginn bedeutet die tiefste Temperatur des Siedebereiches.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.3 Erhitzer sind feuer-, abgas-, elektrisch- oder dampfbeheizte Anlagenteile, in denen organische Wärmeträger erhitzt werden.

3 Allgemeines

Druckbehälter in Wärmeübertragungsanlagen sind nach dem Stand der Technik auszulegen, siehe hierzu insbesondere DIN 4754.

4 Ausrüstung

4.1 Erhitzer in Wärmeübertragungsanlagen müssen zusätzlich zu den Sicherheitseinrichtungen nach AD 2000-Merkblatt A 403 Temperaturbegrenzer haben, die die Beheizung vor Überschreiten der zulässigen Vorlauftemperatur unterbrechen. Bei Zwanglauferhitzern muss außerdem eine Einrichtung vorhanden sein, die den Gesamtvolumenstrom anzeigt und die Beheizung bei Unterschreiten des Mindestvolumenstroms abschaltet und verriegelt. Zwanglauferhitzer, bei denen abhängig von der Bauart und der Art der Beheizung eine Schädigung des Wärmeträgers in einzelnen Strängen nicht ausgeschlossen werden kann, müssen in den betreffenden Strängen Einrichtungen haben, durch die eine Überhitzung des Wärmeträgers durch Einwirkung auf die Feuerung selbsttätig verhindert wird, z. B. Temperaturbegrenzer.

4.2 Bei der Kennzeichnung der Erhitzer in Wärmeübertragungsanlagen müssen zusätzlich zu den Anforderungen des AD 2000-Merkblattes A 401 angegeben sein:

- Leistung in kW und
- bei Zwanglauferhitzern der Mindestvolumenstrom in m^3/h.

4.3 Wärmeübertragungsanlagen müssen – zusätzlich zur Kennzeichnung der einzelnen Druckbehälter – mit folgenden Angaben gekennzeichnet sein:

- Hersteller der Anlage,
- Handelsname sowie Hersteller des Wärmeträgers sowie
- zulässige Vorlauftemperatur und Füllvolumen in Litern.

5 Aufstellung

Erhitzer in Wärmeübertragungsanlagen müssen so aufgestellt sein, dass die Beschäftigten und Dritte, z. B. durch Brand, Verpuffung, nicht gefährdet werden. Die Forderung ist bei feuerbeheizten Erhitzern erfüllt, wenn diese im Freien oder in einem besonderen Heizraum, der von angrenzenden Räumen feuerbeständig abgetrennt sein muss, aufgestellt sind und wenn, sofern der Rauminhalt des Erhitzer-Druckraumes für den Wärmeträger 500 Liter überschreitet, bei der Aufstellung im Freien ein Schutzabstand von 10 m gegenüber Gebäuden, deren Wände nicht feuerbeständig ausgeführt sind, sowie gegenüber anderen Anlagen eingehalten ist und der dadurch entstehende Schutzbereich von brennbaren Gegenständen freigehalten wird. Dieser Schutzabstand ist entbehrlich, wenn eine Brandmauer errichtet worden ist.

6 Abnahme

6.1 Druckprüfungen an Druckbehältern erfolgen in der Regel mit flüssigem, nichtheißem Wärmeträger.

6.2 Die Wärmeübertragungsanlage ist durch den Hersteller mit flüssigem, nichtheißem Wärmeträger, einem Inertgas oder Luft einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen, wobei der maximal zulässige Druck der Anlage nicht überschritten werden darf.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Versuchsautoklaven**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 38**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffsbestimmungen
3 Ausrüstung
4 Aufstellung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 38 enthält zusätzliche Anforderungen für Versuchsautoklaven und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffsbestimmungen

Versuchsautoklaven sind Druckbehälter für Versuchszwecke, bei denen die bei den Versuchen zu erwartenden Drücke und Temperaturen nicht sicher bekannt sind.

3 Ausrüstung

Bei Versuchsautoklaven dürfen die Sicherheitseinrichtungen gegen Druck- und Temperaturüberschreitung entfallen.

4 Aufstellung

Versuchsautoklaven müssen in besonderen Kammern oder hinter Schutzwänden aufgestellt sein, die so gestaltet sind, dass die Autoklaven gegen Einwirkung von außen und dass Beschäftigte oder Dritte beim Versagen des Autoklaven geschützt sind. Die Beobachtung der Sicherheits- und Messeinrichtungen sowie die Bedienung müssen von sicherer Stelle aus erfolgen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2002**

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter **Druckbehälter von Isostatpressen**	AD 2000-Merkblatt **HP 801 Nr. 39**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Begriffe
3 Allgemeines
4 Prüfungen vor Inbetriebnahme

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 39 enthält zusätzliche Anforderungen für Druckbehälter von Isostatpressen und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

2 Begriffe

2.1 Druckbehälter von Isostatpressen im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes sind Behälter, in denen betriebsmäßig Gegenstände einem isostatischen Druck (allseitig gleichstark) durch Gase oder Flüssigkeiten von mehr als 500 bar ausgesetzt werden.

2.2 Mit Innendruck beaufschlagte Werkzeuge von Pressen gelten nicht als Druckbehälter im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes. Artikel 1 (3) Nr. 3.10 der DGRL ist entsprechend anzuwenden.

3 Allgemeines

Auf AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 15 wird verwiesen.

4 Prüfungen vor Inbetriebnahme

Von der zuständigen unabhängigen Stelle ist die vom Hersteller festgelegte Lastspielzahl zu prüfen. Im Benehmen mit dem Hersteller sind die bei der Schlussprüfung besonders zu prüfenden Bereiche an Druckgeräten sowie die hierfür vorgesehenen Prüfverfahren festzulegen.

Die Festlegungen sind vom Hersteller dem Betreiber schriftlich mitzuteilen. Die im Rahmen dieser Festlegungen erzielten Prüfergebnisse sind aufzulisten und als Grundlage für wiederkehrende Prüfungen vom Betreiber aufzubewahren.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juni 2014**

Druckbehälter aus nichtmetallischen Werkstoffen	**Druckbehälter aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK)**	**AD 2000-Merkblatt N 1** **korrigierte Fassung 04.2015**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Allgemeine Anforderungen	2
3	Werkstoffe	2
4	Berechnung	3
5	Prüfungen	14
6	Schrifttum	16

Ersatz für Ausgabe Mai 2006; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe; ¦ = Korrektur

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept im Hinblick auf Druckbelastungen. Für das Gesamtkonzept eines Druckbehälters aus GFK, z. B. Lagerung, Flansche, Medien, Temperatur usw., kann die DIN EN 13121 herangezogen werden, da sie auch das Gesamtkonzept des AD 2000-Regelwerkes erfüllt (siehe Richtlinie über Druckgeräte 97/23/EG Abs. 16).

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die Anforderungen an Werkstoffe und Herstellung, für die Berechnung und für die Prüfung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen. Textilglasverstärkte duroplastische Kunststoffe bestehen aus Reaktionsharz-Formstoffen, vorzugsweise auf Basis ungesättigter Polyester-(UP)-, Vinylester-(VE)- und Epoxid-(EP-)Harze, die durch Textilglas verstärkt sind.

Bei Verwendung von anderen Faserverstärkungen darf dieses AD 2000-Merkblatt sinngemäß angewendet werden.

2 Allgemeine Anforderungen

2.1 Grundlagen

Der Betreiber/Besteller muss dem Hersteller die für die Auslegung des Druckbehälters erforderlichen Angaben hinsichtlich des maximal zulässigen Druckes PS, des Beschickungsgutes und der zulässigen maximalen/minimalen Temperatur TS bekannt geben. Darüber hinaus müssen Angaben hinsichtlich wechselnder Beanspruchungen infolge Betriebsweise (Drücke, Temperaturen, Medien), hinsichtlich der Befüllung, der Entleerung, der Druckaufbringung und -entlastung sowie bei Vorgabe bestimmter Ausgangsstoffe, Herstellungsverfahren und Toleranzen gemacht werden.

2.2 Voraussetzungen

2.2.1 Die Hersteller müssen über Einrichtungen verfügen, die eine sachgemäße Herstellung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen ermöglichen.

2.2.2 Die Hersteller müssen eigenes verantwortliches Aufsichtspersonal und fachkundiges Personal für die Fertigung haben.

2.2.3 Die Hersteller müssen eigenes Prüfpersonal haben, das von der Fertigung unabhängig oder einer eigenen, von der Fertigung unabhängigen Prüfaufsicht unterstellt ist. Die Prüfaufsicht muss benannt werden. In Einzelfällen darf die Prüfaufsicht anderen Stellen übertragen werden.

2.2.4 Die Hersteller müssen über Prüfeinrichtungen verfügen, die die Prüfung nach den entsprechenden DIN-Normen oder anderen für die Durchführung der Prüfungen in Frage kommenden Regeln erlauben. Prüfmaschinen müssen der DIN 51220 entsprechen.

3 Werkstoffe

3.1 Allgemeines

Durch die Vielzahl der auf dem Markt angebotenen Harze, Zusatzstoffe und Textilglasverstärkungen sowie durch die Kombinationsmöglichkeiten dieser Ausgangsstoffe und die verschiedenen Bedingungen bei der Herstellung lassen sich unterschiedliche Eigenschaften der Verbundwerkstoffe erzielen. Die Verbundwerkstoffe — nachfolgend „Werkstoffe“ genannt — sind durch das Harz/Härtersystem, die Art, Menge und Folge der Textilglasverstärkung und durch das Herstellungsverfahren gekennzeichnet.

3.2 Ausgangsstoffe

3.2.1 Harzformstoffe

Für Druckbehälter aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen sind vorzugsweise mittel- und hochreaktive UP-, VE- und EP-Harze zu verwenden.

3.2.2 Zusatzstoffe

Für Druckbehälter aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) dürfen Zusatzstoffe verwendet werden, um besondere Eigenschaften (z. B. hinsichtlich Thixotropie, Brandverhalten) zu erzielen, wenn ihre Eignung und ihre Verträglichkeit durch Prüfungen nach Abschnitt 5 nachgewiesen sind. Farbstoffe und Farbpigmente dürfen nur in den

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

äußeren Schutzschichten eingesetzt werden. Bei Verwendung thermoplastischer Schutzschichten ist Abschnitt 3.5 zu beachten.

3.2.3 Textilglasverstärkung

Die Verstärkung muss aus textilen Gläsern bestehen, die eine ausreichende Haftung zum Formstoff ergeben oder mit geeigneten Haftvermittlern ausgerüstet sind. Die Textilglasfaserverstärkung ist entsprechend dem planmäßigen Laminataufbau in das Harz einzubringen und möglichst gleichmäßig in den einzelnen tragenden Schichten zu verteilen.

3.2.4 Eigenschaften

Die kennzeichnenden Eigenschaften der Ausgangsstoffe müssen vom Lieferer gewährleistet und durch Bescheinigung nach DIN EN 10204 – 2.2 (Werkszeugnis) bestätigt sein.

3.3 Anforderungen an die Werkstoffe

3.3.1 Herstellung der Werkstoffe

Der Hersteller gewährleistet durch Güteüberwachung mit entsprechenden Aufzeichnungen die sachgemäße Herstellung und Verarbeitung der Werkstoffe sowie die Einhaltung der in einem Gutachten oder in Werkstoffblättern festgelegten Eigenschaften.

3.3.2 Verwendung der Werkstoffe

Die Ausgangsstoffe des Werkstoffes (z. B. Harzsystem, Textilglasverstärkung) und der Schutzschichten (siehe Abschnitt 3.6) müssen entsprechend dem Verwendungszweck gewählt werden, wobei die zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen des Druckbehälters zu berücksichtigen sind. Bei der Werkstoffauswahl der Harzmatrix der Traglaminate ist darauf zu achten, dass die Wärmeformbeständigkeit HDT (Heat Deflection Temperature, ermittelt nach ISO 75 Methode A) des gewählten Harzes 20 K höher als die Designtemperatur DT (= maximal zulässige Temperatur TS) des Druckbehälters ist. Dieser Wert wird in den Datenblättern des Harzherstellers ausgewiesen und wird an voll ausgehärteten Reinharzproben bestimmt, siehe EN 13121-3 Anhang D13 bzw. D18.

3.4 Verarbeitungszustand

An dem erstellten Druckgerät sind die Prüfungen nach 5.2 durchzuführen.

3.5 Schutzschichten

Die tragenden Schichten des Werkstoffes müssen beidseitig mit Schutzschichten versehen sein, die gegen Schädigung, z. B. durch Einwirken des Beschickungsguts bzw. durch Witterungseinflüsse, schützen.

Es sind Schutzschichten aus dem gleichen oder einem ähnlichen Harzformstoff erforderlich, die sich mit den tragenden Schichten einwandfrei verbinden und die Textilglasverstärkung vollständig abdecken. Eine Einfärbung ist nur in den äußeren Schichten nach der Druckprüfung zulässig. Dies kann z. B. durch eine eingefärbte Schutzschicht oder einen Farbanstrich erfolgen.

Die inneren Schutzschichten dürfen auch aus anderen Werkstoffen (z. B. Auskleidung, Beschichtung, Innenhülle) bestehen, wenn deren Eignung, z. B. chemische Widerstandsfähigkeit und ausreichende thermische Beständigkeit, nachgewiesen ist.

Bei Behältern mit thermoplastischen Linern ist die Haftfestigkeit und ggf. eine Dehnungsbegrenzung zu beachten.

3.6 Kennwerte für die Berechnung

Die mechanischen Eigenschaften Tragfähigkeit (Festigkeit) und Steifigkeiten (Elastizitätsmodule) des Werkstoffes sind im Wesentlichen von der Art, Menge und Orientierung der Textilglasverstärkung abhängig. Für den Festigkeitsnachweis bzw. den Stabilitätsnachweis sind die in den einzelnen Richtungen vorhandenen Kennwerte zu verwenden. Für die Kennwerte gelten die Festlegungen des Werkstoffgutachtens oder der Werkstoffblätter.

3.7 Prüfung und Nachweis der mechanischen Kennwerte der zum Einsatz kommenden GFK-Laminate

Die mechanischen Kennwerte der GFK-Laminate sind entsprechend den Angaben der Werkstoffblätter, des Werkstoffgutachtens bzw. durch Prüfungen nach den Abschnitten 5.2.2 und 5.2.3 mit Bescheinigungen nach DIN EN 10204 – 3.1 nachzuweisen.

4 Berechnung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt enthält Berechnungsregeln für die Bemessung drucktragender Teile von Druckbehältern aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK). Soweit in Einzelfällen für die Bemessung andere allgemein anerkannte Regeln der Technik angewandt werden (z. B. Berücksichtigung der mehrachsigen Beanspruchung), ist der Beurteilung elastisches Verhalten des Werkstoffes zugrunde zu legen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.1.2 Druckbehälter aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) sind so zu bemessen, dass die auftretenden Verformungen und die Veränderungen der Werkstoffeigenschaften auch bei Langzeitbeanspruchung die Gebrauchstüchtigkeit der Bauteile nicht beeinträchtigen. Der Nachweis hierfür wird durch Prüfungen nach Abschnitt 5.1 erbracht.

4.1.3 Schutzschichten bleiben bei der Ermittlung der tragenden Wanddicke unberücksichtigt.

4.1.4 Bei Verbundbauweisen, GFK mit Schutzschichten oder thermoplastischen Auskleidungen, ist zu beachten, dass die Dehnung der tragenden Wand die zulässige Dehnung der Innenschicht nicht überschreiten darf.

4.1.5 Bei Behältern in Verbundbauweise mit tragenden Innenschichten, z. B. GFK mit metallischen Linern, ist eine gesonderte Berechnung durchzuführen.

4.1.6 Übergänge von Laminatdicken sind mit $\leq 1:6$ auszuführen. Die Abklinglänge x kann um den Betrag (Gesamtdicke − Grundwanddicke) × 4 reduziert werden. Bei dem Nachweis der Schubübertragung darf dann die Abklinglänge x + (Gesamtdicke − Grundwanddicke) × 4 angesetzt werden.

4.2 Formelzeichen und Einheiten

b	Breite	mm
d	Durchmesser eines Ausschnittes, eines Flansches, einer Schraube usw.	mm
d_L	Schraubenlochdurchmesser	mm
h	Höhe	mm
l	Länge des Zylinders	mm
l_R	Abstand der Versteifungsringe/Beulringe	–
p	Berechnungsdruck / max. zulässiger Druck PS	bar
p_{krit}	kritischer äußerer Überdruck	bar
r	Radius einer Krempe	mm
s	erforderliche Wanddicke	mm
s_A	erforderliche Wanddicke am Ausschnittrand	mm
s_K	Wanddicke der Krempe	mm
s_V	Dicke des Verbindungslaminates	mm
s_S	Stutzenwanddicke	mm
v	Faktor zur Berücksichtigung von Verschwächungen	–
x	Abklinglänge	mm
A	Werkstoffabminderungsfaktor	–
$A_1 \ldots A_4$	Teilfaktoren	–
A_p/A_σ	druckbelastete/tragende Querschnittsfläche (siehe AD 2000-Merkblatt B 9)	–
C_1, C_2	Formwerte	–
λ	Hilfswert	–
D_a	Außendurchmesser	mm
E_R	Biege-E-Modul eines Versteifungsringes in Umfangsrichtung	N/mm²
E_s	Vergleichs-E-Modul der Wandung	N/mm²
E_{UB}, E_{LB}	Biege-E-Modul des Wandwerkstoffes in Umfangs- bzw. Längsrichtung	N/mm²
E_{UZ}, E_{LZ}	Zug-E-Modul des Wandwerkstoffes in Umfangs- bzw. Längsrichtung	N/mm²
J	Flächenträgheitsmoment	mm⁴
K_Z	Zugfestigkeit des Laminates in der jeweiligen Beanspruchungsrichtung	N/mm²
K_B	Biegefestigkeit des Laminates in der jeweiligen Beanspruchungsrichtung	N/mm²
K_D	Druckfestigkeit des Laminates in der jeweiligen Beanspruchungsrichtung	N/mm²
K_{ZV}	Zugfestigkeit des Überlaminates bzw. des Verbindungslaminates	N/mm²
$K_\perp$	Stirnabzugsfestigkeit	N/mm²
M	Biegemoment für die Flanschberechnung	N mm
m	Umfangswellenzahl bei der radialen Beulung von Zylindern	–
HDT	Wärmeformbeständigkeit HDT (Heat Deflection Temperature) ermittelt nach ISO 75 Methode A	°C
DT	Designtemperatur DT (maximal zulässige Temperatur TS)	°C
R	Radius einer Kalotte	mm
S	Sicherheitsbeiwert	–
φ	Winkel	°

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ψ	Winkel	°
σ	Spannung	N/mm²
τ	Scherfestigkeit des Laminates	N/mm²
τ_{Kl}	Scherfestigkeit der Klebeverbindung	N/mm²
ε	Dehnung	–
$\varepsilon_{\perp}$	Dehnung senkrecht zu den Verstärkungsfasern bei unidirektional verstärkten Laminaten	–
ν	Querkontraktionszahl	–

4.3 Festigkeitskennwert

Als Festigkeit werden die Zugfestigkeit K_Z, die Biegefestigkeit K_B, bei Beanspruchung durch Außendruck die Druckfestigkeit K_D oder der zutreffende Elastizitätsmodul E in der jeweiligen Beanspruchungsrichtung eingesetzt.

4.4 Sicherheitsbeiwert und Werkstoffabminderungsfaktor

4.4.1 Die zulässigen Spannungen des Werkstoffes ergeben sich aus den Kennwerten K für die Festigkeiten und E für die Elastizitätsmoduln. Für die Ermittlung der Bemessungswerte kann

a) der globale Sicherheitsbeiwert $S = 2$ (Bruchsicherheit, Beulsicherheit) in Verbindung mit dem Werkstoffabminderungsfaktor A als Produkt aus den Teilfaktoren A_1 bis A_4 oder

b) das Teilsicherheitskonzept nach DIN EN 13121-3 in Verbindung mit den entsprechenden Werkstoffabminderungsfaktoren

herangezogen werden. Im Folgenden ist nur das globale Sicherheitskonzept beschrieben.

4.4.2 Für den Nachweis nach dem globalen Sicherheitskonzept sind die Abminderungsfaktoren A_1 bis A_4 nach Tafel 1 bei nachweislicher Einhaltung der Anforderungen an die Werkstoffe nach Abschnitt 3.3 und den Bedingungen nach den Abschnitten 4.4.4 bis 4.4.8 zu berücksichtigen.

Die Abminderungsfaktoren A_1 bis A_4 können herabgesetzt werden, soweit dies durch Langzeituntersuchungen bei mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen an repräsentativen Werkstoffproben oder durch Dehnungsmessungen oder Zeitstanddruckversuche an repräsentativen Behältermustern nachgewiesen und durch Werkstoffgutachten bestätigt wird.

Tafel 1 — Werkstoffspezifische Abminderungsfaktoren

Einfluss langzeitiger Lasteinwirkungen bis 2×10^5 Stunden	$A_1 = 2{,}0$ oder nach Werkstoffgutachten
Einfluss des Lagermediums und der Bewitterung	A_2 siehe 4.4.4
Einfluss der Betriebstemperatur	A_3 siehe 4.4.5
Einfluss von Inhomogenitäten bzw. der Streuung	$A_4 = 1{,}2$

Das Produkt aus $A \cdot S$ darf jedoch den Wert 4,0 nicht unterschreiten, und die zulässigen Spannungen müssen unterhalb der Rissbildungsgrenze (siehe Abschnitt 4.4.7) bei der jeweils maßgebenden Beanspruchungsart liegen.

4.4.3 Der Teilfaktor $A_1 = 2{,}0$ für das Zeitstandverhalten gilt ohne weiteren Nachweis für Werkstoffe mit Textilglasanteilen von mindestens 40 Massen-% und Füllstoffanteilen von höchstens 10 Massen-% im Traglaminat. Bei anderer Zusammensetzung des Werkstoffes oder zur Herabsetzung ist der Teilfaktor A_1 durch Zeitstandbruchversuche oder durch Zeitstandkriechversuche gemäß Abschnitt 5.2.2 (7) nachzuweisen. Als Mindestwert ist $A_1 = 1{,}25$ einzusetzen.

4.4.4 Bei Medien nach Medienlisten 40 des Deutschen Instituts für Bautechnik, DIBt Berlin, bzw. DIN EN 13121-2 ist der Teilfaktor A_2 den Werten entsprechend den Medienlisten einzusetzen. Bei nicht gelisteten Medien und/oder abweichenden ist entsprechend der DIN EN 13121-2 zu verfahren.

4.4.5 Der Teilfaktor A_3 für den Temperatureinfluss kann durch folgende Gleichungen berechnet werden:

$$A_3 = 1{,}00 + 0{,}4 \cdot \left(\frac{DT - 20}{HDT - 30} \right)$$ für den nicht wärmeisolierten Behälter

$$A_3 = 1{,}00 + 0{,}4 \cdot \left(\frac{DT}{HDT - 30} \right)$$ für den wärmeisolierten Behälter

Bei nicht getemperten Laminaten ist der oben ermittelte Wert A_3 um 0,05 Punkte zu erhöhen.

DT = Auslegungstemperatur in °C

HDT = Wärmeformbeständigkeit (Heat Deflection Temperature) des im Traglaminat eingesetzten Harzes in °C, ermittelt nach ISO 75 Methode A

Die Gleichung zur Ermittlung des A_3-Faktors ist nur anwendbar in den Grenzen $1{,}0 \leq A_3 \leq 1{,}4$.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Für nicht wärmeisolierte Standzargen gilt $A_3^* = (1 + A_3)/2$. Für wärmeisolierte Standzargen wird $A_3^* = A_3$ gesetzt.

4.4.6 Bei Verwendung statistisch gesicherter Kennwerte für die Berechnung darf der Teilfaktor $A_4 = 1{,}0$ gesetzt werden. Als statistisch gesichert können unter Zugrundelegung einer logarithmischen Normalverteilung die 5 %-Fraktilwerte (siehe DIN 53598-1) für eine Aussagewahrscheinlichkeit von $P = 75$ % bei Auswertung von mindestens zehn Einzelwerten gelten.

4.4.7 Ein experimenteller Nachweis der Rissbildung (z. B. durch Belastungsversuche mit Farbeindringverfahren oder Schallemissionsmessungen) darf entfallen, wenn die medienbelastete Seite aus einer Wirrfaserschicht von ca. 450 g/m^2 besteht oder zusätzlich einen Liner besitzt und wenn die Grenzdehnungen die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tafel 2 — Grenzdehnungen $\varepsilon_{grenz,d}$

Matrix	Laminat	Wirrfaserlaminat CSM	Mischlaminat WR/CSM	Wickellaminat	
				0°(axial)/90°(Umfang)	≤ ± 65°
UP		0,30 %	0,25 %	0,20 %/0,27 %	0,27 %
VE-Bisphenol		0,35 %	0,30 %	0,23 %/0,30 %	0,30 %
VE-Novolak		0,30 %	0,25 %	0,20 %/0,27 %	0,27 %
Furan		0,20 %	0,15 %	0,15 %/0,20 %	0,15 %
Epoxid		0,35 %	0,30 %	0,25 %/0,30 %	0,30 %

Der Nachweis der Grenzdehnungen ist unter Lasten ohne Zeit-, Medien- und Temperatureinfluss zu führen.

Auf einen Grenzdehnungsnachweis für die nicht mit dem Medium beaufschlagte Seite kann verzichtet werden, wenn dort das Traglaminat mit einer Wirrfaserschicht von ca. 450 g/m^2 endet.

Wird die Chemieschutzschicht oder die Schutzschicht mit einer anderen Matrix als in dem Traglaminat hergestellt, so muss als Grenzwert der Dehnung der kleinere der beiden möglichen Grenzwerte angesetzt werden.

Die Grenzdehnungen der Tabelle 2 gelten nur, wenn $0{,}1 \cdot \varepsilon_R$ des Reinharzes größer ist als die angegebenen Grenzdehnungen, ansonsten ist $0{,}1 \cdot \varepsilon_R$ zu verwenden.

Bei Behältern mit thermoplastischen Linern aus PP, PE, PVDF sind die Grenzdehnungen der zur Anwendung kommenden Matrixwerkstoffe maßgebend. Bei Linern aus PVC-C und PVC-U beträgt die Grenzdehnung 0,20 %.

Bei Prüfdruck darf die Grenzdehnung den Wert von 1,3 × den oben angegebenen Grenzdehnungen nicht überschreiten.

4.4.8 Bei Beanspruchung durch äußeren Überdruck ist das Zeitstandverhalten ebenfalls zu berücksichtigen. Das Produkt aus dem Sicherheitsbeiwert und dem Werkstoffabminderungsfaktor ist entsprechend den zu erwartenden Belastungsbedingungen so festzulegen, dass $A \cdot S = 2{,}7$ gegen Instabilität während der der Berechnung zugrunde gelegten Lebensdauer nicht unterschritten wird. In die Berechnung darf anstelle von A_1 der Wert $\sqrt{A_1}$ eingesetzt werden.

4.5 Berechnung gegen inneren Überdruck

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für zylindrische Mäntel und für Kugeln unter innerem Überdruck mit $D_a/D_i \leq 1{,}2$.

4.5.1 Fügeverbindungen

Der rechnerische Nachweis der Belastbarkeit der Fügeverbindungen (Laminatverbindungen, Klebeverbindungen) ist mit folgenden Bruchwerten durchzuführen:

$\tau_{Kl} = 7{,}0$ N/mm^2, für den Schubnachweis darf max. $16 \times s_v$ eingesetzt werden, und

$\sigma_\perp = 4{,}0$ N/mm^2 gilt für Stirnabzug ohne schälenden Anteil. Die Dicke des Verbindungslaminates ist im Verhältnis der Festigkeiten des geprüften zu dem zu beurteilenden Wandwerkstoff festzulegen. Das Verbindungslaminat muss die zu verbindenden Bauteile zu beiden Seiten mindestens in einer Breite von $x = \sqrt{D_a \cdot s_v}$ überdecken und dann allmählich auslaufen (Verhältnis ≤ 1 : 6). Die Breite der Klebeverbindung muss mindestens dem 10-Fachen der kleineren Wanddicke der zu verbindenden Teile entsprechen.

4.5.2 Zylindrische Mäntel

4.5.2.1 Die erforderliche Wanddicke s ergibt sich aus der Beanspruchung in Umfangsrichtung bzw. Längsrichtung. Da die Festigkeiten bei textilglasverstärkten Kunststoffen in beiden Richtungen unterschiedlich sein können, ist die größere der nach den Abschnitten 4.5.2.2 und 4.5.2.3 ermittelten Wanddicken für die Bemessung maßgebend.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.5.2.2 Die erforderliche Wanddicke s für die Beanspruchung in Umfangsrichtung beträgt:

$$s = \frac{D_a \cdot p}{20 \cdot \frac{K_Z}{A \cdot S}} \quad (1)$$

4.5.2.3 Die erforderliche Wanddicke s für die Beanspruchung in Längsrichtung beträgt:

$$s = \frac{D_a \cdot p}{40 \cdot \frac{K_Z}{A \cdot S}} \quad (2)$$

4.5.3 Kegelförmige Mäntel

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für kegelförmige Mäntel, bei denen am weiten Ende das Verhältnis $s \geq 3{,}0$ mm bzw. $s \geq D_a/500$ beträgt.

4.5.3.1 Für die Bemessung der Wanddicke sind die in der Krempe am weiten Ende in beiden Richtungen auftretenden Beanspruchungen und die am weiten Ende auftretende Beanspruchung in Richtung der Mantellinie (Biegebeanspruchung) und in Umfangsrichtung (Zugbeanspruchung) maßgebend. Die Berechnung erfolgt für den kegelförmigen Mantel nach den Abschnitten 4.5.3.2 und 4.5.3.3 und für die Krempe nach dem Abschnitt 4.5.3.5, wobei jeweils die größere Wanddicke für die Bemessung maßgebend ist.

In der Krempe muss die erforderliche Biegefestigkeit in Umfangs- und Meridianrichtung vorhanden sein.

4.5.3.2 Die erforderliche Wanddicke s des Mantels für die Beanspruchung in Umfangsrichtung des Kegels beträgt:

$$s = \frac{D_a \cdot p}{20 \cdot \frac{K_Z}{A \cdot S}} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_1} \quad (3)$$

4.5.3.3 Die erforderliche Wanddicke s des Mantels für die Beanspruchung in Längsrichtung des Kegels beträgt:

$$s = \frac{D_a \cdot p}{40 \cdot \frac{K_Z}{A \cdot S}} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_1} \quad (4)$$

4.5.3.4 Die erforderliche Wanddicke s der Krempe am weiten Ende des kegelförmigen Mantels für die Beanspruchung beträgt:

$$s_K = \frac{D_a \cdot p \cdot C_1}{20 \cdot \frac{K_B}{A \cdot S}} \quad (5)$$

4.5.3.5 Der Formwert C_1 ist unter Zugrundelegung des Winkels ψ, der von den durch die Krempe verbundenen Mänteln gebildet wird, abhängig vom Verhältnis des Krempenradius zum Berechnungsdurchmesser r/D_a und dem Winkel φ bzw. ψ der Tafel 3 zu entnehmen.

4.5.3.6 Kegelförmige Mäntel sind mit einer Krempe im Verhältnis $r/D_a \geq 0{,}1$ zu versehen.

4.5.3.7 Werden die Krempen kegelförmiger Mäntel verstärkt, so muss das Verstärkungslaminat an beiden Seiten der Krempe eine Breite von $x \geq \sqrt{D_a \cdot s_K}$ in gleicher Dicke überdecken und dann allmählich auslaufen ≤ 1 : 6.

Tafel 3 — Formwert C_1 für die Krempenberechnung von Kegeln

r/D_a	C_1 für φ bzw. ψ					
	10°	20°	30°	45°	60°	75°
0,06	1,57	2,18	2,55	3,22	4,10	6,28
0,08	1,52	2,02	2,34	2,74	3,51	5,53
0,1	1,46	1,86	2,13	2,26	2,93	4,79
0,15	1,33	1,46	1,46	1,53	1,93	3,59
0,2	1,06	1,20	1,20	1,26	1,53	2,79
0,3	1,00	1,06	1,13	1,20	1,33	1,86
1/cos φ	1,015	1,064	1,155	1,414	2,000	3,86

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.5.4 Kugeln

Die erforderliche Wanddicke s beträgt:

$$s = \frac{D_a \cdot p}{40 \cdot \frac{K_Z}{A \cdot S}} \quad (6)$$

4.5.5 Gewölbte Böden

4.5.5.1 Bei Verwendung gewölbter Böden ist die Korbbogen- oder die Halbkugelform der Klöpperform vorzuziehen. Flachgewölbte und ebene gekrempte Böden dürfen nicht verwendet werden.

4.5.5.2 Die erforderliche Wanddicke s_{Kr} für die Krempe beträgt:

$$s_{Kr} = \frac{D_a \cdot p \cdot C_2}{40 \cdot \frac{K_B}{A \cdot S}} \quad (7)$$

wobei die Formwerte C_2 der Tafel 4 zu entnehmen sind.

Die erforderliche Biegefestigkeit K_B muss in Umfangs- und in Längsrichtung vorhanden sein.

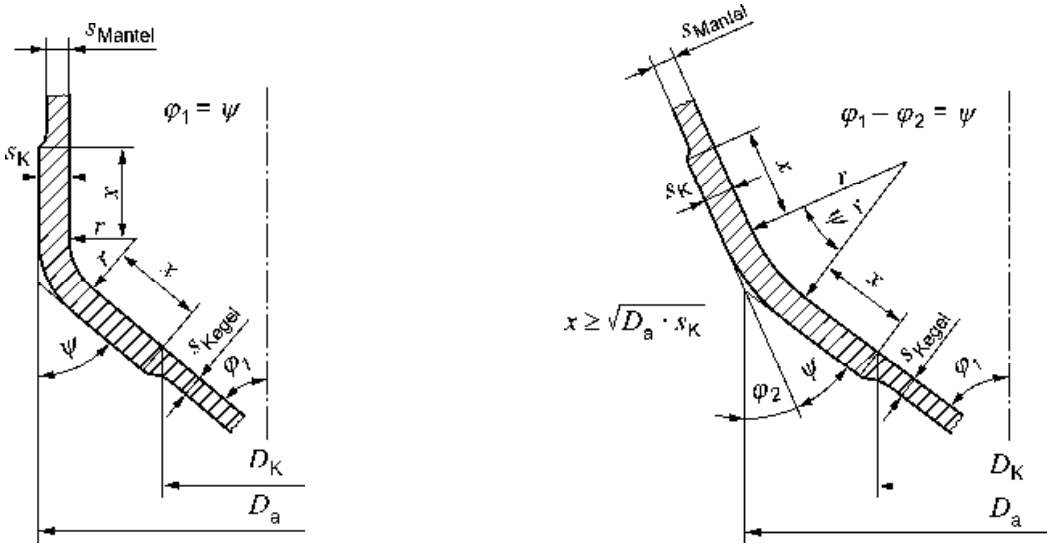


Bild 1 und Bild 2 — Ausführungsarten kegelförmiger Mäntel

4.5.5.3 Die erforderliche Wanddicke s für die Kalotte und bei Halbkugelböden beträgt:

$$s = \frac{D_a \cdot p \cdot C_2}{40 \cdot \frac{K_Z}{A \cdot S}} \quad (8)$$

wobei die Formwerte C_2 der Tafel 4 zu entnehmen sind und D_a der Außendurchmesser des Zylinders ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

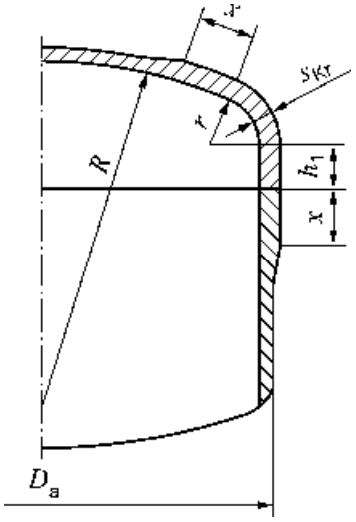


Bild 3 — Verstärkung von Krempen und Verbindungen

4.5.5.4 Bei Klöpperböden und bei Korbbogenböden darf die Wanddicke der Krempe den Wert $s_K \geq 3{,}0$ mm und $s_K \geq D_a/500$ nicht unterschreiten.

4.5.5.5 Werden die Krempen gewölbter Böden verstärkt (siehe Bild 3), so muss das Verstärkungslaminat den kalottenförmigen Teil des Bodens und den Zylinder in einer Breite von $x \geq \sqrt{D_a \cdot s_K}$ überdecken und dann allmählich auslaufen ≤ 1 : 6.

Tafel 4 — Formwert C_2 für die Berechnung gewölbter Böden

Bodenform			Formwert C_2
Halbkugelböden			1,2
Korbbogenböden $R = 0{,}8 \cdot D_a$ $h_1 \geq 3{,}0 \cdot s_K$ $r = 0{,}154 \cdot D_a$	für Kalottenwanddicke		1,8
	für Krempenwanddicke		3,5
Klöpperböden $R = D_a$ $r = 0{,}1 \cdot D_a$ $h_1 \geq 3{,}5 \cdot s_K$	für Kalottenwanddicke		2,4
	für Krempenwanddicke bei s_K/D_a	= 0,005	5,8
		= 0,01	5,4
		= 0,02	5,1
		= 0,03	4,75
		= 0,04	4,45
		= 0,05	4,2
		≥ 0,06	4,0

4.5.6 Ausschnitte

4.5.6.1 Da über die Wirkung von Ausschnittverstärkungen bei Druckbehältern aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen zu wenig Ergebnisse vorliegen, ist der Berechnung die elastische Beanspruchung des scheibenförmigen oder ähnlich verstärkten Ausschnittes zugrunde zu legen. Es sind nur angeformte oder anlaminierte Stutzen zulässig.

Die Laminierung für die scheibenförmige Verstärkung von Ausschnitträndern soll am Außenrand der Verstärkungsscheiben allmählich auf die Behälterwanddicke auslaufen (≤ 1 : 6).

4.5.6.2 Die erforderliche Wanddicke s_A am Ausschnittrand von Zylindern und Kegeln beträgt

$$s_A = \frac{D_a \cdot p}{20 \cdot v_A \cdot \frac{K_Z}{A \cdot S}} \qquad (9)$$

Die Zugfestigkeit K_Z dieser Fügeverbindung muss in der verstärkten Wand in Umfangsrichtung vorhanden sein. In Längsrichtung muss sie mindestens die Hälfte des eingesetzten Wertes betragen. Dies gilt für Durchmesserverhältnisse $d_A/D_a \leq 0{,}4$. Bei Kegeln ist für D_a der Außendurchmesser am Ausschnittmittelpunkt einzusetzen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.5.6.3 Die erforderliche Wanddicke s_A am Ausschnittrand in Kugeln und Kugelkalotten beträgt:

$$s_A = \frac{D_a \cdot p}{40 \cdot v_A \cdot \frac{K_Z}{A \cdot S}} \quad (10)$$

wobei D_a = Außendurchmesser der Kugel ist.

Die Zugfestigkeit K_Z dieser Fügeverbindung muss in der ausgeschnittenen und verstärkten Wand in beiden Richtungen des Ausschnittes vorhanden sein.

4.5.6.4 Die Verschwächungsbeiwerte v_A unverstärkter, scheibenförmig oder rohrförmig verstärkter Ausschnitte können der Tafel 5 entnommen werden. Aufgesetzte und bündig eingesetzte Stutzen gelten nicht als rohrförmige Verstärkung und bedürfen einer besonderen Beurteilung.

Tafel 5 — Verschwächungsbeiwert v_A für die Berechnung von Ausschnitten

$\frac{d_A}{\sqrt{D_a \cdot s_A}}$ Ausführung	1	2	3	4	5
unverstärkt oder scheibenförmig verstärkt nach den Bildern 4a bzw. 4b	0,44	0,33	0,27	0,22	0,19
scheiben- und rohrförmig verstärkt nach Bild 5 ($s_S/s_A = 1$) bzw. nach Bild 6 ($s_S/s_A \geq 0,8$)	0,60	0,47	0,38	0,32	0,28

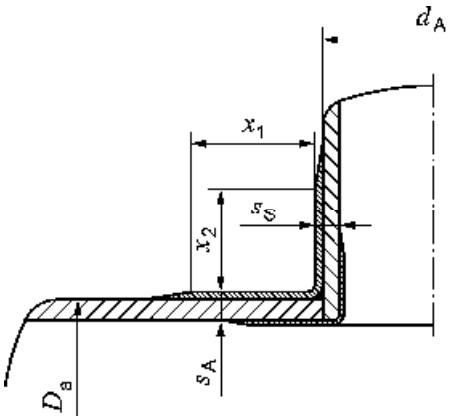


Bild 4a — Scheibenförmige Verstärkung (duroplastische Schutzschicht)

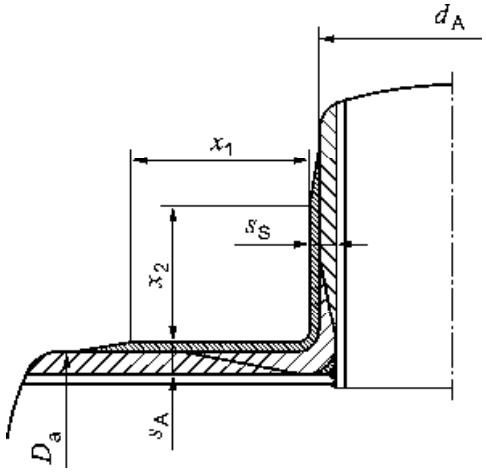


Bild 4b — Scheibenförmige Verstärkung (thermoplastischer Liner)

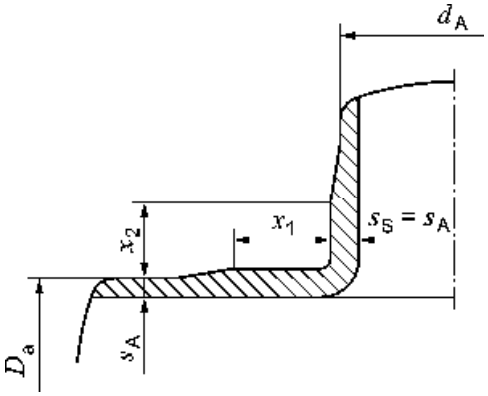


Bild 5 — Scheibenförmige Ausschnittverstärkung (angeformter Stutzen)

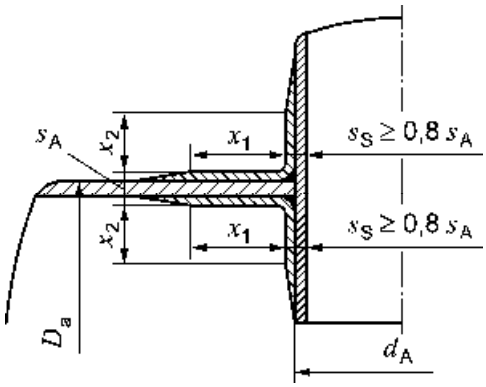


Bild 6 — Scheiben- und rohrförmige Ausschnittverstärkung (durchgesteckter Stutzen)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.5.6.5 Die Breite der scheibenförmigen Verstärkung muss $x_1 \geq \sqrt{D_a \cdot s_A}$, mindestens jedoch 10 × Mantelwanddicke, die Höhe der rohrförmigen Verstärkung $x_2 \geq \sqrt{d_A \cdot s_A}$ betragen, wobei die Ausführungen gemäß den Bildern 5 und 6 zu beachten sind. Für Ausschnitte mit $d_A \leq 150$ ist $x_1 = 100$ mm, mindestens jedoch 10 × Mantelwanddicke.

4.5.6.6 Die Nachprüfung der gegenseitigen Beeinflussung von benachbarten Ausschnitten ist dann zu führen, wenn der Mittenabstand $\leq 1{,}5 \times d_{max}$ bzw. $\leq \sqrt{D_a \cdot s_A}$ beträgt. Vereinfachend kann v_A mit d_A des umschließenden Kreises der beiden Ausschnitte ermittelt werden.

Der Nachweis darf auch durch weitere Berechnungsmethoden (z. B. FEM) oder Dehnungsmessungen geführt werden.

4.5.6.7 In der Krempe von Böden sollen keine Ausschnitte angeordnet werden. Soweit Stutzen erforderlich sind, soll ihr innerer Durchmesser den Wert $\sqrt{2r \cdot s}$ nicht überschreiten. Die Stutzenwanddicke soll gleich der Krempenwanddicke sein. Außerdem ist bei der Prüfung nachzuweisen, dass die zulässigen Spannungen und Dehnungen nicht überschritten werden.

4.5.7 Flansche

Flansche mit konischem oder zylindrischem Ansatz, die aus einem durchgehenden Laminat hergestellt sind und deren Verbindung mit dem Stutzenrohr mindestens in einem Abstand von $x = \sqrt{D_a \cdot s}$ vom Flanschblatt oder mit dem Überlaminat der Stutzenverstärkung erfolgt, können nach der Vornorm DIN 2505 (Oktober 1964) bzw. nach der DIN EN 13121-3 berechnet werden. Die Anzahl der Schrauben soll möglichst groß gewählt werden, und die Schraubenteilung soll nicht größer als 5 d_L sein. Es sind mindestens vier Schrauben vorzusehen.

Als Anhaltswert für die Berechnung nach der Vornorm DIN 2505 (Oktober 1964) gilt:

$$\frac{M}{W} \leq \frac{K_B}{1{,}5 \cdot A \cdot S} \tag{11}$$

Als Biegefestigkeit K_B ist die für die betrachtete Richtung, hier ist die Umfangsrichtung maßgebend, vorhandene Biegefestigkeit einzusetzen.

Blindflansche und ebene Platten dürfen in Anlehnung an das AD 2000-Merkblatt B 5 bzw. DIN EN 13121-3 bemessen werden, wobei anstelle von $\frac{K}{S}$ der Term $\frac{K_B}{1{,}5 \cdot A \cdot S}$ eingesetzt werden muss.

4.6 Verformungsnachweis

Mit den unter Abschnitt 4.5.1 angegebenen Gleichungen lassen sich für die vorgesehenen Wanddicken die vorliegenden mittleren Spannungen im Betriebs- und Prüfzustand für die einzelnen Bauteilgruppen ermitteln.

Im Einzelnen gilt:

$$\varepsilon_L = \frac{\sigma_L}{E_L} - \frac{\nu_L}{E_U} \cdot \sigma_U \tag{12}$$

$$\varepsilon_U = \frac{\sigma_U}{E_U} - \frac{\nu_U}{E_L} \cdot \sigma_L \tag{13}$$

Hierin sind E_L, E_U die im Werkstoffgutachten festgelegten E-Moduln. Die Werteermittlung nach der Kontinuumstheorie (schichtweise Bruchanalyse [1]) oder der Netztheorie [3] ist unter Berücksichtigung von Abschnitt 4.4.8 zulässig.

Die ermittelten Dehnungen ε_L und ε_U müssen kleiner als die für den entsprechenden Lastfall zulässigen Werte sein (siehe Abschnitt 4.4.8).

4.7 Nachweise gegenüber äußerem Überdruck

4.7.1 Berechnung der zulässigen Druckspannung

4.7.1.1 Der zulässige äußere Betriebsüberdruck beträgt bei zylindrischen Mänteln für die Beanspruchung in Umfangsrichtung

$$p = \frac{20 \cdot s \cdot K_D}{D_a \cdot A \cdot S} \tag{14}$$

4.7.1.2 Der zulässige äußere Betriebsüberdruck beträgt für die Beanspruchung in Längsrichtung

$$p = \frac{40 \cdot s \cdot K_D}{D_a \cdot A \cdot S} \quad \text{im ungestörten Bereich} \tag{15}$$

$$p = \frac{20 \cdot s \cdot K_D}{D_a \cdot A \cdot S} \quad \text{im Bereich der Einflussbreite } b \text{ für starre Ringe bzw. Böden } b = 0{,}3 \cdot \sqrt{D_a \cdot s} \tag{16}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.7.2 Berechnung gegen Instabilität

Der kritische Beuldruck ist von den elastischen Eigenschaften und von der Geometrie des Zylinders abhängig.

Der zulässige Betriebsüberdruck ergibt sich zu

$$p_{zul} = \frac{p_{krit}}{A \cdot S} \tag{17}$$

4.7.2.1 Unversteifte Zylinder

Für unversteifte Zylinder kann ohne besonderen Nachweis bei Zylinderlängen $\leq 6 \cdot D_a$ der kritische Beuldruck nach Formel (18) berechnet werden.

$$p_{krit} = 23{,}5 \cdot E_s \cdot \frac{D_a}{l} \cdot \left(\frac{s}{D_a}\right)^{5/2} \tag{18}$$

$$E_s = \sqrt[4]{E_{UB}^3 \cdot E_{LB}} \tag{18a}$$

Für unversteifte Zylinder, deren zylindrische Länge l größer als $6 \cdot D_a$ ist, ist der kritische Beuldruck nach Formel (19) zu berechnen.

$$p_{krit} = \frac{20 \cdot E_{UB}}{1 - \nu_L \cdot \nu_U} \cdot \frac{D_a}{l} \cdot \left(\frac{s}{D_a}\right)^{5/2} \tag{19}$$

Für übliche Laminate darf $\nu_L \cdot \nu_U = 0{,}1$ gesetzt werden.

Damit ergibt sich $p_{krit} \approx 22 \cdot E_{UB} \cdot \left(\frac{s}{D_a}\right)^3$ (19a)

4.7.2.2 Ringversteifte Zylinder

Die Zylinderschale zwischen Versteifungen ist entsprechend Abschnitt 4.7.2.1 zu beurteilen.

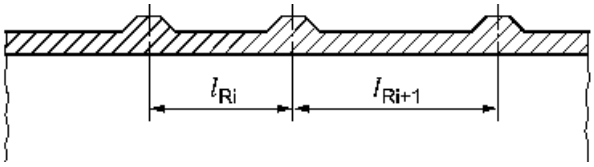


Bild 7 — Abstände von Ringversteifungen

Hierbei ist $l = l_R$ der Abstand zweier benachbarter Versteifungsringe. Liegen unterschiedliche Ringabstände vor, ist für l_R der Mittelwert aus den beiden maximalen benachbarten Ringabständen in die Berechnung von p_{krit} einzusetzen:

$$l_R = \frac{\left(l_{Ri} + l_{Ri+1}\right)_{max}}{2}$$

Gesamtinstabilität:

Für die Berechnung des zulässigen Druckes bezüglich der Gesamtinstabilität gilt bei versteiften Zylinderschalen:

$$p_{krit} = \frac{20 \cdot E_s \cdot s}{D_a} \cdot \frac{\lambda^4}{\left(m^2 - 1 + \frac{\lambda^2}{2}\right) \cdot \left(m^2 + \lambda^2\right)^2} + \frac{\left(m^2 - 1\right) \cdot 80 \cdot E_R \cdot J_e}{D_a^3 \cdot l_R} \tag{20}$$

$m \geq 2$ ist die ganzzahlige Anzahl der möglichen Beulwellen in Umfangsrichtung; m ist so zu wählen, dass p zum kleinsten Wert bei gegebenem $E_R \cdot J_e$ wird.

E_s ist der Vergleichsmodul nach Formel (18a) der Wandung zur Ermittlung der Steifigkeit für die mittragende Breite l_m (Formel (22)).

λ ist wie folgt zu ermitteln:

$$\lambda = \frac{\pi \cdot D_a}{2 \cdot l} \tag{21}$$

wobei l der Abstand zwischen zwei Endscheiben bzw. zwei wirksamen Versteifungen ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Vereinfachend kann für die Ermittlung der Ringsteifigkeit, unter Vernachlässigung der Schalentragwirkung und der Endscheiben, Folgendes angesetzt werden:

erforderliches $J \geq \frac{p \cdot D^3 \cdot l_R}{240 \cdot E_R} \cdot A \cdot S$

Das Flächenträgheitsmoment J_e der elastischen Versteifung (Bild 8) setzt sich zusammen aus dem Trägheitsmoment des Ringes mit der Höhe h_R und dem Trägheitsmoment der mittragenden Breite l_m. Bei einwandfreier schubfester Verbindung des Verstärkungsringes mit dem Mantel wird das Gesamtträgheitsmoment auf den gemeinsamen Schwerpunkt bezogen. Ist eine einwandfreie Verbindung Ring/Mantel nicht gewährleistet, so ist das Gesamtträgheitsmoment J_e nur die Summe der Einzelträgheitsmomente. Hierbei sind eventuell vorhandene Unterschiede im E-Modul zu berücksichtigen.

l_R ist der Abstand der Ringe (siehe Bild 7).

Die mittragende Schalenlänge l_m ergibt sich zu

$$l_m = b_m + b_R \tag{22}$$

$$b_m \leq 1{,}1 \cdot \sqrt{D_a \cdot s} \leq 20 \cdot s \tag{22a}$$

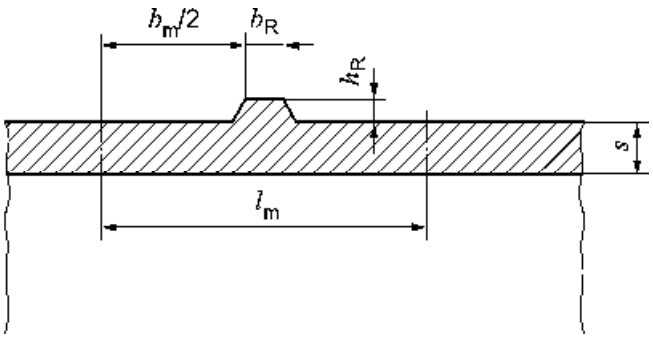


Bild 8 — Abmessungen von Ringversteifungen

$$2h_R \leq b_R \leq 20\ h_R$$

$$s \leq H_r \leq 4s$$

4.7.3 Gewölbte Böden unter äußerem Überdruck

Bei Verwendung gewölbter Böden ist die Korbbogen- oder Halbkugelform der Klöpperform vorzuziehen. Flachgewölbte und ebene Böden mit Krempen dürfen nicht verwendet werden.

4.7.3.1 Festigkeitsberechnung

Der zulässige äußere Überdruck von Böden ergibt sich für die Krempe:

$$p = \frac{40 \cdot s \cdot \frac{K_B}{A \cdot S}}{D_a \cdot C_2} \tag{23}$$

Für die Kalotte:

$$p = \frac{40 \cdot s \cdot \frac{K_D}{A \cdot S}}{D_a \cdot C_2} \tag{24}$$

Der Formbeiwert C_2 ist der Tafel 4 zu entnehmen.

4.7.3.2 Stabilitätsberechnung

Der zulässige Beuldruck der Kugelschale mit dem Radius R ergibt sich zu

$$p = 3{,}66 \cdot \frac{E_B}{A \cdot S} \cdot \left(\frac{s}{R}\right)^2 \tag{25}$$

Als Biege-E-Modul ist der kleinste der richtungsabhängigen Werte aus dem Werkstoffgutachten einzusetzen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5 Prüfungen

5.1 Verfahrensprüfung

Die Verfahrensprüfung erfolgt im Herstellerwerk anhand von Herstellerunterlagen über seine Fertigungseinrichtungen, sein Fachpersonal und seine Gütesicherung sowie über seine Werkstoffe. Die Herstellung und die Entnahme der für die Bauart repräsentativen Proben für die Werkstoffprüfung müssen bei der Verfahrensprüfung erfolgen.

Über die Durchführung und die Ergebnisse der Verfahrensprüfung wird ein Bericht erstellt, in dem die Druckbehälterbauart, die Baugrößen, die Werkstoffe und die Herstellungsverfahren zu beschreiben sind.

Bei Änderungen, z. B. bei Durchmesserabweichungen von mehr als 50 %, Änderung der Unterstützungen oder der Verbindungen sowie der Ausschnitt- oder Stutzenabmessungen, ist eine Ergänzungsprüfung erforderlich.

5.2 Werkstoffprüfung

5.2.1 Allgemeines

5.2.1.1 Die für die Bemessung und Ausführung der Bauteile maßgebenden Werkstoffkennwerte und Teilfaktoren sind vor oder bei Aufnahme der Fertigung zu ermitteln und in einem Werkstoffgutachten festzulegen. Änderungen des Werkstoffs oder der Herstellung sowie Erweiterungen der Betriebsbedingungen (z. B. Betriebstemperaturen, Beschickungsgut) erfordern eine ergänzende Werkstoffbegutachtung.

5.2.1.2 Die Werkstoffprüfung dient der Bestimmung der Kennwerte, die der Berechnung nach Abschnitt 4 zugrunde gelegt werden. Der Werkstoffnachweis erfolgt aufgrund eines erstmaligen Werkstoffgutachtens anhand einer Identitätsprüfung des Werkstoffs oder anhand eines Werkstoffgutachtens im Einzelfall.

5.2.1.3 Die typgemäßen Eigenschaften der Ausgangsstoffe nach Abschnitt 3.2 müssen durch Bescheinigungen DIN EN 10204 – 2.2 (Werkszeugnisse) bestätigt werden.

5.2.1.4 Die zur Werkstoffprüfung erforderlichen Proben sind dem Bauteil oder den Werkstoffmustern zu entnehmen, die dem Werkstoff des Bauteils hinsichtlich der Ausgangsstoffe, des Schichtaufbaus und der Herstellung entsprechen müssen. Die Probennahme erfolgt in den Hauptspannungsrichtungen der Textilglasverstärkung.

5.2.2 Kennwertbestimmung

Bei der Werkstoffprüfung sind folgende Kennwerte zu bestimmen:

(1) Textilglasanteil in Anlehnung an DIN EN ISO 1172, ggf. für das Laminat der Tragschichten und der Schutzschicht getrennt, sowie Schichtenaufbau mit den anteiligen Flächengewichten.

(2) Kriechneigung in 24 h-Zeitstand-Biegeversuch in Anlehnung an DIN EN ISO 14125.

(3) Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Elastizitätsmodul nach DIN EN ISO 527 (vorzugsweise Probekörper II mit 50 mm Breite).

(4) Biegefestigkeit, Durchbiegung beim Bruch und Elastizitätsmodul nach DIN EN ISO 14125 (vorzugsweise mit Probekörpern mit 30 mm Breite und einer Länge entsprechend dem 24-Fachen der Dicke bei einem Auflagerabstand entsprechend dem 20-Fachen der Dicke), bei 23 °C.

(5) Bruchlast von Laminatverbindungen im Zugversuch in Anlehnung an DIN EN ISO 527 oder im Biegeversuch in Anlehnung an DIN EN ISO 14125 mit Proben entsprechend der Bauteilgeometrie bei 23 °C.

(6) Kriechdehnung im Zeitstand-Zugversuch oder im Zeitstand-Biegeversuch in Anlehnung an DIN EN ISO 14125 bei zulässiger Betriebsspannung oder mindestens 20 % der Laminatbruchspannung, bei 23 °C über mindestens 1000 Std.

(7) Die Barcol-Härte ist nach DIN EN 59 zu bestimmen. Es ist ein Wert von mindesten 80 % des im Datenblatt des Harzherstellers angegebenen Barcol-Wertes zu erreichen.

Die Prüfbedingungen sind im Ergebnisbericht anzugeben.

Die Erreichung der Anforderungswerte nach (2) und (7) gewährleistet eine ordnungsgemäße Aushärtung und damit auch die aus den Datenblättern des Harzherstellers angesetzte HDT des Matrixwerkstoffes.

5.2.3 Werkstoffgutachten

5.2.3.1 Das Werkstoffgutachten dient dem Nachweis, dass die Anforderungen nach Abschnitt 3.3 und die Bedingungen nach den Abschnitten 4.4.4 bis 4.4.8 erfüllt sind.

Die Festlegungen von Werkstoffgutachten können in Werkstoffblättern zusammengefasst werden.

5.2.3.2 Das Werkstoffgutachten wird erstmalig vor Aufnahme der Fertigung oder im Einzelfall bei Aufnahme der Fertigung anhand der Ergebnisse aus der Werkstoffprüfung nach Abschnitt 5.2 erstellt. Dem Werkstoffgutachten sind die Mittelwerte der Ergebnisse nach (1) und (2) des Abschnitts 5.2.2 aus mindestens je fünf Proben, die Mittelwerte und Standardabweichungen der Ergebnisse nach (3), (4), (5) und (7) aus mindestens je zehn Proben sowie die Mittelwerte und Standardabweichungen der Ergebnisse nach (6) aus jeweils mindestens zehn Proben zugrunde zu legen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2.3.3 Bei Vorlage eines Werkstoffgutachtens ist die Durchführung einer Identitätsprüfung als Werkstoffnachweis erforderlich und ausreichend. Bei der Identitätsprüfung sind die Prüfungen (1), (2), (4) und (7) des Abschnitts 5.2.2 mit mindestens je drei Proben bei 23 °C durchzuführen.

Bei Änderungen gegenüber dem vorgelegten Werkstoffgutachten ist die Durchführung aller Prüfungen nach Abschnitt 5.2.2 und eine Begutachtung im Einzelfall erforderlich.

5.3 Behälterprüfung

5.3.1 Entwurfsprüfung und Abnahme

5.3.1.1 Für die Entwurfsprüfung gilt AD 2000-Merkblatt HP 511. Zusätzlich sind folgende Angaben erforderlich:

- Laminataufbau der Bauteile und Bauteilverbindungen,
- verwendete Harzsysteme und Verstärkungsstoffe einschließlich eventueller thermischer Nachbehandlungen,
- Zusammensetzung und Aufbau der Schutzschichten,
- HDT und ggf. Schubmodulkurven der Harzformstoffe,
- Beschickungsmittel, seine chemische Zusammensetzung, sein Aggregatzustand und das Gewicht der Füllung,
- Bemessungsgrundlage mit Quellenangabe, wenn die Bemessung nicht nach Abschnitt 4 erfolgt,
- die vorgesehene Verwendungsdauer des Druckbehälters,
- schwellende und andere dynamische Beanspruchungen, die bei der Auslegung des Druckbehälters berücksichtigt werden müssen,
- Anweisungen für den Transport und die Montage.

5.3.1.2 Für die Schlussprüfung gilt in Anlehnung AD 2000-Merkblatt HP 512.

5.3.1.3 **Druckprüfung** Einzelfertigung

Die Druckprüfung ist bei einer Einzelfertigung in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt HP 512 durchzuführen.

Der Prüfdruck beträgt abweichend HP 512 mindestens das 1,3-Fache des maximal zulässigen Druckes. Die Druckprüfung wird bei Umgebungstemperatur durchgeführt.

Sämtliche thermoplastischen Auskleidungen sind vor der Durchführung der Dichtheitsprüfung oder der Druckprüfung einer Hochspannungsprüfung auf Fehler zu unterziehen. Sollten Fehler festgestellt werden, dürfen sie durch Ausarbeiten der fehlerhaften Stelle und erneutes Verschweißen behoben werden. Die Mindestlänge von Ausbesserungsnähten beträgt 50 mm.

Sämtliche in Einzelfertigung hergestellten Bauteile sind einer Druckprüfung entsprechend den Anforderungen der Auslegungsspezifikation zu unterziehen.

Die Beanspruchung darf während der Prüfung an keinem Bauteil die nach Abschnitt 4 ermittelten Grenzwerte überschreiten. Hierzu können gegebenenfalls Dehnungsmessungen erforderlich sein, wenn das statische System keine eindeutigen Ergebnisse liefert.

Die Bauteile sind während der Prüfung in geeigneter Weise abzustützen. Bei Bedarf sind die Bauteile während der Prüfung durch geeignete Halterungen zu verankern.

Alle Manometer müssen eine Messgenauigkeit von $\leq$ 2 % aufweisen.

Sämtliche Bauteile sind vor Beginn der Druckprüfung auf Dichtheit zu prüfen.

Sämtliche Druckprüfungen sind mit kontrolliertem, allmählich steigendem Prüfdruck durchzuführen.

Die Prüfdauer beträgt in allen Fällen mindestens eine Stunde.

Während der Prüfungen ist auf Anzeichen von Undichtigkeit oder ungewöhnliche Verformung an der Außenseite der Bauteile zu achten. Fehler sind mit ihrer genauen Lage aufzuzeichnen.

Nach Abschluss der Druckprüfung ist die Innenfläche auf Risse und Haarrisse im Harz zu untersuchen. Thermoplastische Auskleidungen sind nach der Druckprüfung auf Schäden zu untersuchen und einer Hochspannungsprüfung zu unterziehen.

Mit Zustimmung der benannten Stelle dürfen während der Prüfung festgestellte Fehler repariert werden. Werden Reparaturen an tragenden Bauteilen durchgeführt, ist das Bauteil einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

Stehende Behälter müssen ggf. liegend der Druckprüfung unterzogen werden. Dabei sind die Auflagerungen des Behälters während der Prüfung und die resultierenden statischen und Druckbelastungen der verschiedenen Behälterbauteile zu beachten.

5.3.2 EG-Baumusterprüfung

Bei einer Serienfertigung ist in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt HP 512 an einem Baumuster eine Druckprüfung durchzuführen. Hierfür ist ein Prüfplan, der auch fertigungsüberwachende Prüfungen enthalten muss, zu erstellen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6 Schrifttum

[1] *Puck, A.:* „Konstruieren und Berechnen von GfK-Teilen“, Beiheft zur Fachschrift „Kunststoffberater“, Umschau-Verlag, Frankfurt/Main 1969

[2] *NN Berechnungsempfehlungen des DIBt, 40-B1, 40-B2, 40-B3, 40-B5*

[3] *NN Medienlisten des DIBt 40*

[4] *NN DIN EN 13121 Teile 1–4*

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Druckbehälter aus nichtmetallischen Werkstoffen	**Druckbehälter aus Elektrographit und Hartbrandkohle**	**AD 2000-Merkblatt N 2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Werkstoffe
4 Prüfungen
5 Kennzeichnung
6 Nachweis der Güteeigenschaften
7 Festigkeitskennwert
8 Berechnungsgrundlagen
9 Toleranzen und Oberflächengüte
10 Druckprüfung
11 Schrifttum

Anhang 1: Muster eines Abnahmeprüfzeugnisses

Anhang 2: Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt N 2

Anhang 3: Prüfbestimmungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für gas- und/oder flüssigkeitsdichten Elektrographit und Hartbrandkohle als Werkstoffe zum Bau von Druckbehältern, Druckbehälterteilen und druckbeanspruchten Armaturen, die bei Wandtemperaturen von – 60 °C bis + 400 °C betrieben werden, wobei die Grenzen für die maximalen Wandtemperaturen der Werkstoffe gemäß dem Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle eingeschränkt sein können.

1.2 Die Werkstoffe müssen entsprechend dem Verwendungszweck gewählt werden, wobei die mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen zu berücksichtigen sind.

1.3 Für Druckbehälter aus Elektrographit oder Hartbrandkohle gelten in der Regel die folgenden Grenzen für den maximal zulässigen Druck

25 bar für Austauscher in Blockbauweise,
16 bar für Röhrenaustauscher,
10 bar für Hohlzylinder bis NW 200 bei Innendruck,
6 bar für Hohlzylinder über NW 200 bei Innendruck,
16 bar für Hohlzylinder bis NW 200 bei Außendruck,
10 bar für Hohlzylinder über NW 200 bei Außendruck.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei Innendruck von mehr als 0,5 bar und bei Außendruck von mehr als 1 bar sollen im Allgemeinen folgende Produkte aus Behälterinhalt V in Litern und maximal zulässigem Druck PS in bar nicht überschritten werden:

bei Innendruck: $V \cdot PS = 65\,000$ bar · Liter,

bei Außendruck: $V \cdot PS = 100\,000$ bar · Liter.

Bei Abweichungen von diesen Festlegungen ist das Einverständnis der zuständigen unabhängigen Stelle einzuholen.

1.4 Werden die Werkstoffe für Auskleidungen oder mit Armierungen verwendet, die die wesentlichen Beanspruchungen aufnehmen, so gelten vorstehende Grenzen nicht.

2 Allgemeines

2.1 Werden Elektrographit oder Hartbrandkohle als Werkstoffe für Druckbehälter, Teile von Druckbehältern oder Armaturen eingesetzt, so muss ihren besonderen Eigenschaften Rechnung getragen werden.

2.2 Die Herstellung von Elektrographit und Hartbrandkohle für Druckbehälter setzt ausreichende Erfahrungen des Herstellerwerkes voraus. Hierüber ist der zuständigen unabhängigen Stelle ein erstmaliger Nachweis zu erbringen.

2.3 Druckbeanspruchte Behälter, Behälterteile und Armaturen aus Elektrographit oder Hartbrandkohle werden vorzugsweise wegen der hohen Korrosionsbeständigkeit dieser Werkstoffe verwendet. Sie sind gegen nahezu alle organischen und anorganischen Medien beständig, soweit diese nicht stark oxydierend wirken.

2.4 Die Werkstoffe zeigen ein sprödes Verhalten; gegen Temperaturwechsel sind sie unempfindlich. Spannungsspitzen sind durch konstruktive Gestaltung möglichst niedrig zu halten.

2.5 Die Herstellung von Halbzeugen[1]) erfolgt mit den in der keramischen Industrie üblichen Formgebungsverfahren, wie Strang- oder Blockpressen. Komplizierte Formteile können aus Halbzeugen durch spanabhebende Bearbeitung hergestellt werden.

2.6 Unlösbare Verbindungen von Teilen werden durch Verkitten hergestellt, wobei ausreichende Festigkeitseigenschaften der Verbindungen gewährleistet sein müssen. Hierüber ist der zuständigen unabhängigen Stelle ein erstmaliger Nachweis zu führen.

2.7 Lösbare Verbindungen lassen sich u. a. mit Hilfe von Zugankern oder Schrauben und Flanschen z. B. aus Stahl herstellen, wobei in der Regel Weichstoffdichtungen[2]) zu verwenden sind.

3 Werkstoffe

3.1 Begriffe und Eigenschaften

3.1.1 Bei den Werkstoffen Hartbrandkohle und Elektrographit wird zwischen den beiden Werkstoffarten „imprägniert“ und „nicht imprägniert“ unterschieden:

(1) Imprägnierter Elektrographit und imprägnierte Hartbrandkohle weisen mit zunehmender Temperatur einen bestimmten Festigkeitsabfall auf. Der Grad des Festigkeitsabfalls und die Grenze der höchstzulässigen Wandtemperatur hängen vom Imprägniermittel ab.

(2) Nicht imprägnierter Elektrographit und nicht imprägnierte Hartbrandkohle weisen mit zunehmender Temperatur keinen Festigkeitsabfall auf.

3.1.2 Elektrographit und Hartbrandkohle werden in Abhängigkeit vom Mittelwert der Zugfestigkeit bei 20 °C in folgende Festigkeitsklassen unterteilt in:

(1) Stufen von 2 N/mm^2 im Bereich zwischen 4 N/mm^2 bis 20 N/mm^2 Zugfestigkeit und

(2) Stufen von 4 N/mm^2 ab 20 N/mm^2 Zugfestigkeit.

Die Einstufung in die Festigkeitsklasse erfolgt aufgrund des nach Abschnitt 4.3 gebildeten Mittelwertes. Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert um ± 20 %[3]) sind zulässig.

3.2 Erstmaliger Nachweis der Güteeigenschaften

Für jede Werkstoffart und jedes Imprägniermittel sind die Änderung der Festigkeit mit der Temperatur, das Verhältnis Biegefestigkeit zu Zugfestigkeit und die höchstzulässige Wandtemperatur durch den Hersteller der zuständigen unabhängigen Stelle erstmals nachzuweisen. Hierbei können Werksunterlagen anerkannt werden.

3.3 Kurzbezeichnung der Werkstoffe bzw. Werkstoffqualitäten

Für die Werkstoffe werden Kurzbezeichnungen verwendet. Hierin bedeutet der Buchstabe K Hartbrandkohle und der Buchstabe G Elektrographit. Die erste dem Buchstaben folgende Zahl bezeichnet das Zehnfache der unteren Grenze der Spanne der Festigkeitsklasse bei 20 °C in N/mm^2, die zweite Zahl den Abfall dieses Wertes in Promille je 10 °C Temperaturerhöhung und die dritte Zahl die höchstzulässige Wandtemperatur. So wird z. B. eine nicht imprägnierte Hartbrandkohle mit einer Zugfestigkeit von 6 N/mm^2, ohne Festigkeitsabfall bei Temperaturerhöhung und einer höchstzulässigen Wandtemperatur von 400 °C mit

K 6 – 0 – 400

und ein imprägnierter Elektrographit mit einer Zugfestigkeit von 16 N/mm^2, einem Festigkeitsabfall von 8 ‰ und einer höchstzulässigen Wandtemperatur von 200 °C mit

G 16 – 8 – 200

bezeichnet.

4 Prüfungen

4.1 Die Proben zur Ermittlung der Werkstoffeigenschaften sind den Halbzeugen zu entnehmen. Ist dieses nicht möglich, sind die Proben an vergleichbaren Teilen der Charge[4]) zu ermitteln.

4.2 Für jede Charge sind bei Raumtemperatur die Zugfestigkeit oder die Biegefestigkeit und erforderlichenfalls die Druckfestigkeit (Form und Abmessungen der Prüfkörper gemäß Anhang) zu bestimmen.

Bei Teilen kleiner Abmessung oder geringer Wanddicke, z. B. bei Rohren, wird ersatzweise für die Zugfestigkeit die Biegefestigkeit (Biegezugfestigkeit) ermittelt. Aufgrund der Biegefestigkeit erfolgt die Einstufung in die Festigkeitsklasse nach Abschnitt 3.1.2, wobei das Verhältnis zwischen Biege- und Zugfestigkeit zu berücksichtigen ist.

---

[1]) Z. B. Hohlzylinder, Rohre, Vollstäbe, Platten und Blöcke

[2]) Siehe AD 2000-Merkblatt B 7 Tafel 1 Zeile 1

[3]) Im Sonderfall siehe Abschnitt 4.3.2

[4]) Als Charge gelten Halbzeuge, die aus gleicher Mischung, gleichartiger Herstellung und vergleichbaren Abmessungen hergestellt sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.3 Mittelwertbildung und Wiederholungsproben

4.3.1 Es werden aus jeder Charge 5 Proben entnommen. Maßgebend für die Festlegung der Zugfestigkeit ist der Mittelwert aus den Einzelergebnissen des Zugversuches bzw. des an dessen Stelle durchgeführten Biegeversuches. Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert um ± 20 % sind zulässig.

4.3.2 Weicht ein Einzelwert um mehr als 20 % vom Mittelwert nach unten ab, so ist eine Ersatz-Probe zu prüfen. Erreichen 2 Einzelwerte oder das Ergebnis der einzelnen Ersatzprobe nicht die Anforderung, so sind 5 weitere Proben zu prüfen. Wird dann die Anforderung nicht erreicht, so können die Erzeugnisse dieser Charge in eine tiefere Festigkeitsklasse eingestuft oder verworfen werden. Maßgebend für die tiefere Einstufung ist der neue Mittelwert oder bei Abweichung eines Einzelwertes um mehr als 20 % vom neuen Mittelwert der niedrigste Einzelwert.

4.3.3 Für die Bildung des neuen Mittelwertes bleiben bei Prüfung einer einzelnen Ersatzprobe oder eines ganzen Probesatzes die ersetzten Proben unberücksichtigt.

4.3.4 Weichen ein oder zwei Einzelwerte um mehr als 20 % vom Mittelwert nach oben ab, so entfallen diese, und der Mittelwert ist nur aus den verbleibenden Einzelwerten zu bilden.

4.4 Die Prüfung der Abmaße und der Oberflächengüte findet in der Regel im Rahmen der Schlussprüfung des Druckbehälters statt.

5 Kennzeichnung

5.1 Bei Halbzeugen muss bis zum Zusammenbau des Druckbehälters eine Zuordnung zum Abnahmezeugnis gewährleistet sein, die in der Regel durch eine Kennzeichnung gegeben ist.

5.2 Drucktragende Teile des fertigen Druckbehälters müssen mit der Kurzbezeichnung der Werkstoffqualität und dem Herstellerzeichen versehen sein. Bei Prüfung durch eine zuständige unabhängige Stelle ist auch dessen Prüfstempel anzubringen.

5.2.1 Bei Kleinteilen ist vom Herstellerwerk in einer Werksbescheinigung zu bestätigen, dass die geforderte Werkstoffqualität verwendet wurde. Eine Kennzeichnung der Teile erfolgt in der Regel nicht.

6 Nachweis der Güteeigenschaften

6.1 Die in Abschnitt 4 festgelegten Prüfungen werden vom Hersteller an der laufenden Fertigung durchgeführt und aufgezeichnet. Die zuständige unabhängige Stelle überprüft die ordnungsgemäße Durchführung einschließlich der Betriebsaufzeichnungen. Dazu kann sie bei der Fertigung und Prüfung anwesend sein und sich während der Fertigung durch Stichproben von der Ordnungsmäßigkeit der werksseitigen Prüfung überzeugen.

6.2 Die Art des Gütenachweises wird im Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle über die erstmalige Prüfung des Werkstoffes und des Imprägniermittels gemäß Nummer 3.2 festgelegt. Für hinreichend bekannte Werkstoffe genügt ein Werksabnahmezeugnis 3.1.B nach DIN EN 10204[5]). Im Abnahmezeugnis werden nur die Prüfergebnisse der Prüfart (Zug oder Biegung) angegeben, die für die Einordnung des Werkstoffes in die Festigkeitsklasse maßgebend sind.

6.3 Das Herstellerwerk hat in der Werksbescheinigung das Imprägniermittel und die Kittqualität durch eine Kurzbezeichnung anzugeben. Außerdem ist bei unlösbaren Verbindungen die hinreichende Festigkeit und Temperaturbeständigkeit für die Betriebsbedingungen in Übereinstimmung mit dem erstmaligen Nachweis durch das Herstellerwerk zu bestätigen.

7 Festigkeitskennwert

7.1 Der Festigkeitskennwert K bei Raumtemperatur ist die untere Grenze der Spanne der Zugfestigkeit der jeweiligen Festigkeitsklasse. Über 20 °C ist bei Werkstoffen nach Abschnitt 3.1.1 (1) als Festigkeitskennwert K der um den Abfall der Zugfestigkeit verminderte Festigkeitskennwert K bei Raumtemperatur einzusetzen, wobei die Festigkeitskennwerte nach unten auf Hundertstel abzurunden sind. Bei Temperaturen unter + 20 °C ist der Festigkeitskennwert K bei + 20 °C einzusetzen.

7.2 Der Zeiteinfluss einer mechanischen Beanspruchung auf die Festigkeitskennwerte kann unberücksichtigt bleiben.

8 Berechnungsgrundlagen

8.1 Für die Berechnung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen sind die AD 2000-Merkblätter der Reihe B mit folgenden Abweichungen oder Ergänzungen anzuwenden.

8.2 Bei Elektrographit und Hartbrandkohle entfällt der in den AD 2000-Merkblättern festgelegte Korrosionszuschlag.

8.3 Der Sicherheitsbeiwert S gegenüber dem Festigkeitskennwert K beträgt für den maximal zulässigen Druck und die zulässige maximale Temperatur $S = 9$; für den Prüfdruck beträgt der Sicherheitsbeiwert $S' = 6{,}6$.

8.4 Bei Berechnung von zylindrischen Mänteln unter äußerem Überdruck entfällt die Berechnung gegen elastisches Einbeulen nach AD 2000-Merkblatt B 6. Bei Berechnung gegen plastisches Verformen ist der übliche Festigkeitskennwert K um den Faktor 2,5 erhöht in die Formel (4) des AD 2000-Merkblattes B 6 einzusetzen. Vorstehendes gilt auch über den Geltungsbereich des AD 2000-Merkblattes B 6 hinaus für Durchmesserverhältnisse $1{,}2 \leq D_a/D_i \leq 1{,}3$.

8.5 Bei der Berechnung von Rohren unter äußerem Überdruck gemäß AD 2000-Merkblatt B 6 kann der Festigkeitskennwert K um den Faktor 2 erhöht werden.

9 Toleranzen und Oberflächengüte

9.1 Maßtoleranzen sind zwischen Hersteller und Besteller/Betreiber zu vereinbaren, andernfalls gelten die Werksnormen des Herstellers.

9.2 Zulässige Abweichungen für Maße ohne Toleranzangabe nach DIN ISO 2768 Genauigkeitsgrad „grob“ brauchen in den Berechnungen nicht berücksichtigt zu werden. Darüber hinausgehende Wanddickenunterschreitungen sind zu berücksichtigen.

9.3 Über die Oberflächengüte und die Zulässigkeit einer Imprägniermittelschicht auf der Oberfläche ist zwischen Hersteller und Besteller/Betreiber eine Vereinbarung zu treffen, andernfalls bleibt dies dem Hersteller überlassen.

[5]) Muster siehe Anhang 1

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

10 Druckprüfung

10.1 Der Prüfdruck beträgt das 1,3fache des maximal zulässigen Druckes. Bei maximal zulässigen Drücken bis 1 bar muss der Prüfdruck mindestens um 0,3 bar über dem maximal zulässigen Druck liegen.

10.2 Falls beim Hersteller der Zusammenbau eines Druckbehälters zwecks Durchführung der Druckprüfung nicht möglich ist, kann diese an den Einzelbauteilen erfolgen. Für die Höhe des Prüfdruckes gilt Abschnitt 10.1.

10.3 Vor Inbetriebnahme ist der Druckbehälter am Aufstellungsort im Beisein der zuständigen unabhängigen Stelle einer Druckprüfung im zusammengebauten Zustand zu unterziehen.

11 Schrifttum

Linder, H.: Graphit im Druckbehälterbau.
Techn. Überwach. **9** (1968) Nr. 1, S. 12/14.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt N 2

ABNAHMEPRÜFZEUGNIS

in Anlehnung an DIN EN 10204 / 3.1.B

Besteller:

Hersteller:

Prüfgegenstand:

Prüfbedingungen: AD 2000-Merkblatt N 2

Werkstoffqualität: entsprechend:

Kennzeichnung Werkstoffqualität: Zeichen des Herstellerwerkes:

Pos. Nr.	Stückzahl	Gegenstand	Charge/Kenn-Nr.	Prüfergebnisse N/mm^2

1. Durch unsere laufende Prüfung der Fertigung und die Betriebsüberwachung durch die TÜO ..... ist sichergestellt, dass die durch die Angabe der Werkstoffqualität bestimmten Eigenschaften eingehalten sind.

2. Die Teile sind mit Kunstharz Typ ..... imprägniert.

3. Für die Verkittung der Teile Pos. ..... wurde der Kitt-Typ ..... verwendet. Für die Betriebsverhältnisse und die Druckprüfung werden hinreichende Festigkeit und Temperaturbeständigkeit gewährleistet.

4. Die Kleinteile ..... wurden aus geprüftem Halbzeug der Werkstoffqualität hergestellt.

.....,den.....

.....

Der Werks-Sachverständige

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt N 2

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt N 2

Druckbehälter aus Elektrographit und Hartbrandkohle

Zu 2: Allgemeines

Die Werkstoffe Hartbrandkohle und Elektrographit werden folgendermaßen erzeugt:

Als Ausgangsstoffe dienen Koks und Pech, die zunächst gemischt und dann durch Pressen in die für die Halbzeuge vorgesehene Form gebracht werden. Diese Halbzeuge, sogenannte „grüne Formkörper“, werden anschließend bei ca. 1000 °C, z. B. im Ringofen, gebrannt. Das nach diesem Brennen vorliegende Produkt wird als Hartbrandkohle bezeichnet.

Elektrographit wird aus Hartbrandkohle in einem weiteren Brennprozess im Graphitierungsofen bei ca. 3000 °C hergestellt.

In der Regel sind die so erhaltenen Werkstoffe Hartbrandkohle und Elektrographit nicht gas- und/oder flüssigkeitsdicht. Durch Imprägnieren mit einem Kunstharz wird die für Druckbehälter erforderliche Gas- und Flüssigkeitsdichtheit erreicht.

Zu 3.3 und 4: Kurzbezeichnung der Werkstoffe und Prüfungen

In dem Bezeichnungsbeispiel K 6 – 0 – 400 wird mit der Zahl 6 die Festigkeitsklasse bezeichnet, wobei die mittlere Zugfestigkeit die Spanne zwischen 6 N/mm^2 und 7,9 N/mm^2 umfasst. Für die nächsthöhere Festigkeitsklasse liegt die Spanne der mittleren Zugfestigkeit zwischen 8 N/mm^2 und 9,9 N/mm^2. Eine Überschreitung der oberen Grenze der Zugfestigkeit der betreffenden Festigkeitsklasse ist zulässig, sofern keine nachteiligen Auswirkungen hinsichtlich des Abfalls der Zugfestigkeit mit der Temperatur und der oberen Temperaturbeanspruchungsgrenze vorliegen.

Zu 8: Berechnungsgrundlagen

Das Verhältnis von Biegefestigkeit zu Zugfestigkeit (Biegefaktor) ist bei den hier behandelten Werkstoffen $> 1{,}5 : 1$, so dass an sich bei Beanspruchung auf Biegung ein höherer Festigkeitskennwert K eingesetzt werden könnte. Da jedoch die auf Biegung beanspruchten Bauteile aus Elektrographit oder Hartbrandkohle z. B. nach AD 2000-Merkblatt B 5 berechnet werden, wird der oben genannte Biegefaktor nicht berücksichtigt, weil in den entsprechenden Formeln ein Stützfaktor gleicher Größe für verformungsfähige Werkstoffe enthalten ist.

Das Verhältnis von Druckfestigkeit zu Zugfestigkeit beträgt für Elektrographit und Hartbrandkohle mindestens 3 : 1. Für die Berechnung auf äußeren Überdruck gemäß AD 2000-Merkblatt B 6 wurde jedoch der Faktor 2,5 gewählt, um weitere zusätzliche Spannungseinflüsse abzudecken.

Zu 9: Toleranzen und Oberflächengüte

In der Regel wird bei der Fertigung von Bauteilen aus Elektrographit und Hartbrandkohle nach den zulässigen Abweichungen für Maße ohne Toleranzangabe DIN ISO 2763, Genauigkeitsgrad „grob“, gearbeitet. In der Berechnung kann eine sich daraus ergebende Wanddickenunterschreitung deshalb vernachlässigt werden, weil sie im Vergleich zur Wanddicke gering ist.

Die Bearbeitung von Werkstücken erfolgt in der Regel vor dem Imprägnieren. Sofern Werkstückoberflächen keine Imprägniermittelschicht aufweisen dürfen, ist dieses zwischen Hersteller und Besteller/Betreiber zu vereinbaren.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 3 zum AD 2000-Merkblatt N 2

Prüfbestimmungen

(Form von Prüfkörpern aus Elektrographit und Hartbrandkohle und Durchführung der Versuche)

1. Die Zugfestigkeit ist an Prüfkörpern gemäß DIN 51 914 (Bild 1) zu ermitteln.
2. Die Biegefestigkeit ist an Prüfkörpern der Abmessung 20 × 20 × 120 mm zu ermitteln, wobei der Auflagerabstand 100 mm beträgt und die Proben in der Mitte zu belasten sind. Ersatzweise können bei Bauteilen mit kleiner Abmessung oder geringer Wandstärke auch Proben mit kleinerem, quadratischen Querschnitt (z. B. 10 × 10 bzw. 5 × 5 mm) verwendet werden; es ist jedoch bei der Prüfung ein Verhältnis von Querschnittskantenlänge zu Auflagelänge von 1 : 5 einzuhalten. Bei Rohren können auch Rohrabschnitte zur Ermittlung der Biegefestigkeit herangezogen werden (Auflagerabstand = 5 × Außendurchmesser).
3. Die Druckfestigkeit ist an Prüfkörpern der Abmessung 20 × 20 × 20 mm zu bestimmen. Bei Bauteilen mit kleiner Abmessung oder geringer Wandstärke können ersatzweise auch Proben mit kleinem, quadratischen Querschnitt (z. B. 10 × 10 × 10 mm oder 5 × 5 × 5 mm), bei Rohren auch Rohrabschnitte (Länge = Durchmesser) für die Bestimmung der Druckfestigkeit verwendet werden.
4. Da es sich bei Elektrographit und Hartbrandkohle um spröde Werkstoffe handelt, müssen bei den Prüfungen entsprechende Vorkehrungen getroffen werden, um Spannungsspitzen an den Krafteinleitungspunkten zu vermeiden.

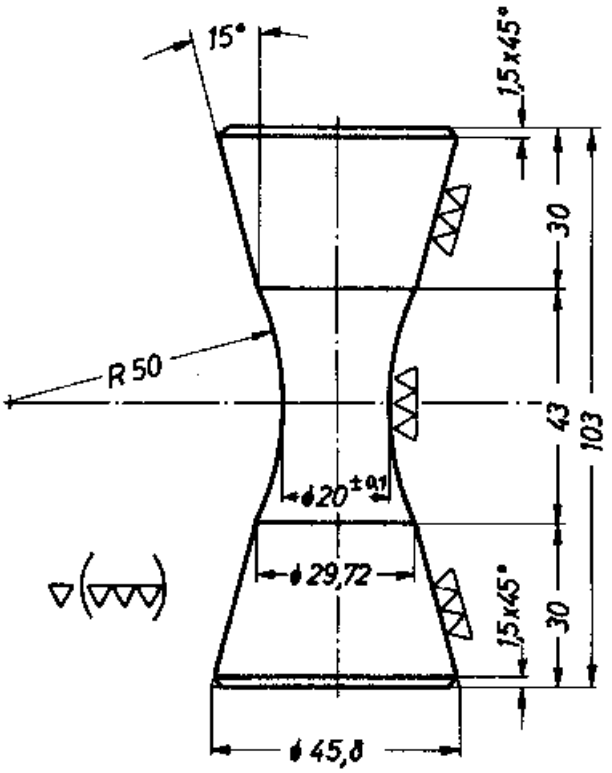


Bild 1. Prüfkörper

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juli 2003**

Druckbehälter aus nichtmetallischen Werkstoffen	**Druckbehälter aus Glas**	**AD 2000-Merkblatt N 4**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Werkstoff
4 Gewährleistung der Güteeigenschaften
5 Festigkeitskennwerte für die Berechnung
6 Berechnung
7 Prüfung
8 Kennzeichnung
9 Errichten von Anlagen aus Glasdruckbehältern
10 Änderungen und Reparaturen
11 Sicherheitstechnische Hinweise für den Betrieb
12 Schrifttum

Anhang 1: Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt N 4

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Druckbehälter, Druckbehälterteile, Rohrleitungen und Ausrüstungsteile aus Borosilicatglas 3.3 nach DIN ISO 3585 mit dem Längenausdehnungskoeffizienten (3,30 $\pm$ 0,05) 10^{-6} K^{-1}. Dieser Werkstoff hat sich für den Bau von Druckbehältern, Druckbehälterteilen, Rohrleitungen und Ausrüstungsteilen bewährt. Er erfüllt bei Anwendung des AD 2000-Regelwerkes die Werkstoffanforderungen nach Anhang I, Abschnitt 4.1 der Druckgeräte-Richtlinie und kann ohne zusätzlichen Prüfaufwand über die zuständige unabhängige Stelle als einzelbegutachtet angesehen und eingesetzt werden.

Gläser, deren Festigkeit durch besondere Herstellungsverfahren wesentlich gesteigert ist (vorgespannte Glä-

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ser[1])), fallen nicht in den Geltungsbereich dieses AD 2000-Merkblattes. Ausgenommen sind auch Laborgeräte nach DIN 12 476, DIN 12 491 und DIN ISO 1773.

2 Allgemeines

Die Herstellung von Druckbehältern, Druckbehälterteilen und Armaturen aus Glas nach Abschnitt 1 setzt ausreichende Erfahrungen voraus.

3 Werkstoff

3.1 Anwendungsgrenzen

Zum Bau von Druckbehältern, Druckbehälterteilen und Armaturen für Druckbehälter darf nur Glas entsprechend Tafel 1 verwendet werden.

Tafel 1. Kennwerte, Anwendungsgrenzen und chemische Beständigkeit von Borosilicatglas 3.3

Längenausdehnungskoeffizient nach DIN 52 328	$\alpha_{20/300}$ = (3,30 ± 0,05) 10^{-6} K^{-1}
mittlere Wärmeleitfähigkeit zwischen 20 und 200 °C	λ = 1,3 W/mK
mittlere spezifische Wärmekapazität zwischen 20 und 200 °C	c = 910 J/kg K
Dichte bei 20 °C	ϱ = 2,23 g/cm³
Elastizitätsmodul	E = 64 kN/mm²
Poisson-Zahl (Querkontraktionszahl)	ν = 0,2
Transformationstemperatur*) nach DIN 52 324	ϑ_g = 530 °C
Betriebstemperatur	$\vartheta_B \leq$ 300 °C Abschnitt 11.3 ist zu beachten
Verwendungsbereich bei zusätzlicher Temperaturbeanspruchung entsprechend den Berechnungsgrundlagen nach Abschnitt 6.3	
Chemische Beständigkeit (die Beständigkeit nimmt mit steigender Klassenzahl ab; 1 ist die beste Klasse)	
hydrolytische Klasse	nach DIN ISO 719: 1
Säureklasse	nach DIN 12 116: 1
Laugenklasse	nach DIN ISO 695: 2

*) Die Transformationstemperatur wird zur Beurteilung der Temperatur beim Entspannen und zum Abschätzen der höchsten Betriebstemperatur von Glas bestimmt.

3.2 Ausführung

Das Glas muss frei sein von Eigenspannungen und von solchen Fehlern, die die Festigkeit erheblich beeinträchtigen. Für die Beurteilung von Fehlern gilt Anlage 1.

4 Gewährleistung der Güteeigenschaften

Der Hersteller gewährleistet durch die Kennzeichnung nach Abschnitt 8,

(1) dass die mit seinem Markennamen bezeichnete Glasart die vorgegebenen physikalischen und chemischen Eigenschaften des Borosilicatglases 3.3 besitzt,

(2) die Einhaltung der Form, der Bemessung und der Wanddicke,

(3) die ordnungsmäßige Herstellung.

5 Festigkeitskennwerte für die Berechnung

5.1 Berechnungskennwerte[2])

5.1.1 Die zulässige Beanspruchung von Borosilicatglas 3.3 durch Zug und Biegung beträgt

$\frac{K}{S} = 6\ \mathrm{N/mm^2}$,

wenn die Oberfläche geschliffen und poliert oder nur geschliffen ist, oder wenn eine zunächst feuerblanke, ungeschädigte Oberfläche bei bestimmungsgemäßer Verwendung durch mechanische Einwirkungen (z. B. Kratzer) verändert ist oder unter Betriebsbedingungen verändert werden kann.

5.1.2 Die zulässige Beanspruchung von Borosilicatglas 3.3 durch Zug und Biegung beträgt

$\frac{K}{S} = 10\ \mathrm{N/mm^2}$,

wenn die beim Heißformungsprozess gebildete feuerblanke Oberfläche weder mechanisch nachbearbeitet noch durch mechanische Einwirkung (z. B. Kratzer) verändert wurde und wenn Veränderungen dieses feuerblanken Zustandes durch einen mit dem Glas festverbundenen Oberflächenschutz sowie durch andere Sicherheitsmaßnahmen während der geplanten Einsatzdauer ausgeschlossen werden können.

5.1.3 Als zulässige Beanspruchung von Borosilicatglas 3.3 durch Druck gilt hier

$\frac{K}{S} = 100\ \mathrm{N/mm^2}$.

5.1.4 Die unter den Abschnitten 5.1.1 bis 5.1.3 angegebenen Kennwerte enthalten bereits einen zahlenmäßig nicht genannten Sicherheitsbeiwert S, der den praktischen Erfahrungen sowie den theoretischen Erkenntnissen [3] über das in Versuchen ermittelte Festigkeitsverhalten von Borosilicatglas 3.3 Rechnung trägt. Selbst bei dauernder maximalzulässiger Belastung unter ungünstigen Umgebungsbedingungen ist eine ausreichend geringe Bruchwahrscheinlichkeit gewährleistet.

6 Berechnung

6.1 Formelzeichen und Einheiten

c	spezifische Wärmekapazität	in J/kg K
D_a, d_a	Außendurchmesser	in mm
D_i	Innendurchmesser	in mm
E	Elastizitätsmodul	in N/mm², kN/mm²
f	Faktor für die Zugfestigkeit	–
K	Festigkeitskennwert	in N/mm²
n	Widerstandswert der Spannungsrisskorrosion	–
S	Sicherheitsbeiwert	–
s	erforderliche Wanddicke	in mm
$\frac{K}{S}$	für die Berechnung zu verwendende zulässige Beanspruchung	in N/mm²
ΔT	Temperaturdifferenz zwischen innerer und äußerer Oberfläche der Wand	in K
ϑ_a	Temperatur des Mediums um den Druckbehälter	in °C

[1]) So gelten z. B. für Schauglasplatten DIN 7080, DIN 7081, DIN 8902 und DIN 8903.

[2]) Nähere Einzelheiten siehe Erläuterungen im Anhang 1

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ϑ_B	Betriebstemperatur	in °C
ϑ_g	Transformationstemperatur	in °C
ϑ_i	Temperatur des Mediums im Druckbehälter	in °C
t_1, t_2	Belastungsdauer	in s, h, a
α	Längenausdehnungskoeffizient	in K^{-1}
$\alpha_{20/300}$	Längenausdehnungskoeffizient im Bereich zwischen 20 und 300 °C	in K^{-1}
α_i	Wärmeübergangskoeffizient an der inneren Oberfläche der Wand	in $\frac{K}{K\,m^2}$
α_a	Wärmeübergangskoeffizient an der äußeren Oberfläche der Wand	in $\frac{K}{K\,m^2}$
λ	Wärmeleitfähigkeit	in W/m K
ν	Poisson-Zahl (Querkontraktionszahl)	–
ϱ	Dichte	in g/cm³
σ_t	thermische Wandspannung, Spannung infolge ungleichmäßiger Erwärmung	in N/mm²
σ_1	Zugfestigkeit bei Belastungsdauer t_1	in N/mm²
σ_2	Zugfestigkeit bei Belastungsdauer t_2	in N/mm²

6.2 Allgemeine Vorbemerkungen und Voraussetzungen

6.2.1 Thermische Wandspannungen bei Innenbeheizung

(Temperaturgefälle von innen nach außen)

Bei der Beheizung des Beschickungsmittels in Behältern, deren Außenfläche mit der Umgebungsluft in Berührung steht, stellen sich Spannungen in der Behälterwand ein. Die Höhe der Spannungen kann aus der Temperaturdifferenz in der Behälterwand errechnet werden, die von dem Temperaturgefälle zwischen dem Beschickungsmittel und der Umgebungsluft abhängt (siehe Abschnitt 6.3.2.1).

6.2.2 Thermische Wandspannungen bei Außenbeheizung

(Temperaturgefälle von außen nach innen)

Die Beheizung druckbeanspruchter Glasbauteile darf durch Wärmezufuhr von außen erfolgen, wenn dies vom Hersteller als zulässig angegeben ist.

6.3 Berechnungsgrundlagen

6.3.1 AD 2000-Merkblätter über Berechnung

Die Berechnung der erforderlichen Wanddicke *s* erfolgt nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe B mit den Berechnungskennwerten nach Abschnitt 5.1.

Hinweise:

1. Zuschläge zur errechneten Wanddicke *s* sind nicht erforderlich. Werden Formen gewählt, die durch die AD 2000-Merkblätter der Reihe B rechnerisch nicht zu erfassen sind, so muss die ausreichende Bemessung für die vorgesehenen Betriebsverhältnisse nachgewiesen sein.
2. Auch dickwandige zylindrische Mäntel und Kugeln aus Glas unter innerem Überdruck werden nach AD 2000-Merkblatt B 1 berechnet. Die dort genannte Berechnungsgrenze für Durchmesserverhältnisse $D_a/D_i \leq 1{,}2$ findet hier keine Anwendung.

6.3.2 Berechnung der thermischen Wandspannungen

Spannungen infolge ungleichmäßiger Erwärmung der Wandung verhalten sich proportional der Temperaturdifferenz, dem Ausdehnungskoeffizienten sowie dem Elastizitätsmodul. Thermische Spannungen senkrecht zur Wand sind nach den Abschnitten 6.3.2.1 bis 6.3.3 zu berücksichtigen. Thermische Spannungen parallel zur Wand brauchen nicht berücksichtigt zu werden, wenn durch geeignete Formgebung oder Betriebsweise sichergestellt ist, dass sie die Beanspruchung der Wand nur unerheblich erhöhen. Die Aufstellung und die Halterung dürfen thermisch bedingte Formänderungen nicht behindern.

6.3.2.1 Bei linearem Temperaturgefälle senkrecht zur Behälterwand sind die Spannungen für den biegesteifen Fall (Wandung rotationssymmetrischer Hohlkörper) wie folgt berechenbar:

Spannung an den Wandoberflächen $\sigma_t = \frac{\alpha \cdot E \cdot \Delta T}{2\,(1-\nu)}$ (1)

(siehe [1]).

σ_t (Bild 1) gibt die Zugspannung an der kälteren sowie die Druckspannung an der wärmeren Oberfläche an.

6.3.2.2 Bei nicht linearem Temperaturgefälle, z. B. beim Anwärmen und Abkühlen von Glasbauteilen, kann σ_t je nach Temperaturänderungsgeschwindigkeit größere Werte annehmen und maximal bis auf den doppelten Wert ansteigen (siehe [2]).

6.3.3 Überlagerung thermisch und mechanisch bedingter Spannungen

Treten zu den durch den Betriebsüberdruck bedingten Spannungen gleichzeitig thermische Wandspannungen σ_t nach der Gleichung (1) auf, so muss der Wert

$\frac{K}{S} - \sigma_t$ statt $\frac{K}{S}$ in die Rechnung nach Abschnitt 6.3.1 eingesetzt werden.

7 Prüfung

7.1 Bei Druckbehältern aus Glas entfällt die Druckprüfung. Stattdessen müssen sie visuell auf Fehlerfreiheit der Wandungen, Einhalten der Wanddicke und durch spannungsoptische Verfahren auf ausreichende Freiheit von Eigenspannung geprüft werden.

7.2 An Druckbehältern aus Glas muss vor der ersten Inbetriebnahme eine Dichtheitsprüfung durchgeführt werden. Die Dichtheitsprüfung muss bei Umgebungstemperaturen mit einem Prüfdruck, der nicht größer als der zulässige Betriebsüberdruck sein darf, durchgeführt werden.

8 Kennzeichnung

8.1 Hersteller bzw. Verarbeiter, Glasart oder Markenname, zulässiger Betriebsüberdruck und zulässige Temperaturdifferenz ΔT sind auf dem Glasbauteil dauerhaft anzugeben.

8.2 Für katalog- oder listenmäßig erfasste Glasbauteile und solche, die in ihren Hauptabmessungen (auch Nennweite) und in ihrer äußeren Form Katalogmaßen entsprechen, kann eine Angabe über den zulässigen Betriebsüberdruck und die zulässige Temperaturdifferenz auf dem Glasbauteil entfallen, wenn der Hersteller in seinem Katalog bzw. in seiner Liste diesen Druck in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz ΔT für die Nenngröße angibt. Durch eine entsprechende Kennzeichnung ist sicherzustellen, dass eine eindeutige Zuordnung des Bauteils zu der zugehörigen Katalog- oder Listenausgabe möglich ist.

8.3 Für katalog- oder listenmäßig erfasste Wärmeaustauscher aus Glas genügt für die Austauschfläche die Angabe von ΔT im Katalog bzw. in der Liste.

8.4 Aus Glasbauteilen zusammengesetzte Druckbehälter oder aus mehreren Glas-Druckbehältern bestehende Anla-

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

gen[3]) müssen mit einem dauerhaften und gut sichtbaren Fabrikschild mit folgenden Angaben versehen sein:

Hersteller,

Fabriknummer oder Zeichnungsnummer[4]),

Baujahr der Anlage,

maximal zulässiger Druck in Bar,

Inhalt der Druckräume in Litern,

zulässige minimale/maximale Temperatur in °C,

zulässige Temperaturdifferenzen senkrecht zu den Wandungen der einzelnen Druckräume bzw. Glasbauteile in K.

9 Errichten von Anlagen aus Glasdruckbehältern

9.1 Bei der Montage sollen die Behälter so befestigt werden, dass sie an den Einspannstellen überwiegend Druckspannungen unterliegen und thermische Formänderungen, soweit diese nach Abschnitt 6.3.2 nicht berücksichtigt wurden, unbehindert ablaufen können.

9.2 Spannschrauben müssen gleichmäßig im mehrmaligen Rundgang angezogen werden.

Anschlussleitungen sind so nachgiebig anzubringen, dass unter Betriebsbedingungen und in Betriebspausen keine nennenswerte zusätzliche Beanspruchung eintritt.

9.3 Die Dichtheitsprüfung muss bei Umgebungstemperatur mit einem Prüfdruck, der nicht größer als der zulässige Betriebsüberdruck sein darf, durchgeführt werden.

10 Änderungen und Reparaturen

Änderungen und Reparaturen sind sachgemäß durchzuführen und zu dokumentieren. Das geänderte bzw. reparierte Teil ist mit dem Zeichen des Verarbeiters zu kennzeichnen. Erforderlichenfalls ist das Bauteil nach Abschnitt 8 neu zu kennzeichnen.

11 Sicherheitstechnische Hinweise für den Betrieb

11.1 Außenbeheizung

Die Erwärmung des Behälterinhalts soll möglichst über ein Flüssigkeitsbad erfolgen.

Eine elektrische Beheizung ist zulässig, wenn sie gleichmäßig und ohne örtliche Temperaturspitzen durchgeführt wird.

Andersartige Außenbeheizungen von druckbeanspruchten Glasbauteilen sind nur zulässig, wenn örtliche Temperaturspitzen vermieden sind. Kann diese Bedingung nicht eingehalten oder können die vorgenannten Beheizungsarten nicht angewendet werden, so muss das Beschickungsmittel direkt oder durch Tauchheizer beheizt werden.

11.2 Temperaturwechsel

Schnelle Temperaturwechsel bedingen kurzzeitig hohe Spannungen im Glas, wobei schroffe Abkühlung (Abschrecken) wegen der hierbei entstehenden Zugspannungen in der kälteren Oberfläche das Glasbauteil besonders gefährdet. Insbesondere dürfen gleichzeitig druck- und temperaturbeanspruchte Glasbauteile keiner plötzlichen Abkühlung von außen (Wasserspritzer, Berührung mit kalten und feuchten Materialien) und von innen (Einfließen kälteren Beschickungsmittels) an der Wandung ausgesetzt werden. Die Abkühlung dieser Glasbauteile darf, vor allem wenn sie unter Druck stehen, nur langsam, z. B. durch natürlichen Wärmeabfluss an die umgebende Luft, vonstatten gehen.

11.3 Betriebstemperaturen ϑ_B > 200 °C

Bei Betriebstemperaturen $\vartheta_B > 200$ °C sind besondere Vorkehrungen gegen schroffe Temperaturschwankungen zu treffen. Die Maßnahmen sind mit dem Hersteller abzustimmen.

12 Schrifttum

[1] *Lorenz, R.:* Temperaturspannungen in Hohlzylindern. VDI-Z. **51** (1907) Nr. 19, S. 743/747.

[2] *Gross, G.,* u. *K. G. Würker:* Zulässige Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeiten dickwandiger Rohrleitungen. Allgemeine Wärmetechnik, Jahrgang 1956, S. 211 ff.

[3] *Exner, G.,* u. *O. Lindig:* Bestimmung des Widerstandswertes der Spannungsrisskorrosion *n* an Borosilicatglas DURAN. Glastechnische Berichte **55** (1982) Nr. 5, S. 107/17.

[4] *Exner, G.:* Erlaubte Biegespannung in Glasbauteilen im Dauerlastfall. Ein Vorhersagekonzept aus dynamischen Labor-Festigkeitsmessungen. Glastechnische Berichte **56** (1983) Nr. 11.

[5] VDI–Wärmeatlas 2. Auflage 1974.

[3]) Beispiele: siehe Anlage

[4]) Mit Index, falls mehrere gleichartige Druckbehälter nach einer Zeichnung gefertigt werden

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

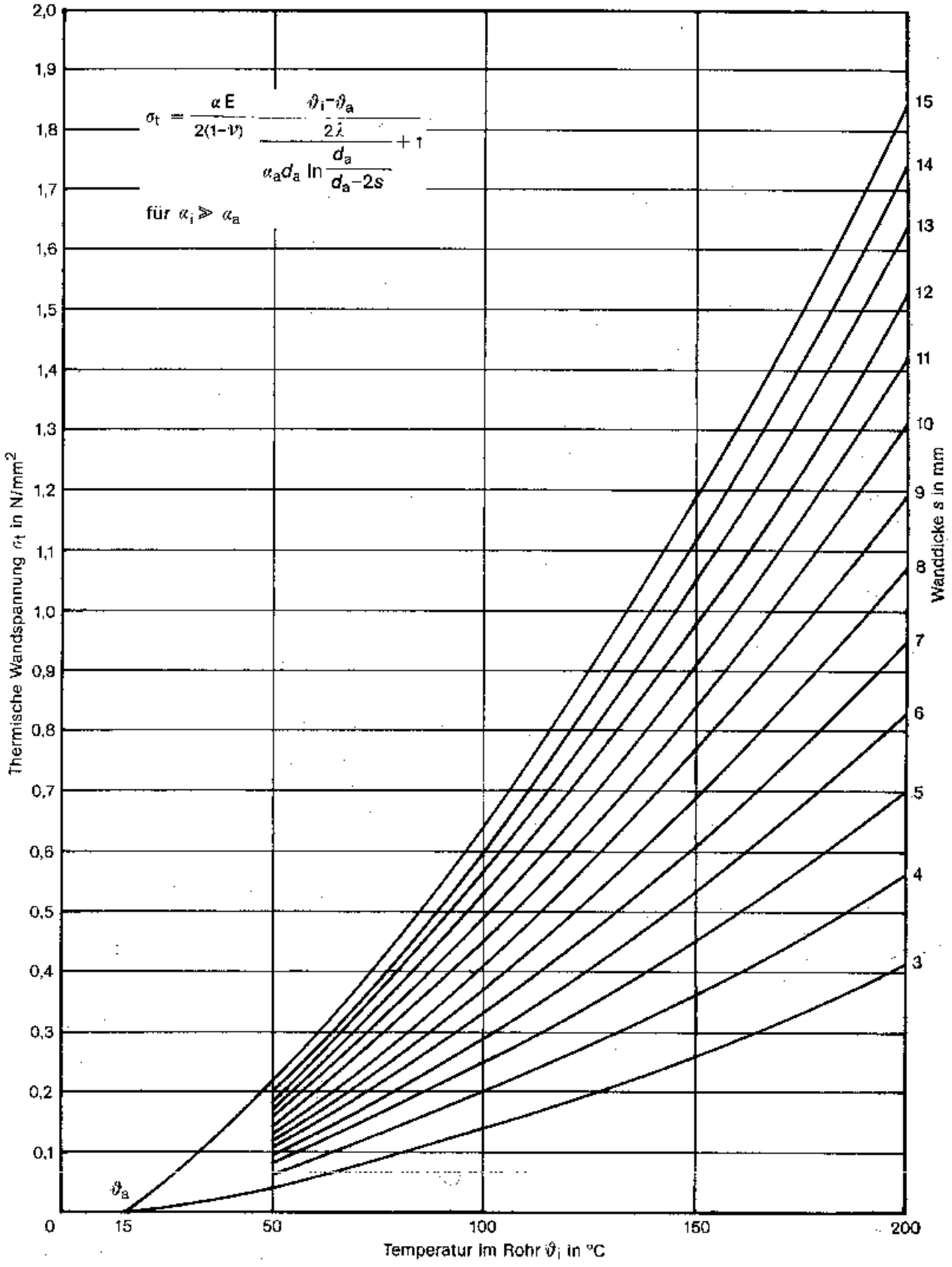
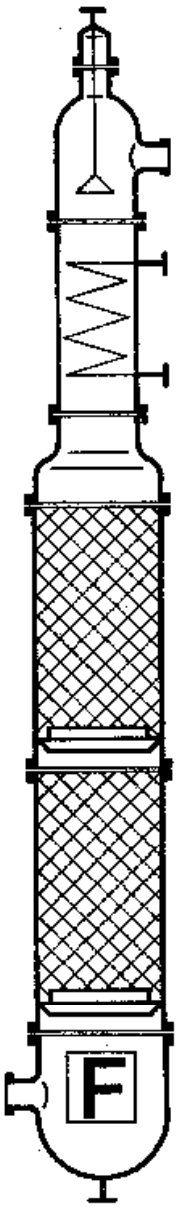


Bild 1. Thermische Wandspannung, berechnet für 5 m lange senkrechte Rohre DN 100 bis 1000 bei Raumtemperatur ϑ_a = 15 °C und Wärmeübergang α_a bei natürlicher Konvektion; Literatur [5]

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

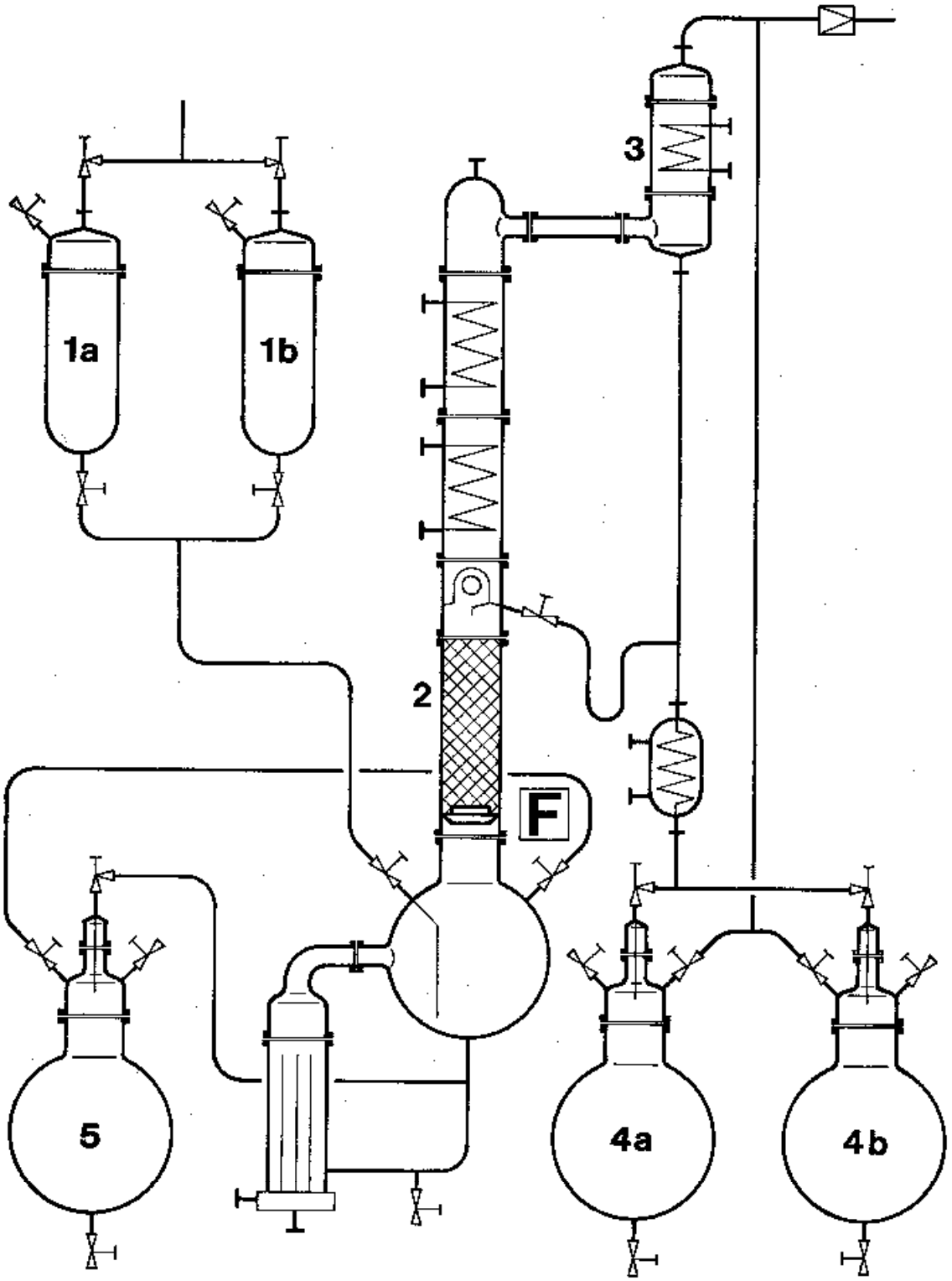


Beispiel 1. Ein aus mehreren Glasbauteilen zusammengesetzter Druckbehälter

Aufschrift auf dem Fabrikschild: (F)

Hersteller:	
Zeichnung: A 483-1 Baujahr:	1981
zulässiger Betriebsüberdruck:	0,5 bar
Inhalt des Druckraumes:	1430 Liter
zulässige Betriebstemperatur:	150 °C
zulässige Temperaturdifferenz:	in der Wand der Säule 5 K, in der Wand der Kühlschlange 40 K

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



Beispiel 2. Eine aus mehreren Glas-Druckbehältern bestehende Anlage, die wahlweise mit Überdruck oder Vakuum betrieben werden kann

Aufschrift auf dem Fabrikschild: (F)

Hersteller:	
Zeichnung: R 759 Baujahr:	1982
zulässiger Betriebsüberdruck:	–1 bis 0,5 bar
Inhalt des Druckraumes:	1650 Liter
zulässige Betriebstemperatur:	200 °C
zulässige Temperaturdifferenz in der Behälterwand:	5 K

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

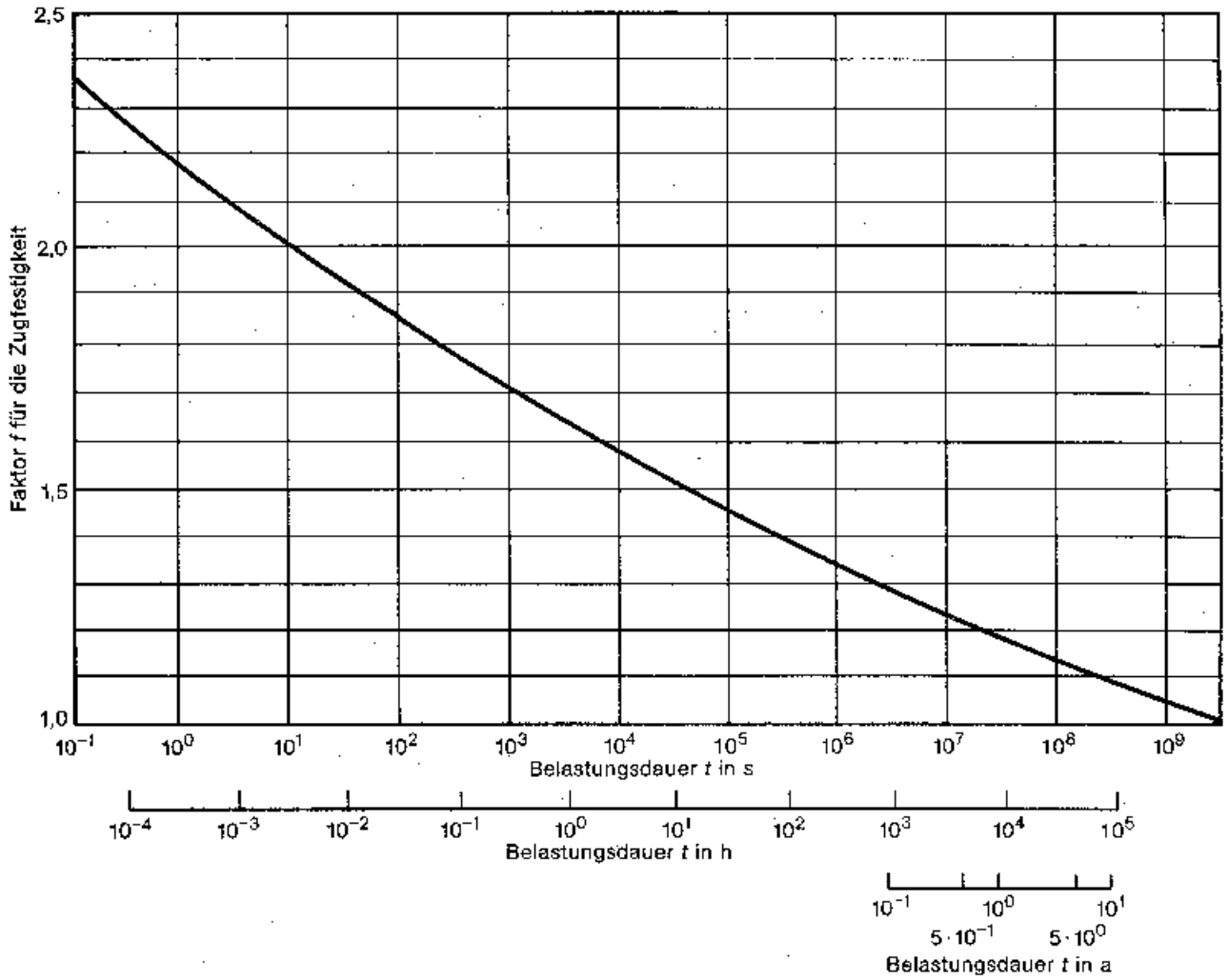


Bild 2. Abhängigkeit des Faktors *f* für die Zugfestigkeit von Borosilicatglas 3.3 in Wasser mit $n = 28$ von der Belastungsdauer

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt N 4

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt N 4, Abschnitt 5 – Festigkeitskennwerte für die Berechnung

1 Besonderheiten der Glasfestigkeit

Bei der Berechnung der Druckbehälter, Druckbehälterteile und Armaturen für Druckbehälter aus Glas müssen dessen besondere Werkstoffeigenschaften berücksichtigt werden. Im technischen Sinne sind Gläser idealelastische[5]) Werkstoffe, in denen keine Fließvorgänge stattfinden. Dies bedingt bei mechanischen Kontakten mit harten Werkstoffen das Zustandekommen von Oberflächenverletzungen in Form kleinster, teilweise submikroskopischer Risse und Ausbrüche. Derartige Oberflächenverletzungen, die bei einem normal gehandhabten Glas praktisch unvermeidlich sind, bestimmen infolge ihrer Kerbwirkung die Zugfestigkeit maßgeblich. Demzufolge bezieht sich die Zugfestigkeit vorrangig auf den Zustand der zu prüfenden Probenoberfläche, so dass Zahlenwerte über die Zugbelastbarkeit stets einer Angabe zum Oberflächenzustand bedürfen.

Zugfestigkeitswerte für die Berechnung von Druckbehältern aus Glas (Berechnungskennwerte), die sich aus Messungen an feuerblanken, mechanisch unverletzten Proben unter Berücksichtigung von Beanspruchungszeit und statistischer Messwertverteilung ableiten lassen, dürfen daher nur eingesetzt werden, wenn Oberflächenschädigungen auch im Gebrauch auszuschließen sind (z. B. Innenfläche abgeschmolzener Vakuumgefäße, durch Überzüge geschützte Oberflächen).

Kann sich der Oberflächenzustand von Druckbehälterteilen dagegen durch mechanische Einflüsse im Gebrauch verändern, so muss sich der hierfür geltende Berechnungskennwert auf Messungen an Proben beziehen, deren zugbelastete Oberflächen zuvor einer nach praktischen Erfahrungen höchstmöglichen Schädigung unterworfen waren.

Liegt in Glasoberflächen Druckspannung vor, so sind Oberflächenschäden ohne Bedeutung, weil Risse geschlossen werden. Hierdurch erreicht die Druckfestigkeit von Glas gegenüber der Zugfestigkeit mindestens zehnmal höhere Werte. Druckspannungen können somit zumeist vernachlässigt werden.

2 Zeiteinfluss

Die Zugfestigkeit von Glas nimmt mit der Einwirkungsdauer der Belastung ab, wobei der funktionelle Zusammenhang vom eingrenzenden Medium beeinflusst wird und für verschiedenartige Gläser deutliche Unterschiede zeigen kann (siehe [3]). Der Zeiteinfluss muss insbesondere bei Kurzzeitprüfungen beachtet werden (siehe auch Abschnitte 4 und 6).

Bei pulsierender Belastung kann die zeitliche Festigkeitsabnahme derjenigen bei Dauerbelastung gleichgesetzt werden (siehe [4]).

Die zulässige Druckspannung unterliegt keinem Zeiteinfluss.

[5]) „Idealelastisch“ beschreibt einen Werkstoff, bei dem ein linearer Zusammenhang zwischen Belastung und Verformung bis zum Bruch vorliegt, d. h. der Werkstoff verfügt nicht über die Fähigkeit, z. B. eines zähen Stahls, Beanspruchungen durch plastische Verformung abzubauen.

3 Temperatureinfluss

Der Einfluss der Temperatur auf die Glasfestigkeit ist zwischen Raumtemperatur und 200 °C vernachlässigbar gering. Im Bereich tiefer Temperaturen (< -150 °C) tritt allgemein eine merkliche Zunahme der Zugfestigkeit ein. Bei Temperaturen über 200 °C bis zur Transformationstemperatur (530 °C) nimmt die Zugfestigkeit ebenfalls zu.

Die Begrenzung der Betriebstemperatur auf ≤ 300 °C (siehe Tafel 1) ist vornehmlich durch die möglichen thermischen Spannungen in den Glasbauteilen begründet.

4 Einfluss der Medien

Ein unter Zugspannung stehendes Glas unterliegt im Kontakt mit wässrigen Medien oder Wasserdampf einer Spannungsrisskorrosion, welche die in Bild 2 dargestellte Zeitabhängigkeit der Zugfestigkeit bewirkt.

Abwesenheit von Wasser (z. B. ausschließlicher Kontakt mit organischen, wasserfreien Medien) führt zu höheren Zugfestigkeiten als den hier angegebenen, die für den ungünstigsten Fall Gültigkeit haben.

5 Druckfestigkeit

Die Probenform und der Zustand der Oberfläche beeinflussen das Ergebnis eines Druckfestigkeitsversuches, für den es bei Glas keine Norm gibt, sehr, denn letztlich wird ein axial über seinen ganzen Querschnitt gedrückter Körper nur durch die beim Druckversuch an seinen Umfang auftretenden Zugspannungen zerstört. (Gemeint ist ein Versuch, der sich vom Zugversuch nur durch das Vorzeichen der Kraft unterscheidet, nicht aber etwa der Eindruckversuch mit einer Kugel in die Oberfläche.) Die hier zur Diskussion stehende Druckspannung liegt also oft tangential zur Oberfläche.

Es ist üblich, als erlaubte Druckspannung das 10fache der Zugspannung anzugeben. Diese Regel basiert auf Versuchen an speziellen Probenformen und liegt auf der sicheren Seite.

6 Faktor für die Zugfestigkeit

Der in Abschnitt 2 beschriebene Zusammenhang zwischen Zugfestigkeit und Belastungsdauer wird durch die Gleichung

$$\sigma_2 = \sigma_1 \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^{\frac{1}{n}} = \sigma_1 \cdot f$$

wiedergegeben.

Wenn der Widerstandswert der Spannungsrisskorrosion n für die Glasart bekannt ist, kann mit dieser Gleichung aus der bei der Belastungsdauer t_1 gemessenen Zugfestigkeit σ_1 die Zugfestigkeit σ_2 bei der Belastungsdauer t_2 errechnet werden.

Je größer der Widerstandswert n ist, umso geringer ist die Abnahme der Zugfestigkeit.

Für Borosilicatglas 3.3 im Kontakt mit Wasser ist experimentell $n = 28$ ermittelt worden (siehe [3]).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Druckbehälter aus nichtmetallischen Werkstoffen	**Beurteilung von Fehlern in Wandungen von Druckbehältern aus Glas**	**AD 2000-Merkblatt N 4 Anlage 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Prüfung
4 Fehlerarten und Fehlerbeurteilung
5 Schrifttum

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für die visuelle Prüfung der Wandungen von Druckbehältern aus Glas auf Fehler und setzt Maßstäbe für die Beurteilung von Fehlern, die die Festigkeit erheblich beeinträchtigen.

2 Allgemeines

2.1 Fehler in der Glaswandung können bei der Herstellung des Glasrohlings, bei dessen Weiterverarbeitung zum Fertigprodukt oder bei der Handhabung und Verwendung entstehen.

2.2 Behälter aus Glas, deren Wandungen Fehler aufweisen, die die Festigkeit erheblich beeinträchtigen, dürfen nicht als Druckbehälter verwendet werden.

3 Prüfung

Die visuelle Prüfung der Wandungen auf Fehler erfolgt normalerweise ohne Hilfsmittel, in Zweifelsfällen mittels einer Lupe.

4 Fehlerarten und Fehlerbeurteilung

4.1 Steine

4.1.1 Beschreibung

Steine sind undurchsichtige Einschlüsse im erstarrten Glas. Die Steine können sowohl ungelöste Bestandteile des Glasgemenges als auch Fremdkörper, z. B. Teilchen der feuerfesten Auskleidung des Ofens, oder auskristallisierte Glasbestandteile sein.

4.1.2 Beurteilung

Steine, die im Bereich der Glasoberfläche liegen, diese also deformieren oder unterbrechen und somit fühlbar sind, sind nicht zulässig.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Steine, von denen Risse in das umgebende Glas laufen, sind ebenfalls nicht zulässig.

Steine im Inneren der Glaswand sind zulässig,

- wenn deren Durchmesser nicht mehr als die Hälfte der Wanddicke einnimmt, jedoch 4 mm nicht überschreitet,
- wenn deren Abstand voneinander mindestens das Zehnfache des Durchmessers des kleineren Steines beträgt.

4.2 Blasen

4.2.1 Beschreibung

Blasen sind Gaseinschlüsse. Sie können geschlossen oder offen sein. Offene Blasen haben sich zur Glaswandoberfläche hin geöffnet oder liegen so dicht unter der Oberfläche, dass sie leicht eindrückbar sind.

4.2.2 Beurteilung

Offene scharfkantige oder leicht eindrückbare Blasen sind nicht zulässig.

Geschlossene Blasen sind zulässig, wenn die Hälfte der Summe aus Breite und Länge der Blase nicht mehr als 13 mm beträgt und ihre Dicke kleiner als die halbe Wanddicke ist, jedoch 4 mm nicht überschreitet.

4.3 Knoten

4.3.1 Beschreibung

Knoten sind rundlich abgeschlossene Inhomogenitäten im Glas. Sie besitzen einen anderen Brechungsindex und sind daher sichtbar.

4.3.2 Beurteilung

Knoten, von denen Risse in das umgebende Glas laufen, sind nicht zulässig.

4.4 Schlieren

4.4.1 Beschreibung

Schlieren sind faden- oder strangförmige, vorwiegend in Wirbeln verlaufende Inhomogenitäten im Glas. Sie besitzen einen anderen Brechungsindex als das Glas in der Behälterwand und sind daher sichtbar.

4.4.2 Beurteilung

Schlieren, von denen Risse in das umgebende Glas laufen, sind nicht zulässig.

4.5 Risse

4.5.1 Beschreibung

Risse sind die Wanddicke ganz oder teilweise durchdringende Trennungen des Glaskörpers.

4.5.2 Beurteilung

Risse sind nicht zulässig.

4.6 Kratzer

4.6.1 Beschreibung

Kratzer sind linienförmige, rauhe Beschädigungen der Glasoberfläche, die in der Regel matt erscheinen.

4.6.2 Beurteilung

Deutlich fühlbare Kratzer und solche mit Rissbildung sind nicht zulässig.

4.7 Anschläge

4.7.1 Beschreibung

Anschläge sind Absplitterungen aus der Glasoberfläche infolge von Stoß- oder Schlageinwirkung.

4.7.2 Beurteilung

Anschläge sind nicht zulässig.

5 Schrifttum

Jebsen-Marwedel, H., und *R. Brückner:* Glastechnische Fabrikationsfehler. Springer-Verlag.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2005**

Sonderfälle	**Vereinfachte Berechnung auf Wechselbeanspruchung**	**AD 2000-Merkblatt S 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Ermittlung der zulässigen Lastspielzahl
5 Konstruktion
6 Herstellung
7 Prüfung
8 Berücksichtigung besonderer Betriebsbedingungen
9 Maßnahmen bei Erreichen der rechnerischen Lebensdauer
10 Zusätzliche Angaben

Anhang 1: Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt S 1

Anhang 2: Berechnungsbeispiel

Anhang 3: Vereinfachte Berechnung auf Wechselbeanspruchung für Gusseisen mit Kugelgraphit

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Die nachstehenden Regeln einer vereinfachten Berechnung auf Wechselbeanspruchung[1)] gelten für drucktragende Teile von Druckbehältern aus

- ferritischen und austenitischen Walz- und Schmiedestählen,
- Gusseisensorten mit Kugelgraphit nach Anhang 3,

die nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W und HP hergestellt und geprüft werden.

1.2 Die Berechnung gilt nur für Bauteile, die auf der Grundlage zeitunabhängiger Festigkeitskennwerte dimen-

[1)] Hierbei ist der Begriff „Wechselbeanspruchung" umfassend im Sinne der zeitlichen Veränderung einer Beanspruchung unabhängig von Größe und Vorzeichen des Mittelwertes gemeint.

Ersatz für Ausgabe Oktober 2004; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

sioniert sind (siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 6.2 und 6.3) und die nur durch Druckschwankungen wechselbeansprucht werden. Zusätzliche Wechselbeanspruchungen, z. B. durch schnelle Temperaturänderungen im Betrieb oder durch äußere Kräfte und Momente, sind im Rahmen der Berechnung nach AD 2000-Merkblatt S 2 zu beurteilen.

1.3 Eine Berechnung auf Wechselbeanspruchung ist nur als Lebensdauerabschätzung zur sinnvollen Festlegung von Prüffristen zu werten, um damit eventuell auftretende Ermüdungsanrisse rechtzeitig zu erkennen.

Die ertragbaren Lastspielzahlen können unter Berücksichtigung des Streufeldes der Ermüdungsfestigkeitswerte der Werkstoffe und bei günstigeren Randbedingungen für Konstruktion, Herstellung und Belastung als bei der Entwurfsprüfung zugrunde gelegt ein Vielfaches der rechnerischen Lastspielzahlen erreichen.

1.4 Wenn die nachfolgenden zwei Bedingungen erfüllt sind, braucht AD 2000-Merkblatt S 1 nicht angewendet zu werden.

a) Die Anzahl der Lastspiele mit Druckschwankungen zwischen dem drucklosen Zustand und dem maximal zulässigen Druck p (An- und Abfahrten) beträgt $N \leq 1000$ und

b) die Schwingbreite $(\hat{p} - \check{p})$ beliebig vieler Druckschwankungen überschreitet nicht 10 % von p.

Der Grenzwert der Druckschwankungsbreite $(\hat{p} - \check{p})$ von 10 % kann auf 20 % von p angehoben werden, wenn folgende zusätzliche Bedingungen erfüllt sind:

- Anzahl der Lastspiele mit Druckschwankungen zwischen dem drucklosen Zustand und dem maximal zulässigen Druck p (An- und Abfahrten) $N \leq 1000$,
- Stähle mit in den Normen festgelegten Streckgrenzen bei 20 °C von ≤ 300 N/mm^2,
- Wanddicken bis zu 25 mm,
- maßgebende Berechnungstemperatur $T^* \leq 200$ °C,
- Bauformen entsprechend einem Spannungsfaktor $\eta \leq 3$ nach Tafel 3 dieses AD 2000-Merkblattes.

1.5 Im Hinblick auf eine vorgesehene Gebrauchsdauer von 20 Jahren (365 Betriebstage) braucht AD 2000-Merkblatt S 1 ebenfalls nicht angewendet zu werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die auf den Druck p bezogene Druckschwankungsbreite $\left(\frac{\hat{p} - \check{p}}{p}\right)$ überschreitet nicht die Werte nach Bild 2,
- Stähle mit in den Normen festgelegten Streckgrenzen bei 20 °C von ≤ 355 N/mm^2.

Die Kurven in Bild 2 gelten für

- $N \leq 1000$ Lastspiele mit Druckschwankungen zwischen dem drucklosen Zustand und dem maximal zulässigen Druck (An- und Abfahrten),
- Wanddicken bis zu 25 mm,
- maßgebende Berechnungstemperatur $T^* \leq 200$ °C,
- Schweißverbindungen der Nahtklasse K 2 und Bauformen entsprechend einem Spannungsfaktor $\eta \leq 3$ nach Tafel 3.

Bei Kehlnähten an Stutzenanschlüssen fallen nur $^4/_5$ der bezogenen Druckschwankungsbreiten nach Bild 2 aus dem Geltungsbereich.

Bei mehr als 1000 An- und Abfahrten sind die Druckschwankungsbreiten in Bild 2 nach $\left(\frac{\hat{p} - \check{p}}{p}\right) \cdot F_p$ mit F_p nach Bild 3 zu reduzieren.

1.6 Anstelle des maximal zulässigen Druckes p können die Druckschwankungsbreiten $(\hat{p} - \check{p})$ auch auf den Berechnungsdruck p_r (fiktiver Druck) bezogen werden.

1.7 Überschreitet die Zahl der zu erwartenden betrieblichen Druckschwankungen die nach diesem AD 2000-Merkblatt errechnetete zulässige Lastspielzahl, ist eine Konstruktionsänderung oder eine auf die Bedingungen der Wechselbeanspruchung abgestimmte detaillierte Berechnung nach AD 2000-Merkblatt S 2 erforderlich.

1.8 Das AD 2000-Merkblatt setzt voraus, dass keine schwingfestigkeitsabmindernden Einflüsse durch das Medium vorliegen (siehe Abschnitt 8).

1.9 Bei tiefen zulässigen Temperaturen in den Anwendungsgrenzen der Beanspruchungsfälle II und III nach AD 2000-Merkblatt W 10 ist eine Reduzierung der zulässigen Lastspielzahlen nicht erforderlich.

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Als Kriterium für das Versagen durch Wechselbeanspruchung gilt der technische Anriss[2)].

2.3 Als Maß für die Wechselbeanspruchung gilt in diesem AD 2000-Merkblatt die Schwankungsbreite (doppelter Schwingungsausschlag), die aus der Einwirkung des sich wiederholt ändernden Druckes entsteht (siehe Bild 1).

2.4 Die nach dem AD 2000-Merkblatt S 1 errechnete zulässige Lastspielzahl wird durch die Dimensionierung und Gestaltung des Druckbehälters beeinflusst. Bei häufigen Lastspielen mit großer Wechselbeanspruchung werden zur Beurteilung entsprechender Änderungsmaßnahmen jedoch Berechnungen nach AD 2000-Merkblatt S 2 zweckmäßiger sein. In der Regel ergibt sich hiernach eine größere zulässige Lastspielzahl als bei der Berechnung nach AD 2000-Merkblatt S 1.

2.5 Von besonderer Bedeutung sind Schwankungen zwischen dem drucklosen Zustand und dem maximal zulässigen Druck p (An- und Abfahrten). Die Druckschwankungen können sich aber auch mit geringer Schwankungsbreite dem Betriebsüberdruck überlagern (z. B. in Puffergefäßen oder Speicherbehältern) oder mit unterschiedlicher Schwankungsbreite im Bereich zwischen 0 und p in unregelmäßiger Folge und mit unterschiedlicher Häufigkeit auftreten (Betriebslastkollektiv). Bei Beanspruchung durch äußeren Überdruck ist sinngemäß folgendermaßen vorzugehen: Bei Druckschwankungen zwischen Über- und Unterdruck in einem Druckraum ist zur Bestimmung der Druckschwankungsbreite die Summe der Beträge von Über- und Unterdruck in Rechnung zu setzen.

Treten in einem Druckraum nacheinander verschiedene Innen- und Außendruckwechselbelastungen auf, sind die Beanspruchungsfälle getrennt zu betrachten und über eine Lastkollektivrechnung zu bewerten.

Beim gleichzeitigen Auftreten von Innen- und Außendruckwechselbelastungen an einer drucktragenden Wand (z. B. bei zwei Druckräumen) sind die jeweiligen Druckzeitverläufe zu überlagern und die sich ergebenden Druckschwankungen unterschiedlicher Breite und Häufigkeit über eine Lastkollektivrechnung zu bewerten.

2.6 Die Zahl und die Höhe der Druckschwankungen, die ein Druckbehälter während seiner voraussichtlichen Lebensdauer ohne Schädigung der drucktragenden Teile er-

[2)] Als technischer Anriss gilt eine rissartige Werkstofftrennung, die mit optischen Hilfsmitteln oder zerstörungsfreien Prüfverfahren erkennbar ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

tragen kann, sind von einer Vielzahl verschiedenartiger Einflüsse abhängig, z. B.:

- Konstruktion,
  z. B. gestaltungstechnische Bauteilausführung im Hinblick auf Vermeidung hoher Spannungsspitzen;
- Herstellung,
  z. B. Vermeidung schädlicher Eigenspannungen und Schweißnahtimperfektionen;
- Werkstoff,
  weichere Stähle z. B. sind in der Regel weniger kerbempfindlich als härtere Stähle. Bei den kerbempfindlichen Stählen ist zu beachten, dass die Wahrscheinlichkeit eines Versagens im Falle unbemerkter Herstellungsfehler oder ungünstiger Betriebsbedingungen größer ist. Die Festigkeit des Schweißgutes sollte gleich oder nur wenig höher als die des Grundwerkstoffes sein;
- Oberflächenbeschaffenheit,
  Gestaltung mit geringer Oberflächenrauheit (mechanische Bearbeitung, Beschleifen der Schweißnähte) bei hohen Lebensdaueranforderungen;
- Wanddicke,
  zunehmende Wanddicke wirkt sich bei gleicher Spannungsschwingbreite wegen des Größeneinflusses lebensdauerabmindernd aus;
- Temperatur,
  höhere Temperaturen setzen die Wechselfestigkeit der Werkstoffe und damit die Bauteillebensdauer herab.

2.7 Während des Betriebes auftretende Korrosion kann insbesondere bei kerbempfindlichen Werkstoffen die Zahl der ertragbaren Lastspiele herabsetzen. Betriebliche Maßnahmen (siehe Abschnitt 8.1) und Prüfungen während der Betriebszeit (siehe Abschnitt 7.3) sind hier von besonderer Bedeutung. Soweit sich eine Deckschicht bildet, ist bei der Dimensionierung und der Gestaltung darauf Rücksicht zu nehmen, dass ein Aufreißen der Deckschicht verhindert wird.

2.8 Für die Berechnung wird als maßgebliche Temperatur während eines betrachteten Lastzyklus (siehe Bild 1) definiert:

$$T^* = 0{,}75 \cdot \hat{T} + 0{,}25 \cdot \check{T} \qquad (1)$$

Alle temperaturbedingten Größen sind auf diese maßgebende Temperatur T^* des betreffenden Lastzyklus zu beziehen.

2.9 Zur Bestimmung der zulässigen Lastspielzahl für den ganzen Behälter sind die Berechnungen nach Abschnitt 4 für die verschiedenen Teilbereiche des Behälters durchzuführen. Der Kleinstwert ist für den Behälter maßgebend.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblatt B 0 hinaus und abweichend davon gilt:

f_{T^*}	Temperatureinflussfaktor	–
f_N	Lastspielzahlabminderungsfaktor für Nahtklassen	–
f_L	Lastspielzahlerhöhungsfaktor bei Druckschwankungen $(\hat{p} - \check{p}) < p_r$	–
k	Anzahl der Intervalle unterschiedlicher Druckschwankungsbreite, die zusammen das Lastkollektiv bilden	–
p_r	Druck, der sich für den ganzen Behälter oder auch als fiktiver Druck nur für Teilgebiete bei voller Ausnutzung der Berechnungsspannung K_{20}/S und der vorgesehenen Bemessung nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe B errechnet (unter Umständen sind die Formeln nach p aufzulösen)	in bar
$(\hat{p} - \check{p})$	Druckschwankungsbreite (doppelter Schwingungsausschlag; siehe auch Bild 1)	in bar
F_d	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Wanddickeneinflusses	–
N	hier: Betriebslastspielzahl	–
N_{zul}	hier: Zulässige Lastspielzahl bei Druckschwankungsbreiten $(\hat{p} - \check{p})$	–
N_{100}	Zulässige Lastspielzahl bei Druckschwankungsbreiten (p_r – 0) bei Temperaturen $T^* \leq 100$ °C	–
T^*	maßgebende Berechnungstemperatur während eines Lastzyklus	in °C
$2\sigma_a^*$	fiktive pseudoelastische Spannungsschwingbreite	in N/mm²
$2\sigma_{aD}$	fiktive Dauerfestigkeitswerte	in N/mm²
η	Spannungsfaktor	–

Kopfzeiger $\hat{}$ = Maximalwert, z.B. $\hat{p}$

Kopfzeiger $\check{}$ = Minimalwert, z.B. $\check{p}$

Fußzeiger k = Zahlenindex, z.B. N_k

4 Ermittlung der zulässigen Lastspielzahl

4.1 Zur Bestimmung der zulässigen Lastspielzahl ist zunächst die fiktive pseudoelastische Spannungsschwingbreite $2\sigma_a^*$ nach

$$2\sigma_a^* = \frac{\eta}{F_d \cdot f_{T^*}} \cdot \frac{(\hat{p} - \check{p})}{p_r} \cdot \frac{K_{20}}{S} \qquad (2)$$

zu berechnen.

4.1.1 Hierbei ist der fiktive Druck p_r als zulässiger Druck bei voller Auslastung der Berechnungsspannung K_{20}/S für eine betrachtete Stelle eines Druckbehälters aus den Bemessungsformeln der AD 2000-Merkblätter der Reihe B zu ermitteln. Dazu müssen unter Umständen diese Bemessungsformeln nach p aufgelöst werden.

Hierbei brauchen Minus-Toleranzen (c_1) nicht und Abnutzungszuschläge (c_2) nur zu 50 % berücksichtigt zu werden. Bei Außendruckbeanspruchung an einer drucktragenden Wand kann der fiktive Druck p_r aus den Bemessungsformeln für die Berechnung gegen plastisches Verformen nach AD 2000-Merkblatt B 6 bestimmt werden.

4.1.2 Die Spannungsfaktoren η sind abhängig von der Bauteilgeometrie aus Tafel 3 zu entnehmen[3) 4)]. Dabei handelt es sich um die oberen Grenzwerte der abmessungsabhängigen Spannungsfaktoren innerhalb der praktisch auftretenden Abmessungsverhältnisse.

Werden niedrigere Spannungsfaktoren η gewählt, sind diese nachzuweisen.

4.1.3 Zur Berücksichtigung des wechselfestigkeitsabmindernden Einflusses der Bauteilgröße ist bei Wanddicken $s_e > 25$ mm ein Korrekturfaktor F_d nach

$$F_d = \left(\frac{25}{s_e}\right)^{0{,}25} \qquad (3)$$

oder aus Bild 4 in Rechnung zu setzen, wobei für Wanddicken $s_e \geq 150$ mm der Korrekturfaktor auf $F_d = 0{,}64$ be-

3) Siehe Anhang 1

4) Siehe auch Abschnitt 5.2

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

grenzt ist. Bei Schmiedestücken ist hierbei die Wanddicke des maßgeblichen Wärmebehandlungsdurchmessers nach DIN 17 243 einzusetzen.

4.1.4 Bei Lastzyklustemperaturen $T^* > 100\,°C$ bis zu Temperaturen zeitunabhängiger Festigkeitskennwerte ist ein Temperatureinflussfaktor f_{T^*} zu berücksichtigen. Der Korrekturfaktor f_{T^*} ist für ferritischen Werkstoff nach

$$f_{T^*} = 1{,}03 - 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot T^* - 1{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot T^{*2} \quad (4)$$

und für austenitischen Werkstoff nach

$$f_{T^*} = 1{,}043 - 4{,}3 \cdot 10^{-4} \cdot T^* \quad (5)$$

zu bestimmen oder Bild 5 zu entnehmen.

4.2 Die zulässige Lastspielzahl ist im Geltungsbereich $10^3 \le N \le 2 \cdot 10^6$ in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite $2\sigma_a^*$ nach Abschnitt 4.1 aus

$$N_{zul} = \left(\frac{B}{2\sigma_a^*}\right)^m \quad (6)$$

mit m = 3 für Schweißverbindungen und m = 3,5 für ungeschweißte Bauteilbereiche mit Walzhautoberfläche zu berechnen oder aus Bild 6 zu entnehmen. Hierbei sind die Kerbwirkungen durch Schweißnähte bzw. Oberflächenrauheit sowie der größtmögliche Einfluss von Schweißeigenspannungen oder Mittelspannungen aus Betriebsüberdruck bereits berücksichtigt.

4.2.1 Die Werte der Berechnungskonstanten B sind Tafel 1 zu entnehmen. Dabei gilt die Klasse K 0 für ungeschweißte Bauteilbereiche. Die übrigen Klassen beziehen sich auf Schweißverbindungen, die in Tafel 3 hinsichtlich ihrer Kerbwirkung den Klassen K 1, K 2, K 3 zugeordnet sind.

Tafel 1. Berechnungskonstanten B

Klasse	B [N/mm²] $10^3 \le N \le 2 \cdot 10^6$
K 0	7890
K 1	7940
K 2	6300
K 3	5040

4.2.2 Die fiktive Dauerfestigkeit ist bei $N = 2 \cdot 10^6$ festgelegt. Bei Spannungsschwingbreiten $2\sigma_a^*$ unterhalb der Werte $2\sigma_{aD}$ nach Tafel 2 wird Dauerfestigkeit unterstellt.

Tafel 2. Dauerfestigkeitswerte $2\sigma_{aD}$

Klasse	$2\sigma_{aD}\,[N/mm^2]$ $N \ge 2 \cdot 10^6$
K 0	125
K 1	63
K 2	50
K 3	40

4.3 Für den Sonderfall geschweißter Druckbehälter mit Bauformen entsprechend einem Spannungsfaktor $\eta \le 3{,}0$, bei Temperaturen $T^* \le 100\,°C$, Wanddicken $s_e \le 25$ mm und Druckschwankungen zwischen 0 und p_r können die zulässigen Lastspielzahlen im Bereich $1000 \le N_{zul} \le 2 \cdot 10^6$ nach

$$N_{zul} = N_{100} \cdot f_N \cdot f_L \quad (7)$$

mit

$$N_{100} = \frac{1{,}854 \cdot 10^{10}}{(K_{20}/S)^3} \quad (8)$$

$$f_L = \left(\frac{p_r}{\hat{p} - \check{p}}\right)^3 \quad (9)$$

und

$$f_N = \begin{pmatrix} 1{,}0 & \text{für K 1} \\ 0{,}5 & \text{für K 2} \\ 0{,}25 & \text{für K 3} \end{pmatrix} \quad (10)$$

ermittelt werden.

Die Werte N_{100} und f_L können auch aus Bild 7 und Bild 8 entnommen werden.

Die dauerfest ertragbare, auf p_r bezogene Druckschwankungsbreite für diese Behälter ist aus Bild 9 in Abhängigkeit von K_{20}/S zu entnehmen.

Die Kurven sind durch die Gleichung

$$\frac{(\hat{p} - \check{p})_D}{p_r} = \frac{2\sigma_{aD}}{3 \cdot K_{20}/S} \quad (11)$$

mit $2\sigma_{aD}$ aus Tafel 2 beschrieben.

4.4 Treten Druckschwankungen unterschiedlicher Breite und verschiedener Häufigkeit auf (Betriebslastkollektiv), ist die zulässige Lebensdauer nach der linearen Schädigungsakkumulationshypothese zu bestimmen.

$$\sum_k \frac{N_k}{N_{kzul}} = \left(\frac{N_1}{N_{zul1}} + \frac{N_2}{N_{zul2}} + \cdots \frac{N_k}{N_{zulk}}\right) \le 1{,}0 \quad (12)$$

4.4.1 Hierin sind N_1, N_2 ... N_k die im Betrieb zu erwartenden Lastspielzahlen, wobei jeweils die Lastzyklen zusammengefasst werden, die die gleiche Druckschwankungsbreite $(\hat{p} - \check{p})$ aufweisen. Die zugehörigen zulässigen Lastspielzahlen $N_{zul\,1}$, $N_{zul\,2}$ .... $N_{zul\,k}$ sind dann mit der jeweiligen Spannungsschwingbreite $2\sigma_a^*$ nach Formel (2) aus den entsprechenden Lastspielzahlkurven nach Bild 6 zu entnehmen oder nach Formel (6) zu berechnen.

4.4.2 Bewirkt ein Betriebslastkollektiv Spannungsschwingbreiten $2\sigma_a^*$, die kleiner sind als die in Tafel 2 für $N \ge 2 \cdot 10^6$ angegebenen Dauerfestigkeitswerte $2\sigma_{aD}$, so sind die zugehörigen zulässigen Lastspielzahlen $N_{zul} = 2 \cdot 10^6$ zu setzen. Die Schädigungsanteile von Kollektivstufen, deren Spannungsschwingbreite $2\sigma_a^*$ kleiner als 50 % der $2\sigma_{aD}$-Werte beträgt, können hierbei vernachlässigt werden.

5 Konstruktion

5.1 Die Lebensdauer von wechselbeanspruchten Bauteilen ist wesentlich von der Dimensionierung und konstruktiven Gestaltung abhängig. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass Konstruktionen mit hoher Spannungs- bzw. Dehnungskonzentration vermieden werden, z. B. durch Vermeidung schroffer Querschnittsübergänge. Eine Bewertung von im Druckbehälterbau üblichen Schweißnahtausführungen ist in der Tafel 3 gegeben. Bei hohen Anforderungen an die Lebensdauer sind die Schweißnahtgestaltungen der Klasse K 1 zu empfehlen. Ggf. sind höhere Anforderungen an die Gestaltung als nach AD 2000-Merkblatt HP 1 zu stellen (vgl. Spannungsfaktoren η in Tafel 3). Durch geeignete Gestaltung ist die Möglichkeit der Prüfung nach Abschnitt 7 zu schaffen.

5.2 Zur Lebensdauerbeurteilung von Gestaltungen, die in Tafel 3 nicht enthalten sind, ist der zu erwartende η-Wert nach entsprechenden Abschätzungen über die Strukturspannungs-Formzahl (siehe AD 2000-Merkblatt S 2 Abschnitt 4) festzulegen. In diesen Fällen ist jedoch eine detaillierte Berechnung nach AD 2000-Merkblatt S 2 zweckmäßig. Dies trifft in der Regel z. B. bei Knaggenverschlüssen und Klammerverbindungen zu.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.3 Die Lebensdauer kann im Rahmen der Konstruktionsbewertung nach Tafel 3 beispielhaft durch folgende konstruktive Maßnahmen erhöht werden:

(1) Halbkugel- oder Korbbogenboden anstelle Klöpperboden;
(2) kegelförmiger Mantel mit Krempe anstelle Kegel mit Eckstoß;
(3) Vermeidung von schrägen Stutzen und aufgesetzten scheibenförmigen Verstärkungen;
(4) Rohrplatten, Flansche und dergleichen mit konischem Ansatz zum Behältermantel;
(5) Vermeidung von eckigen Ausschnitten.

Überdimensionierung für vorwiegend ruhende Beanspruchung führt ebenfalls zu größeren zulässigen Lastspielzahlen. Ebenso kann bei Anwendung von AD 2000-Merkblatt S 2 in der Regel eine größere Lastspielzahl zugelassen werden (siehe Anhang 2 dieses AD 2000-Merkblattes).

6 Herstellung

Für die Herstellung gelten die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP. Zusätzlich ist bei Behältern, die nach diesem AD 2000-Merkblatt berechnet werden, Nachfolgendes zu beachten:

6.1 Bei Wechselbeanspruchung wirken sich bei der Fertigung entstandene Fehler ungünstiger aus als bei ruhender Beanspruchung. Durch Kerbstellen oder ungünstige Eigenspannungen kann die Lebensdauer von Bauteilen beträchtlich vermindert werden.

6.2 Für die Bauteile sind an die Schweißnahtausbildung besondere Anforderungen zu stellen. Bewertungsgruppe B nach EN 25817 ist einzuhalten. Hinsichtlich der Wärmeführung beim Schweißen und der Schweißfolge ist den Schweißeigenspannungen besondere Bedeutung zuzumessen. Sämtliche Wärmebehandlungen sind dem Werkstoff und der Wanddicke entsprechend ordnungsgemäß auszuführen.

Glühtemperaturen, Haltezeit und Abkühlbedingungen sind möglichst so festzulegen, dass große Dehnung und Kerbschlagzähigkeit gewährleistet sind. In vielen Fällen werden sich dabei Streckgrenze und Zugfestigkeit an der unteren Grenze der zulässigen Spanne einstellen. Das Span-nungsarmglühen ist so durchzuführen, dass die Eigenspannungen auf ein niedriges Niveau abgebaut werden und die oben genannten Werkstoffeigenschaften erhalten bleiben (siehe die entsprechenden Normen und Werkstoffblätter).

Stempelungen dürfen nicht an Stellen erhöhter Beanspruchung angebracht werden.

7 Prüfung

Für die Prüfung vor, während und nach der Herstellung sind zusätzlich zu den AD 2000-Merkblättern der Reihe HP die folgenden Abschnitte zu beachten:

7.1 Entwurfsprüfung

Im Rahmen der Entwurfsprüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 511 sind von der zuständigen unabhängigen Stelle die im Hinblick auf die Wechselbeanspruchung bei den Prüfungen nach Abschnitt 7.2 und 7.3 besonders zu prüfenden Stellen festzulegen.

7.2 Prüfungen während der Fertigung und Schlussprüfung

7.2.1 Durch die während der Fertigung vom Hersteller oder im Rahmen der Schlussprüfung von der zuständigen unabhängigen Stelle durchzuführenden Prüfungen muss sichergestellt werden, dass in dem Druckbehälter oder dem Druckbehälterteil keine Fehler vorhanden sind, die sich bei wechselnder Beanspruchung schnell vergrößern und zu einem Versagen der drucktragenden Teile vor Erreichen der zulässigen Lastspielzahl führen könnten (vgl. AD 2000-Merkblatt HP 5/1).

7.2.2 Für die zerstörungsfreie Prüfung sind die Regelungen des AD 2000-Merkblattes HP 5/3 in Verbindung mit Übersichtstafel zu HP 0 zu beachten. Ist es hiernach freigestellt, ob nach dem Durchstrahlungsverfahren oder dem US-Verfahren geprüft wird, so ist der US-Prüfung in der Regel der Vorzug zu geben. Im Betrieb hochbeanspruchte Stellen, wie z. B. Stutzeneinschweißungen, Lochränder oder Querschnittsübergänge, sind möglichst vollständig zerstörungsfrei zu prüfen. Die Besichtigung auf Oberflächenfehler und äußerlich sichtbare Schweißfehler ist mit der entsprechenden Sorgfalt vorzunehmen.

7.3 Prüfungen während des Betriebes

7.3.1 An jedem Druckbehälter, für den die Zahl der zulässigen Lastwechsel (Lastspielzahl *N*) festgelegt ist, muss spätestens bei Erreichen der Hälfte der festgelegten Lastspielzahl eine innere Prüfung durchgeführt werden.

Es können sich aufgrund des Betriebes kürzere Fristen für die innere Prüfung entsprechend den nationalen Vorschriften ergeben.

Dem Betreiber obliegt es, in geeigneter Weise die Zahl der auftretenden Lastwechsel zu erfassen und erforderlichenfalls die inneren Prüfungen zu veranlassen.

7.3.2 Weichen die bei der Berechnung nach Abschnitt 4 vorausgesetzten Betriebsbedingungen im Sinne größerer Wechselbeanspruchung ab oder sind durch andere betriebliche Einflüsse bereits vor Ablauf der Prüffristen Schädigungen an der drucktragenden Wandung zu erwarten, so sind die Prüffristen entsprechend den nationalen Vorschriften zu verkürzen.

Ggf. führen Berechnungen nach AD 2000-Merkblatt S 2 zu längeren Prüffristen.

7.3.3 Bei wechselnd beanspruchten Druckbehältern sind wiederkehrende Prüfungen von besonderer Bedeutung; sie erlauben, beginnende Schädigungen rechtzeitig zu erkennen. Dazu sind die inneren Prüfungen durch zerstörungsfreie Prüfungen an hochbeanspruchten Stellen zu ergänzen. Als Prüfverfahren kommen Oberflächenrissprüfungen und US-Prüfungen in Frage. Zur Überwachung gut prüfbarer Bereiche kann auch die US-Prüfung von der Außenseite des Behälters eingesetzt werden.

7.3.4 Werden bei einer inneren Prüfung keine Risse festgestellt, so ist die nächste innere Prüfung in der sich aufgrund einer besonderen Vereinbarung entsprechend den nationalen Vorschriften ergebenden kürzesten Frist, spätestens jedoch wiederum bei Erreichen der Hälfte der festgelegten Lastspielzahl, durchzuführen. Dies gilt auch, wenn die Zahl der zulässigen Lastspiele überschritten ist.

7.3.5 Auf die Prüfungen, die nach Abschnitt 7.3.1 bis 7.3.4 aufgrund der Wechselbeanspruchung während des Betriebes erforderlich sind, kann verzichtet werden, wenn das Bauteil für eine Betriebslastspielzahl $\geq 2 \cdot 10^6$ (dauerfest) ausgelegt ist.

7.3.6 Bei tiefen zulässigen Temperaturen unterhalb von – 200 °C sind die Prüfintervalle zur Durchführung der inneren Prüfungen nochmals auf die Hälfte zu verkürzen, d. h. die inneren Prüfungen nach Abschnitt 7.3.1 und 7.3.4 müssen spätestens bei Erreichen eines Viertels der festgelegten Lastspielzahl durchgeführt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8 Berücksichtigung besonderer Betriebsbedingungen

Im Falle korrosionsgestützter Rissbildung (Schwingungsrisskorrosion, dehnungsinduzierte Risskorrosion), wasserstoffgestützter Rissbildung in Druckwasserstoff oder vorhandener Magnetitschutzschicht sind die Festlegungen in AD 2000-Merkblatt S 2 Abschnitt 13 sinngemäß anzuwenden.

Im Zweifelsfall muss eine Berechnung nach AD 2000-Merkblatt S 2 durchgeführt werden.

9 Maßnahmen bei Erreichen der rechnerischen Lebensdauer

9.1 Ist die zulässige Lastspielzahl eines Bauteils oder der zulässige Wert für die Gesamtschädigung nach Abschnitt 4 erreicht, sind an einigen hochbeanspruchten Stellen, die mit der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen sind, möglichst vollständig zerstörungsfreie Prüfungen gemäß Abschnitt 7.3 durchzuführen.

9.2 Werden bei den Prüfungen gemäß Abschnitt 9.1 keine Risse gefunden, so ist ein Weiterbetrieb zulässig. Voraussetzung hierfür ist, dass bei den zerstörungsfreien Prüfungen, die in den Prüfintervallen durchzuführen sind, die 50 % der Betriebsdauer nach Abschnitt 9.1 entsprechen, keine Ermüdungsschäden festgestellt werden. Nach Erreichen dieser Betriebszeit ist das weitere Vorgehen im Einzelnen entsprechend den nationalen Vorschriften abzustimmen.

Bei tiefen zulässigen Temperaturen unterhalb von – 200 °C verkürzen sich die Prüfintervalle für die zerstörungsfreien Prüfungen von 50 % auf 25 % der Betriebsdauer nach Abschnitt 9.1.

9.3 Sollten bei den Prüfungen gemäß Abschnitt 9.1 oder 9.2 Risse oder rissartige Fehler im Sinne des AD 2000-Merkblattes HP 5/3 Abschnitt 5.2 bzw. 5.4 oder weitergehende Schädigungen festgestellt werden, ist das Bauteil oder das betreffende Konstruktionselement auszutauschen, es sei denn, dass durch geeignete Maßnahmen, die entsprechend den nationalen Vorschriften zu vereinbaren sind, ein Weiterbetrieb zulässig erscheint.

9.4 Als konstruktive, herstellungstechnische und verfahrenstechnische Maßnahmen für einen Weiterbetrieb kommen in Frage:

(1) Beseitigung von Rissen durch Ausschleifen. Ergibt sich durch das Ausschleifen eine zu geringe Wanddicke, sind Reparaturschweißungen nur in Zusammenarbeit mit dem Hersteller im Rahmen der nationalen Vorschriften vorzunehmen;

(2) Kerbfreischleifen der Schweißnähte;

(3) Beseitigen von Verformungsbehinderungen, z. B. Ersatz anrissbehafteter starrer Verstrebungen durch verschiebbare Verbindungen;

(4) Änderung der Betriebsweise.

10 Zusätzliche Angaben

10.1 In allen Fällen, in denen die Bedingungen für den Verzicht auf Anwendung dieses AD 2000-Merkblattes nach Abschnitt 1.4 und 1.5 nicht erfüllt sind, ist dies dem Hersteller und zur Entwurfsprüfung der zuständigen unabhängigen Stelle anzugeben. Es sind in diesen Fällen der Betriebserfordernis angepasste Maßnahmen vorzusehen und gegebenenfalls zwischen Hersteller, Besteller/Betreiber und der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren und auf der entwurfsgeprüften Zeichnung und in der Bescheinigung über die Schlussprüfung unter Hinweis auf AD 2000-Merkblatt S 1 einzutragen.

10.2 In Beachtung des Geltungsbereiches nach Abschnitt 1 (nur Innendruckschwankungen) sind anzugeben:

- Anzahl der Druckschwankungen zwischen dem drucklosen Zustand und dem maximal zulässigen Druck (An- und Abfahrten);
- Druckschwankungen konstanter Schwingbreite, die sich dem Betriebsüberdruck überlagern, und deren Betriebslastspielzahl;
- Druckschwankungen verschiedener Lastzyklusgruppen und deren Betriebslastspielzahl eines vorgegebenen Betriebslastkollektivs;
- minimale und maximale Temperatur während eines Lastzyklus oder im Falle eines Betriebskollektivs in den einzelnen Lastzyklusgruppen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

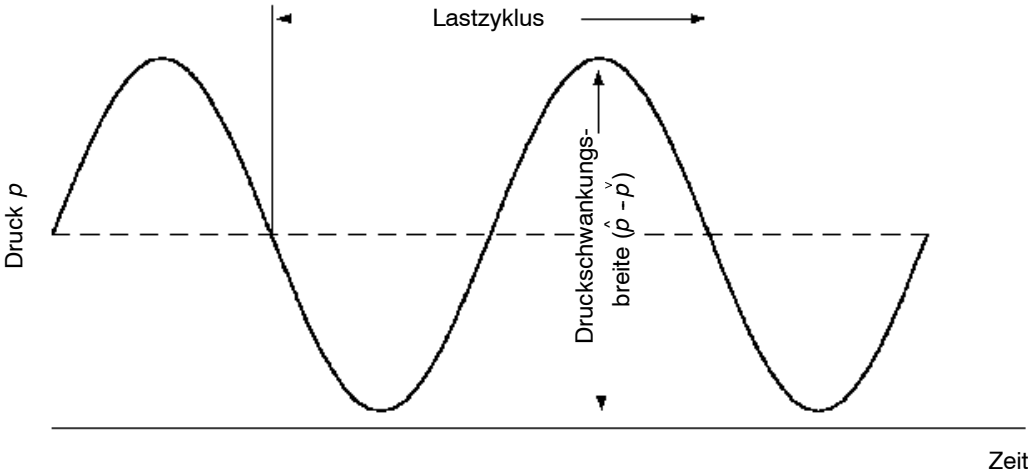


Bild 1. Druckverlauf und Lastzyklus (schematisch)

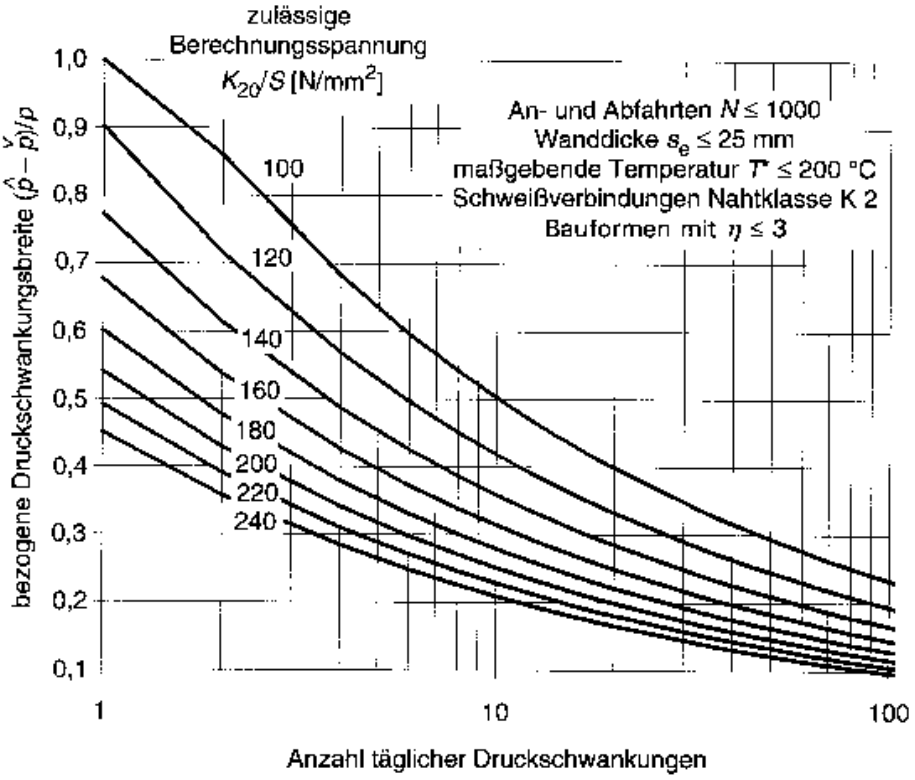


Bild 2. Abgrenzung zwischen der Berechnung gegen vorwiegend ruhende Innendruckbeanspruchung und der Berechnung gegen Wechselbeanspruchung für Druckbehälter mit einer Gebrauchsdauer bis zu 20 Jahren (365 Betriebstage)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

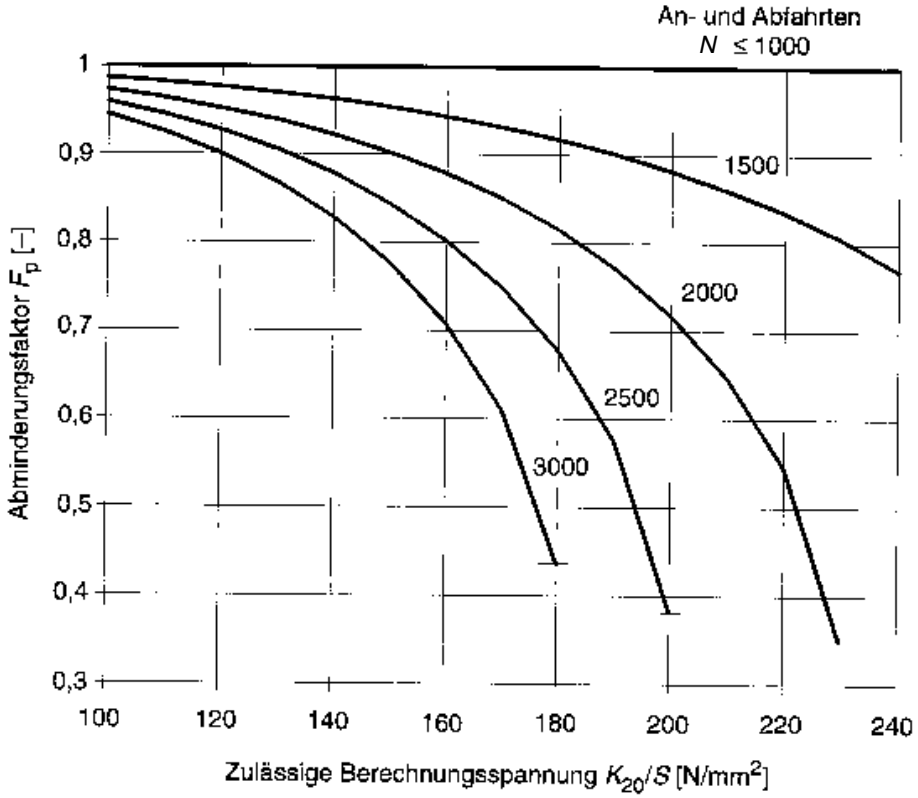


Bild 3. Abminderungsfaktor für Druckschwankungsbreiten nach Bild 2 bei mehr als 1000 An- und Abfahrten

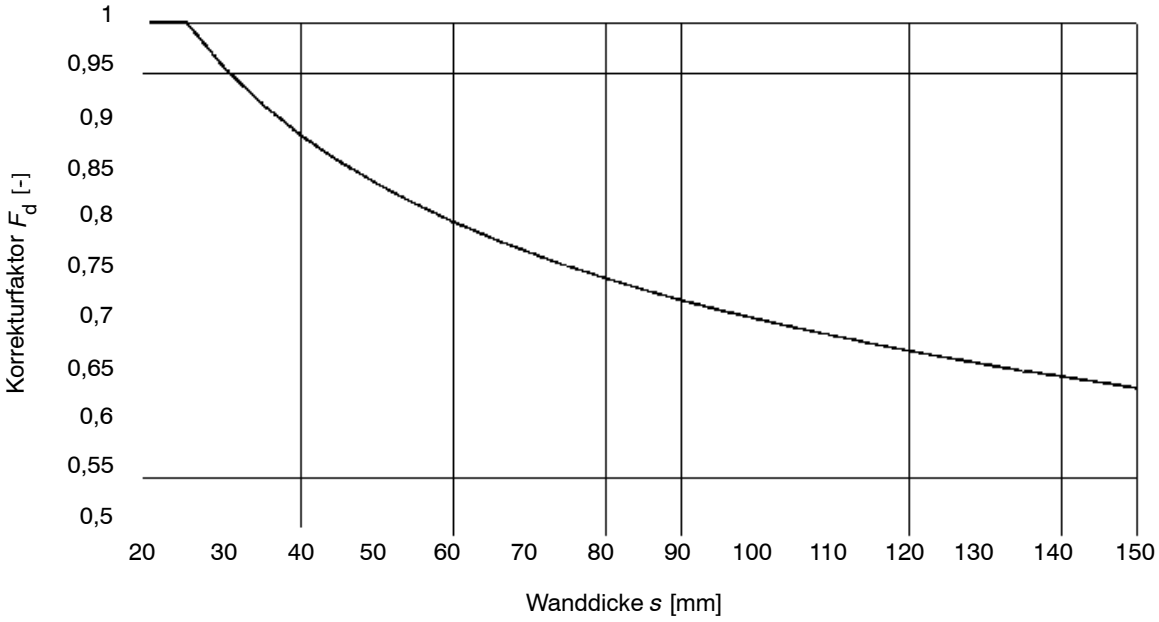


Bild 4. Korrekturfaktor F_d zur Berücksichtigung des Wanddickeneinflusses

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

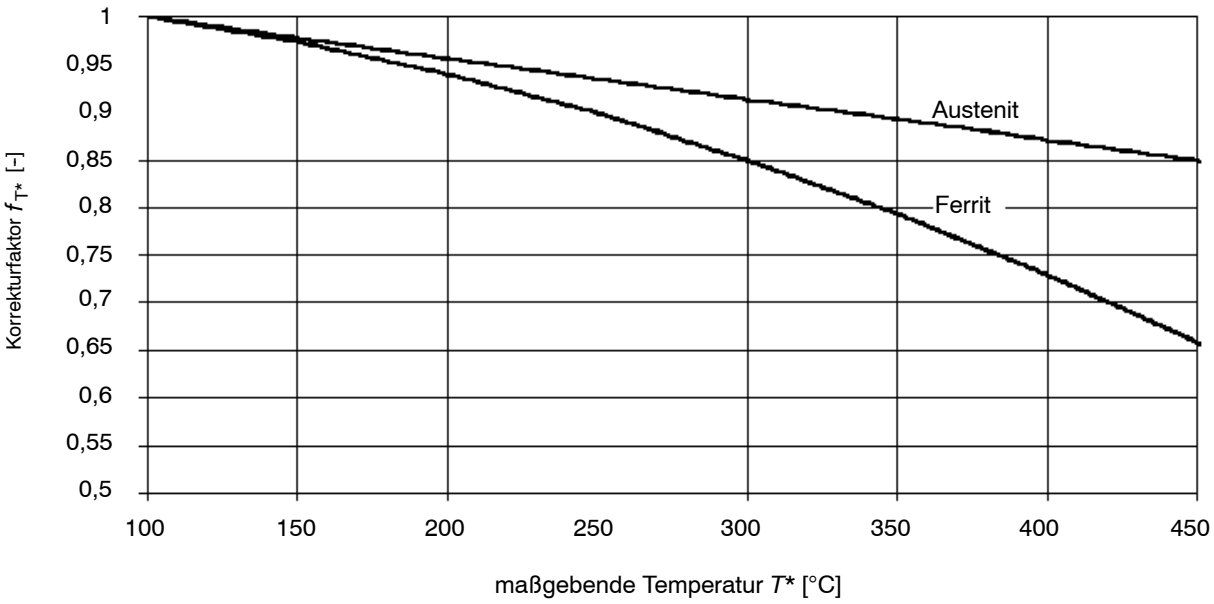


Bild 5. Korrekturfaktor f_{T*} zur Berücksichtigung des Temperatureinflusses

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

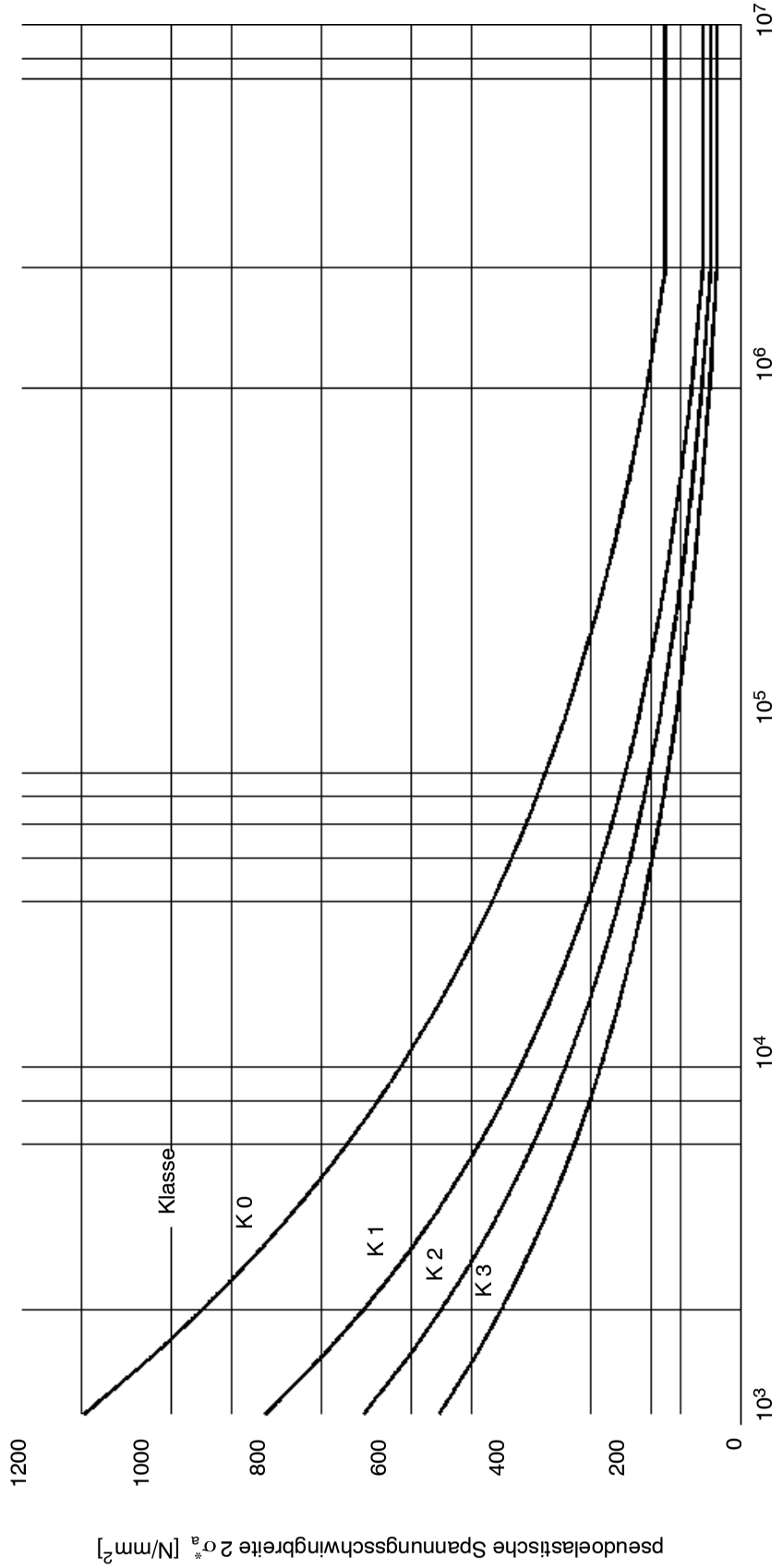


Bild 6. Zulässige Lastspielzahlen bei Berechnungstemperaturen ≤ 100 °C und Wanddicken ≤ 25 mm

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

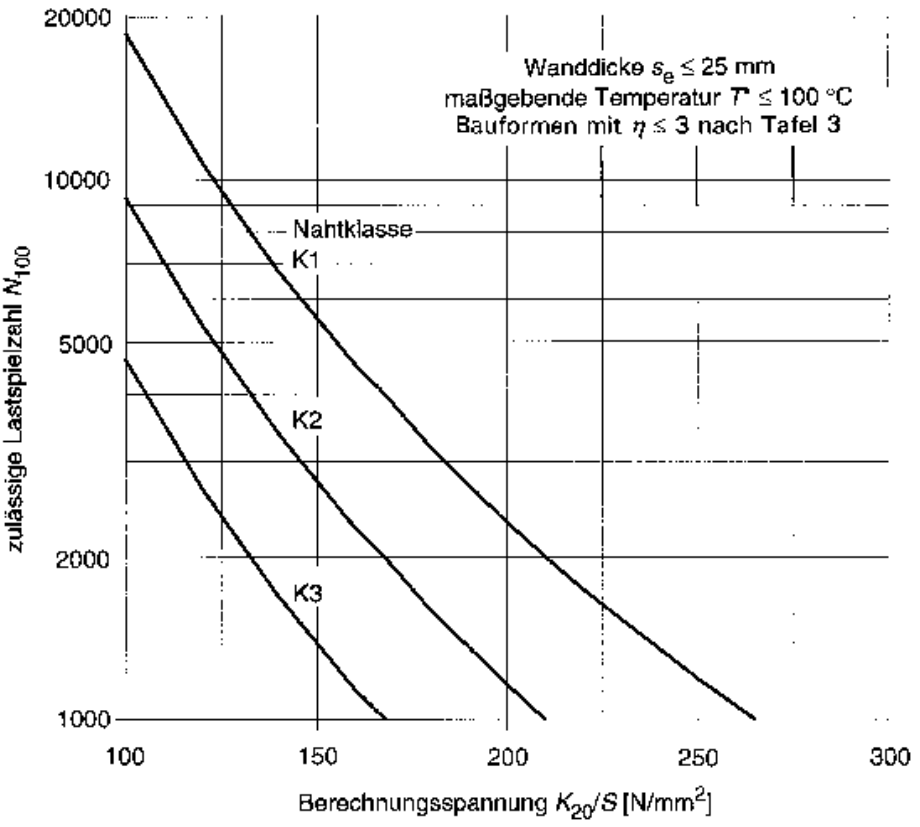


Bild 7. Zulässige Zahl der An- und Abfahrten mit Druckschwankungsbreiten $(\hat{p} - \check{p}) = (p_r - 0)$

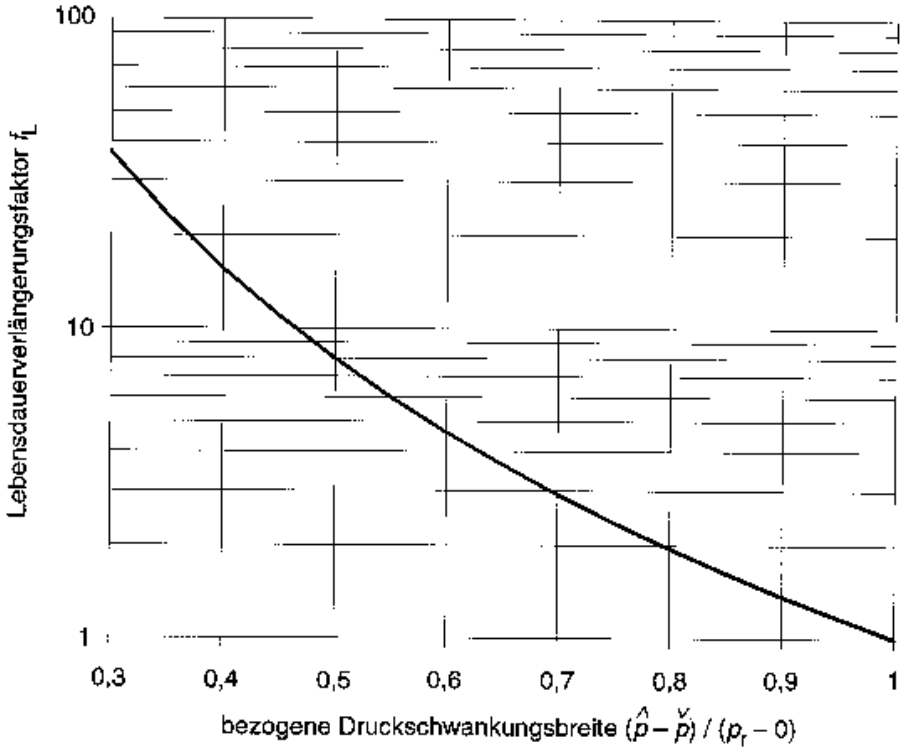


Bild 8. Lebensdauerverlängerungsfaktor bei Druckschwankungsbreiten $(\hat{p} - \check{p}) < (p_r - 0)$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

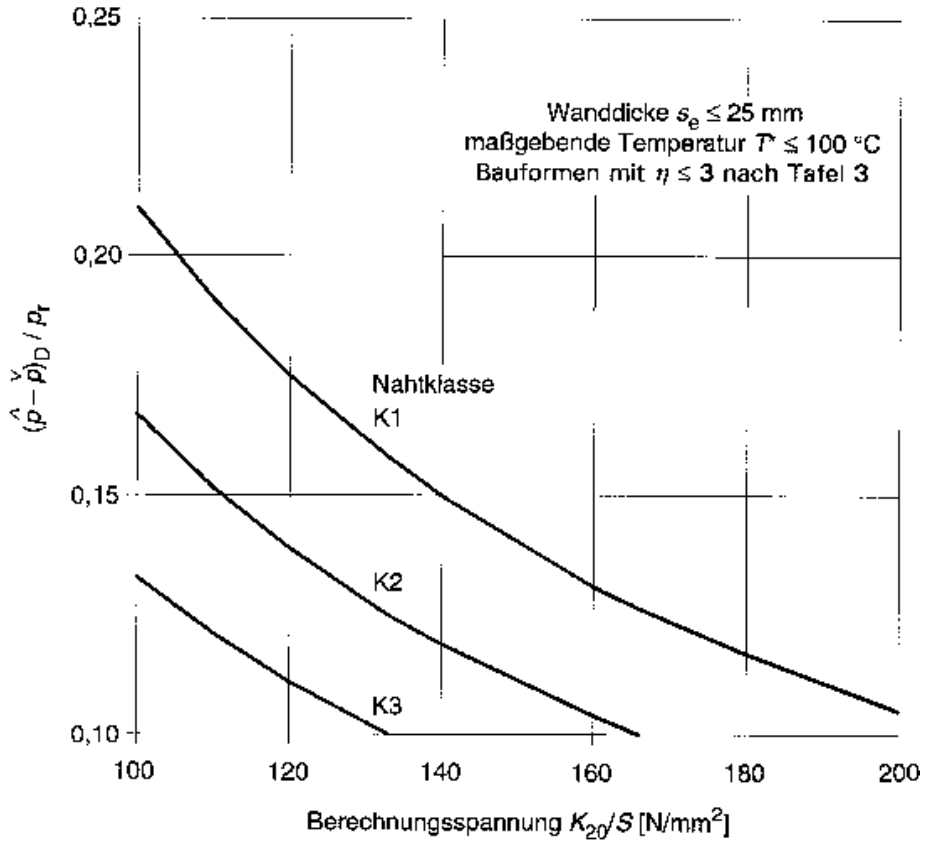
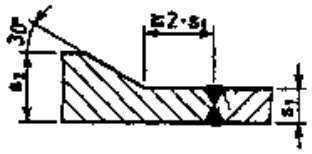
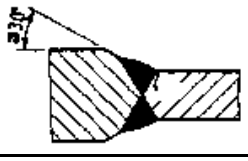


Bild 9. Dauerfest ertragbare, auf p_r bezogene Druckschwankungsbreiten $(\hat{p} - \check{p})_D/(p_r - 0)$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Beispiele von Bauformen und Schweißverbindungen mit den zugeordneten Klassen (K 0, K 1, K 2, K 3) und den zugeordneten Spannungsfaktoren η (eingezeichnete Rissverläufe beispielhaft)

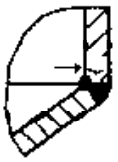
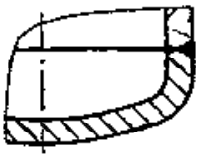
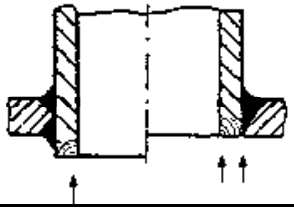
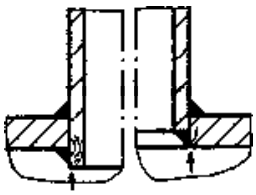
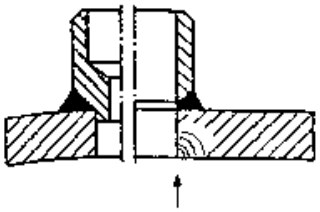
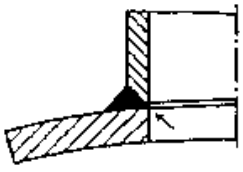
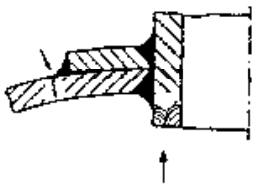
lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Klasse	η
1. Zylindrische und kegelförmige Mäntel, gewölbte Böden					
1.1		Längs- oder Rundnaht bei gleichen Wanddicken	beidseitig geschweißt	K 1	3,0[5)]
1.2			einseitig geschweißt mit Gegennaht	K 1	
1.3			einseitig geschweißt ohne Gegennaht	K 2	
1.4		Längs- oder Rundnaht bei ungleichen Wanddicken	beidseitig geschweißt	K 1	1,5[6)]
1.5				K 1	
1.6				K 1	
1.7			beidseitig geschweißt, Kantenversatz innen und außen gleich	K 1	
1.8				K 1	
1.9				K 1	

[5)] Zulässige Aufdachungen und Einziehungen siehe AD 2000-Merkblatt HP 1. Sind keine Aufdachungen oder Einziehungen vorhanden, kann η = 1,5 angenommen werden.

[6)] Zulässige Wanddickenverhältnisse und zulässiger Versatz siehe AD 2000-Merkblatt HP 5/1. Es gelten die Werte für Längsnähte.

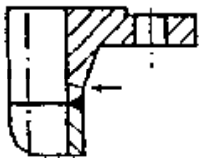
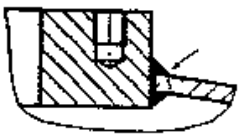
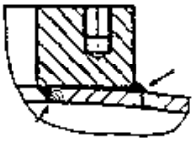
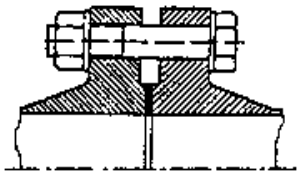
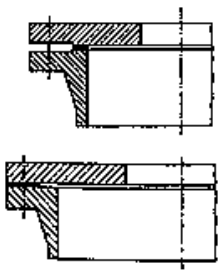
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Beispiele von Bauformen und Schweißverbindungen mit den zugeordneten Klassen (K 0, K 1, K 2, K 3) und den zugeordneten Spannungsfaktoren η (eingezeichnete Rissverläufe beispielhaft)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Klasse	η
1.10		Kegel mit Eckstoß	beidseitig geschweißt oder einseitig geschweißt mit Gegennaht	K 1	2,7
1.11			einseitig geschweißt ohne Gegennaht	K 3	
1.12		Kegel mit Krempe und Längsnaht	Nahtausführung und Klassenzuordnung wie lfd. Nr. 1.1–1.3	K1/K2	2,0
1.13		Bodenanschlussnaht bei gewölbten Böden mit zylindrischen Bordhöhen nach AD 2000-Merkblatt B 3	Nahtausführung und Klassenzuordnung wie lfd. Nr. 1.1–1.9	K 1	1,5
1.14		Krempe Klöpperboden	ungeschweißt	K 0	2,5
1.15		Krempe Korbbogenboden	ungeschweißt	K 0	2,0
2. Stutzeneinschweißungen					
2.1		Stutzen durchgesteckt oder eingesetzt	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	K 1	3,0
2.2			einseitig durchgeschweißt ohne Gegennaht	K 2	
2.3		Stutzen durchgesteckt (in der Darstellung: linke Ausführung)	beidseitig, aber nicht durchgehend verschweißt	K 2	
2.4		Stutzen eingesetzt (in der Darstellung: rechte Ausführung)		K 3	
2.5		Stutzen aufgesetzt	einseitig durchgeschweißt (ohne Restspalt), Stutzen ausgebohrt oder Wurzel überschliffen	K 1	
2.6			einseitig durchgeschweißt, ohne Gegennaht oder ohne mechanische Bearbeitung der Wurzel	K 2	
2.7		Stutzen mit scheibenförmiger Verstärkung. Naht: am Außendurchmesser der Scheibe		K 3	
2.8		Stutzen mit scheibenförmiger Verstärkung. Naht: Stutzeneinschweißung	Verbindung Stutzenrohr mit Grundkörper und Verstärkungsscheibe durchgeschweißt	K 1	

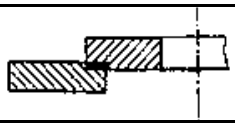
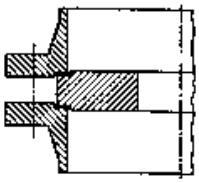
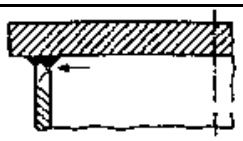
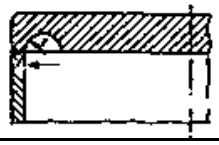
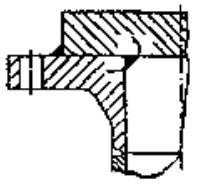
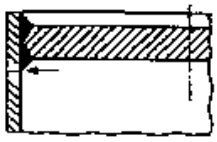
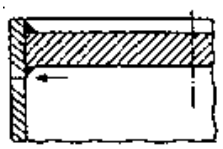
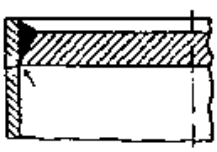
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Beispiele von Bauformen und Schweißverbindungen mit den zugeordneten Klassen (K 0, K 1, K 2, K 3) und den zugeordneten Spannungsfaktoren η (eingezeichnete Rissverläufe beispielhaft)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Klasse	η
3. Flansche, Blockflansche und Schrauben					
3.1		Vorschweißflansch	beidseitig geschweißt oder einseitig geschweißt mit Gegennaht	K 1	2,0
3.2			einseitig geschweißt ohne Gegennaht	K 2	
3.3		Aufschweißflansch	Nahtausführungen nach AD 2000-Merkblatt B 8, Tafel 1	K 2	3,0
3.4		eingesetzter Blockflansch	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	K 1	
3.5			beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	K 2	
3.6		eingesetzter Blockflansch mit Schweißansatz	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	K 1	
3.7		aufgesetzter Blockflansch, Naht am Innendurchmesser (in der Darstellung: linke Naht)		K 3	4,0
		aufgesetzter Blockflansch, Naht am Außendurchmesser (in der Darstellung: rechte Naht)		K 2	
3.8		Schrauben von Flanschverbindungen: Nachweis in der Regel nur erforderlich, wenn die Schrauben häufig gelöst werden. In diesen Fällen gelten die in Klammern gesetzten Werte K 0 und η = 5,0.		(K 0)	(5,0)
4. Verschraubte, vorgelegte oder geklemmte ebene Platten mit Ausschnitten Geltungsbereich und ergänzende Hinweise: - Die Spannungsfaktoren η gelten für Böden mit mittigen Ausschnitten, wenn folgende Bedingungen für den Ausschnitt erfüllt sind (Bezeichnungen s. AD 2000-Merkblatt B 5 bzw. B 9): $d_i / D_1 \leq 0{,}2$ und $s_s / s \geq 1{,}25 \cdot d_i / D_1 + 0{,}1$ für verstärkte Ausschnitte und $d_i / D_1 \leq 0{,}2$ für unverstärkte Ausschnitte - Verstärkte Ausschnitte: Nahtausführung und Klassenzuordnung wie lfd. Nr. 2.1–2.6, 3.3–3.7 - Unverstärkte Ausschnitte (ebene Platten ohne Schweißnaht): Klasse K 0					
4.1		verschraubte Platten mit und ohne Randmoment	s. „Geltungsbereich und ergänzende Hinweise“ zu lfd. Nr. 4	K0–K3	3,0

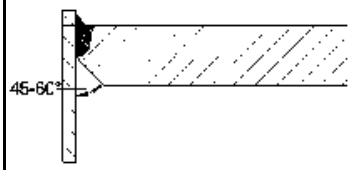
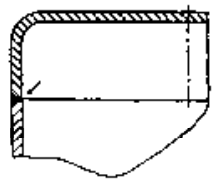
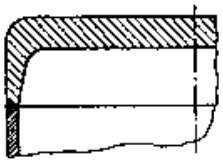
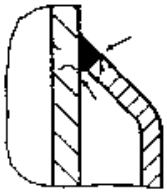
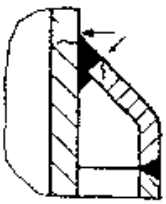
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Beispiele von Bauformen und Schweißverbindungen mit den zugeordneten Klassen (K 0, K 1, K 2, K 3) und den zugeordneten Spannungsfaktoren η (eingezeichnete Rissverläufe beispielhaft)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Klasse	η
4.2		von innen oder außen vorgelegte Platte	s. „Geltungsbereich und ergänzende Hinweise“ zu lfd. Nr. 4	K0–K3	3,0
4.3		beidseitig frei aufliegende Platte			
5. Anschlussschweißnähte ebener Böden Geltungsbereich und ergänzende Hinweise: Die Klassen K und die Spannungsfaktoren η gelten auch für Böden mit mittigen Ausschnitten, wenn folgende Bedingungen für den Ausschnitt erfüllt sind (Bezeichnungen s. AD 2000-Merkblatt B 5 bzw. B 9): $d_i / D_1 \leq 0{,}2$ und $s_s / s \geq 1{,}25 \cdot d_i / D_1 + 0{,}1$ für verstärkte Ausschnitte und $d_i / D_1 \leq 0{,}2$ für unverstärkte Ausschnitte					
5.1		aufgeschweißter Boden	beidseitig durchgeschweißt	K 1	5,0
5.2			beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	K 2	
5.3			einseitig geschweißt ohne Gegennaht	K 3	
5.4		aufgeschweißter Boden mit Entlastungsnut	einseitig geschweißt, Nutabmessung entsprechend AD 2000-Merkblatt B 5, Tafel 1, Ausführungsform e	K 2	4,0
5.5		mit einem Auf- oder Vorschweißflansch verschweißter Boden	beidseitig mit Kehlnähten verschweißt	K 2	5,0
5.6		eingeschweißter Boden	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	K 1	
5.7			beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	K 2	
5.8			einseitig geschweißt	K 3	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

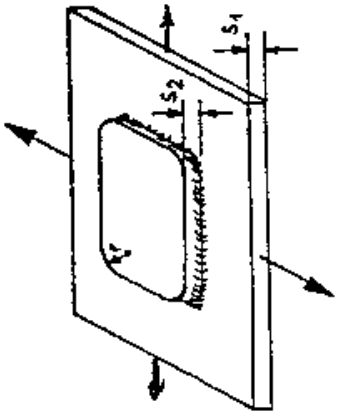
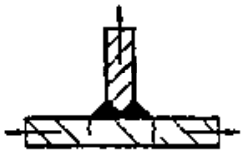
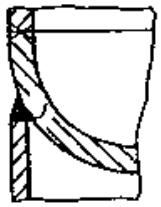
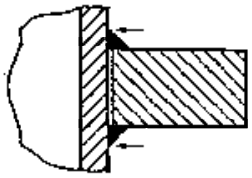
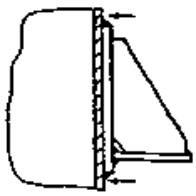
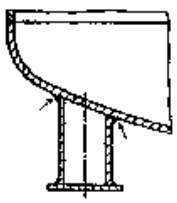
Tafel 3. Beispiele von Bauformen und Schweißverbindungen mit den zugeordneten Klassen (K 0, K 1, K 2, K 3) und den zugeordneten Spannungsfaktoren η (eingezeichnete Rissverläufe beispielhaft)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Klasse	η
5.9		partiell durchgeschweißter Boden	einseitig geschweißt	K 3	5,0
5.10		gekrempter Boden, Anschlussschweißnaht	Krempenradius und Bordhöhe entsprechend AD 2000-Merkblatt B 5, Tafel 1, Ausführungsform a, Nahtausführung und Klassen-zuordnung wie lfd. Nr. 1.1–1.3	K1/K2	1,5
5.11		gekrempter Boden, Krempe	ungeschweißt	K 0	2,0
5.12		geschmiedeter oder gepresster Boden, Anschlussschweißnaht	Krempenradius und Bordhöhe entsprechend AD 2000-Merkblatt B 5, Tafel 1, Ausführungsform b, Nahtausführung und Klassen-zuordnung wie lfd. Nr. 1.1–1.3	K1/K2	1,5
5.13		geschmiedeter oder gepresster Boden, Krempe	ungeschweißt	K 0	4,0
6. Doppelmantel – Anschlussnähte					
6.1		mit angeformter Krempe: Die Bewertung gilt sowohl für die Innenbehälterwand als auch für die Verbindungsnaht selbst	einseitig durchgeschweißt	K 2	3,0
6.2		mit separater Krempe: Die Bewertung gilt sowohl für die Innenbehälterwand als auch für die Verbindungsnaht zwischen Krempe und Behälterwand. (Die Verbindungsnaht zwischen Krempe und Außenmantel wird nach lfd. Nr. 1.3 mit K 2 bewertet)	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	K 1	3,0
7. Anschweißteile, allgemein Voraussetzung: Äußerer Befund der Anschlussschweißnähte nach EN 25817, Bewertungsgruppe B, ausschließlich der Merkmale Nahtüberhöhung und -unterschreitung sowie Ungleichschenkligkeit					
7.1		Anschweißteile ohne Einleitung von wechselnden Zusatzkräften oder -momenten	beidseitig durchgeschweißt	K 1	2,0
7.2			beidseitig mit Kehlnaht geschweißt	K 2	
7.3			beidseitig durchgeschweißt	K 1[7)]	
7.4			beidseitig mit Kehlnaht geschweißt	K 2[7)]	

[7)] Die Bewertung bezieht sich auf die Rippenmitte. Für das Rippenende ist die Bewertung jeweils eine Klasse schlechter.

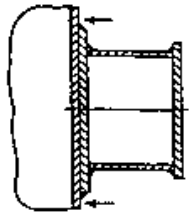
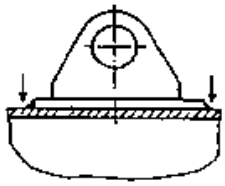
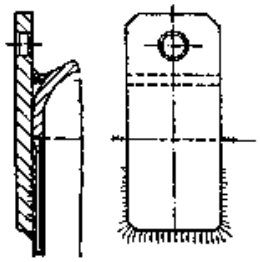
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Beispiele von Bauformen und Schweißverbindungen mit den zugeordneten Klassen (K 0, K 1, K 2, K 3) und den zugeordneten Spannungsfaktoren η (eingezeichnete Rissverläufe beispielhaft)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Klasse	η
7.5		Verstärkungsblech, Futterblech mit Kehlnahtanschluss. Keine Einleitung von wechselnden Zusatzkräften oder -momenten	$s_2 \le 1{,}5 \cdot s_1$ $r \ge 2 \cdot s_2$	K 2	
7.6		Anschweißteile mit Einleitung von wechselnden Zusatzkräften oder -momenten	beidseitig durchgeschweißt	K 1	3,0
7.7			beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	K 2	
8. Anschweißteile ohne Einleitung von wechselnden Zusatzkräften oder -momenten, Beispiele Voraussetzung: Äußerer Befund der Anschlussschweißnähte nach EN 25817, Bewertungsgruppe B, ausschließlich der Merkmale Nahtüberhöhung und -unterschreitung sowie Ungleichschenkligkeit					
8.1		Behälter mit Standzargenanschluss	einseitig geschweißt	K 2	2,0
8.2		Behälterwand mit Tragring	beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	K 2	2,0
8.3		Behälterwand mit Versteifungsring		K 2	
8.4			in Umfangsrichtung unterbrochen geschweißt	K 3	
8.5		Behälterwand mit Tragpratze (mit und ohne Futterblech)	einseitig geschweißt	K 2	
8.6		Behälterwand mit Fuß (mit und ohne Futterblech)	einseitig geschweißt	K 2	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Beispiele von Bauformen und Schweißverbindungen mit den zugeordneten Klassen (K 0, K 1, K 2, K 3) und den zugeordneten Spannungsfaktoren η (eingezeichnete Rissverläufe beispielhaft)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Klasse	η
8.7		Behälterwand mit Tragzapfen (mit und ohne Futterblech)	einseitig geschweißt	K 2	
8.8		Behälterwand mit Tragöse (mit und ohne Futterblech)	einseitig geschweißt	K 2	
8.9		Behälterwand mit Traglasche	einseitig geschweißt	K 2	2,0

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt S 1

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt S 1

Das AD 2000-Merkblatt S 1 ist ein vereinfachter Ermüdungsfestigkeitsnachweis auf der Basis des AD 2000-Merkblattes S 2 „Berechnung auf Wechselbeanspruchung“, Ausgabe Oktober 2004.

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich nur auf die Vereinfachungen gegenüber der Vorgehensweise nach AD 2000-Merkblatt S 2. Zu den Grundlagen der weiterentwickelten Ermüdungsfestigkeitsnachweise wird auf AD 2000-Merkblatt S 2 Anhang 1 verwiesen.

Folgende Vereinfachungen sind in diesem AD 2000-Merkblatt gegenüber AD 2000-Merkblatt S 2 festgelegt:

1. Berechnung nur auf Wechselbeanspruchung aus Innendruckschwankungen außerhalb Kriechbereich.
2. Überschlägige Berechnung der Spannungsschwingbreite $2\sigma_a^*$ über pauschale bauteilspezifische Spannungsfaktoren η und Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung nach AD 2000-Merkblatt B 0 anstelle einer detaillierten Spannungsanalyse.
3. Keine Korrekturfaktoren für überelastische Verformung (k_e-Faktoren) und Mittelspannungseinfluss (f_M-Faktoren).
4. Keine Korrekturfaktoren f_0 zur Berücksichtigung des Oberflächeneinflusses bei ungeschweißten Bauteilen. Lastspielzahlkurve für ungeschweißte Bauteile beschränkt auf Walzhautoberfläche.
5. Einheitlicher und lastspielzahlunabhängiger Korrekturfaktor F_d zur Berücksichtigung des Wanddickeneinflusses für geschweißte und ungeschweißte Bauteile.
6. Vereinfachte Berechnung der Schädigungsakkumulation bei Betriebslastkollektiv unter Verzicht auf Angabe von fiktiven Lastspielzahlkurven (z. B. Modifikation nach *Haibach*) im Dauerfestigkeitsbereich.

Erläuterung zu Abschnitt 1.2

Bei den meisten Druckbehältern spielen Temperaturänderungen im Betrieb oder äußere Belastungen im Sinne einer Wechselbeanspruchung gegenüber der Innendruck-Betriebsbelastung eine untergeordnete Rolle. Aus Vereinfachungsgründen wird deshalb nur die Wechselbeanspruchung aus Innendruckschwankungen berücksichtigt.

Bei Dimensionierung mit Zeitstandfestigkeitskennwerten (z. B. für 100 000 h) ist der Schädigungsanteil durch Wechselbeanspruchung gegenüber der Kriechschädigung in den meisten Fällen sehr gering.

In Umkehrung dieses Sachverhaltes wird zur Vereinfachung die Anwendung dieses AD 2000-Merkblattes für höhere Temperaturen ausgeschlossen, bei denen zeitabhängige Festigkeitskennwerte für die Dimensionierung maßgebend sind.

Erläuterung zu Abschnitt 1.4

Der Verzicht auf eine vereinfachte Berechnung auf Wechselbeanspruchung unter alleiniger Wirkung von Innendruckschwankungen unter 1000 An- und Abfahrten und Druckschwankungen von nicht mehr als 10 % bzw. 20 % des maximal zulässigen Druckes (oder des fiktiven Druckes p_r) stellt für Druckbehälter mit Bauformen und Schweißverbindungen, die für Wechselbeanspruchung weniger geeignet sind, oder für Druckbehälter, die nach Gesichtspunkten vorwiegend statischer Beanspruchung ausgelegt sind (z. B. Einfache Druckbehälter nach EU-Richtlinien) eine pragmatische Lösung dar.

Hierbei wird davon ausgegangen, dass eventuell auftretende Ermüdungsrisse bei wiederkehrenden Prüfungen gemäß § 10 Abs. 4 der DruckbehV rechtzeitig erkannt werden.

Erläuterung zu Abschnitt 1.5

Die Kurven in Bild 2 und 3 als Erweiterung des Verzichtes auf eine Anwendung von AD 2000-Merkblatt S 1 sind nach

$$\frac{\hat{p} - \check{p}}{p} = \frac{B}{\eta \cdot K/S \cdot N^{1/3}}$$

und

$$F_p = \left[1 - \left(N_{AB/AN} - 1000\right) \cdot \left(\frac{0,9 \cdot \eta \cdot K/S}{B}\right)^3\right]^{1/3}$$

mit

B = 6300 nach Tafel 1 für Klasse 2

η = 3

N = 20 · 365 · Anzahl täglicher Druckschwankungen

$N_{AB/AN}$ = Anzahl der An- und Abfahrten

ermittelt worden.

Beim Abminderungsfaktor F_p wurden nur 90 % der vollen Druckschwankungsbreite beim An- und Abfahren berücksichtigt und die gemäß Abschnitt 1.4 vernachlässigbaren 1000 Starts in Abzug gebracht.

Erläuterung zu Abschnitt 4.1.2 und Tafel 3

Die Spannungsfaktoren η sind als Formzahlen aufzufassen, die auf Berechnungsspannungen entsprechend den Dimensionierungsformeln nach den AD 2000-Merkblättern Reihe B bezogen sind (Traglastspannungen). Der Spannungsfaktor η einer Bauteilstruktur hat i. A. einen geringeren Wertebereich als die Strukturformzahl α, die z. B. bei einer detaillierten analytischen Spannungsanalyse zur Anwendung kommt.

Die η-Werte in Tafel 3 sind Werte, die durch Berechnungen, Abschätzungen und Erfahrungen festgelegt wurden. Sie stellen in der Regel das Maximum der η-Faktoren für die praktisch auftretenden Parameterbereiche jeder Bauteilstruktur dar. Vergleiche hierzu auch Richtlinie BR-E 2 [3].

Beispiel 1: Zylindermantel mit senkrechtem Abzweig

Umstellung der Formel (2) nach AD 2000-Merkblatt B 1, mit $c_1 = c_2 = 0$ und $v = v_A$ als Ausschnitts-Verschwächungsfaktor ergibt

$$\bar{\sigma} = \frac{(D_a - s) \cdot p}{20 \cdot s \cdot v_A} = \frac{D_m \cdot p}{20 \cdot s \cdot v_A}$$

Strukturspannung $\hat{\sigma}$, bezogen auf mittlere Vergleichsspannung im ungestörten Zylinder

$$\hat{\sigma} = \alpha \cdot \frac{D_m \cdot p}{20 \cdot s}$$

Spannungsfaktor

$$\eta = \frac{\hat{\sigma}}{\bar{\sigma}} = \alpha \cdot v_A$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bild A 3 dieses Anhanges zeigt hierzu Spannungsfaktoren η, die aus v_A-Werten nach AD 2000-Merkblatt B 9 und Strukturformzahlen α nach XIE und LU [6] berechnet sind (vgl. [7], Bild 7).

Entsprechende Berechnungen für Kugelschalen mit Abzweig ergeben etwas höhere η-Werte. In Tafel 3 wurde deshalb für Stutzeneinschweißungen (Nr. 2) in Schalen ein Wert von η = 3,0 festgelegt.

Beispiel 2: Kegelmantel mit Eckstoßverbindung

Umstellung der Dimensionierungsformel in AD 2000-Merkblatt B 2, Abschnitt 8.1.1 nach

$$\frac{K}{S} = \bar{\sigma} = \frac{p}{15 \cdot e^{z1}} \qquad z1 \triangleq \text{z nach Bildern 3.1 bis 3.7 in AD 2000-Merkblatt B 2}$$

nach Abschnitt 8.1.2

$$\frac{K}{S} = \bar{\sigma} = \frac{\left(\frac{D_K}{\cos\varphi} + s\right) \cdot p}{20 \cdot s}$$

nach Anhang zu AD 2000-Merkblatt B 2

$$\hat{\sigma} = \sigma_{vg} = \frac{p}{10} \cdot e^{z2} \qquad z2 \triangleq \text{z nach Tafel A 1}$$

$$\eta = \frac{\hat{\sigma}}{\bar{\sigma}} = max \left[\frac{1,5 \cdot e^{z1} \cdot e^{z2}}{\frac{2 \cdot e^{z2}}{\frac{D_K}{\cos\varphi} \cdot \frac{1}{s} + 1}} \right]$$

Parameterberechnungen hierzu siehe Bild A 4.

Unter Ausschluss der in der Praxis kaum ausgeführten flachen Kegelmäntel (φ = 60° bis 70°) für Druckbehälter unter Druckwechselbeanspruchung wurde hiernach in Tafel 3 Nr. 1.10/1.11 der Spannungsfaktor η = 2,7 festgelegt.

Erläuterung zu Abschnitt 4.1.3 Formel (3)

Zur Berücksichtigung des wechselfestigkeitsabmindernden Einflusses der Bauteilgröße wurde der Korrekturfaktor F_d für Schweißverbindungen im Dauerfestigkeitsbereich nach AD 2000-Merkblatt S 2 Abschnitt 7.2.6 übernommen. Auf eine Lastspielzahlabhängigkeit gemäß AD 2000-Merkblatt S 2 Formel (17) wurde verzichtet.

Der F_d-Faktor wird vereinfachenderweise auch für ungeschweißte Bauteile angewendet.

Erläuterungen zu Abschnitt 4.2 und Bild 6

Zur Festlegung einer Lastspielzahlkurve für ungeschweißte Bauteile (Oberflächenzustand-Walzhaut) wurden Berechnungen nach AD 2000-Merkblatt S 2 für verschiedene Werkstoffe unter Berücksichtigung des Plastizitäts- und maximalen Mittelspannungseinflusses ($\bar{\sigma} = R_{p0,2}$) durchgeführt.

Nach Bild A 1 dieses Anhanges lässt sich hierzu näherungsweise eine „Mittelwert"-Kurve mit konstantem Steigungsexponenten m = 3,5 im doppelt-logarithmischen Maßstab angeben. Diese Lastspielzahlkurve Klasse K 0 ist nahezu identisch mit den Lastspielzahlkurven für ungeschweißte Bauteilbereiche nach den englischen Behälter- bzw. Stahlbauvorschriften BS 5500 : 94 [4] bzw. BS 7608 : 1993 [5] (Kurven der Klasse C).

Für Schweißverbindungen wurden die Lastspielzahlkurven der Klassen K 1, K 2 und K 3 aus AD 2000-Merkblatt S 2 übernommen.

Zur Überprüfung des Plastizitätseinflusses im Bereich niedriger Lastspielzahlen wurden Berechnungen nach AD 2000-Merkblatt S 2 für den niedrigfesten Werkstoff H II (konservativ) durchgeführt. Bild A 4 zeigt, dass die Abminderung über die k_e-Faktoren ($k_e > 1$) ab 1000 Belastungszyklen relativ gering ist und nur bei den Klassen K 1 und K 2 zur Auswirkung kommt. In Anbetracht des Geltungsbereiches ($N \geq 1000$) wurde deshalb aus Vereinfachungsgründen auf eine globale Spannungserhöhung im überelastischen Bereich über k_e-Faktoren verzichtet.

Aus Praktikabilitätsgründen (leichtere Ablesbarkeit zum schnellen Auffinden der zulässigen Lastspielzahl) wurde wie im früheren AD-Merkblatt S 1 (Ausg. 3.90) Bild 2 (N_{100}-Kurven) die halblogarithmische Darstellung für das Lastspielzahldiagramm gewählt.

Erläuterung zu Abschnitt 4.3 und Bild 7

In Anlehnung an die frühere Darstellungsweise von N_{100}- und f_L-Kurven wurden gleichartige Kurven für Druckbehälter bestimmter Konstruktions- und Betriebsrandbedingungen aufgenommen.

Formel (8) ergibt sich aus Formel (6) mit B = 7940 aus Tafel 1 für Klasse K 1 und η = 3,0.

Erläuterung zu Abschnitt 4.4

Zur Vereinfachung der Vorgehensweise bei der Schadensakkumulation im Falle eines Betriebslastkollektivs sind im Dauerfestigkeitsbereich ($N > 2 \cdot 10^6$) keine fiktiven Lastspielzahlkurven nach Haibach-Modifikation wie in AD 2000-Merkblatt S 2 enthalten.

Im Vergleich der Eckwerte zulässiger Spannungsschwingbreiten $2\sigma_a$ nach AD 2000-Merkblatt S 2 Tafel 4 im Bereich $N = 2 \cdot 10^6$ bis 10^8 und entsprechend Vorgehensweise nach AD 2000-Merkblatt S 2 Abschnitt 9.2 werden Spannungsschwingbreiten mit $N \geq 2 \cdot 10^6$ in Höhe von 50 % der Dauerfestigkeitswerte $2\sigma_{aD}$ nach Tafel 2 dieses AD 2000-Merkblattes als vernachlässigbar angesehen.

Schrifttum

[1] AD 2000-Merkblatt S 2: Berechnung auf Wechselbeanspruchung, Ausgabe Oktober 2004.
Heymanns Verlag, Köln.

[2] AD 2000-Merkblätter Reihe B.
Heymanns Verlag, Köln.

[3] Richtlinienkatalog Festigkeitsberechnungen (RKF), Behälter und Apparate Teil 5.
Ausgabe 1986. Linde-KCA-Dresden GmbH

[4] British Standard BS 5500/1994: Specification for unfired fusion welded pressure vessels

[5] British Standard BS 7608/1993: Code of practice for fatigue design and assessment of steel structures

[6] *Duan-Shou Xie* u. *Yong-Guo Lu:* Prediction of Stress Concentration Factors for Cylindrical Pressure Vessels with Nozzles.
Int. J. Pressure Vessel & Piping **21** (1985)

[7] *Gorsitzke, B.:* Vorhersage der Ermüdungsfestigkeit druckführender Komponenten im Energie- und Chemieanlagenbau, Teil 1 und Teil 2.
Z. TÜ **30** (1989) Nr. 2 und Nr. 3

[8] *Gorsitzke, B.:* Neuere Berechnungsvorschriften zur Ermüdungsfestigkeit von Druckbehältern.
Z. TÜ **36** (1995) Nr. 6 und Nr. 7/8.

[9] *Gorsitzke, B.:* Erläuterungen zum neuen AD-Merkblatt S 1 „Vereinfachte Berechnung auf Wechselbeanspruchung und ergänzende Hinweise".
Z. TÜ **37** (1996) Nr. 6 und Nr. 7/8.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

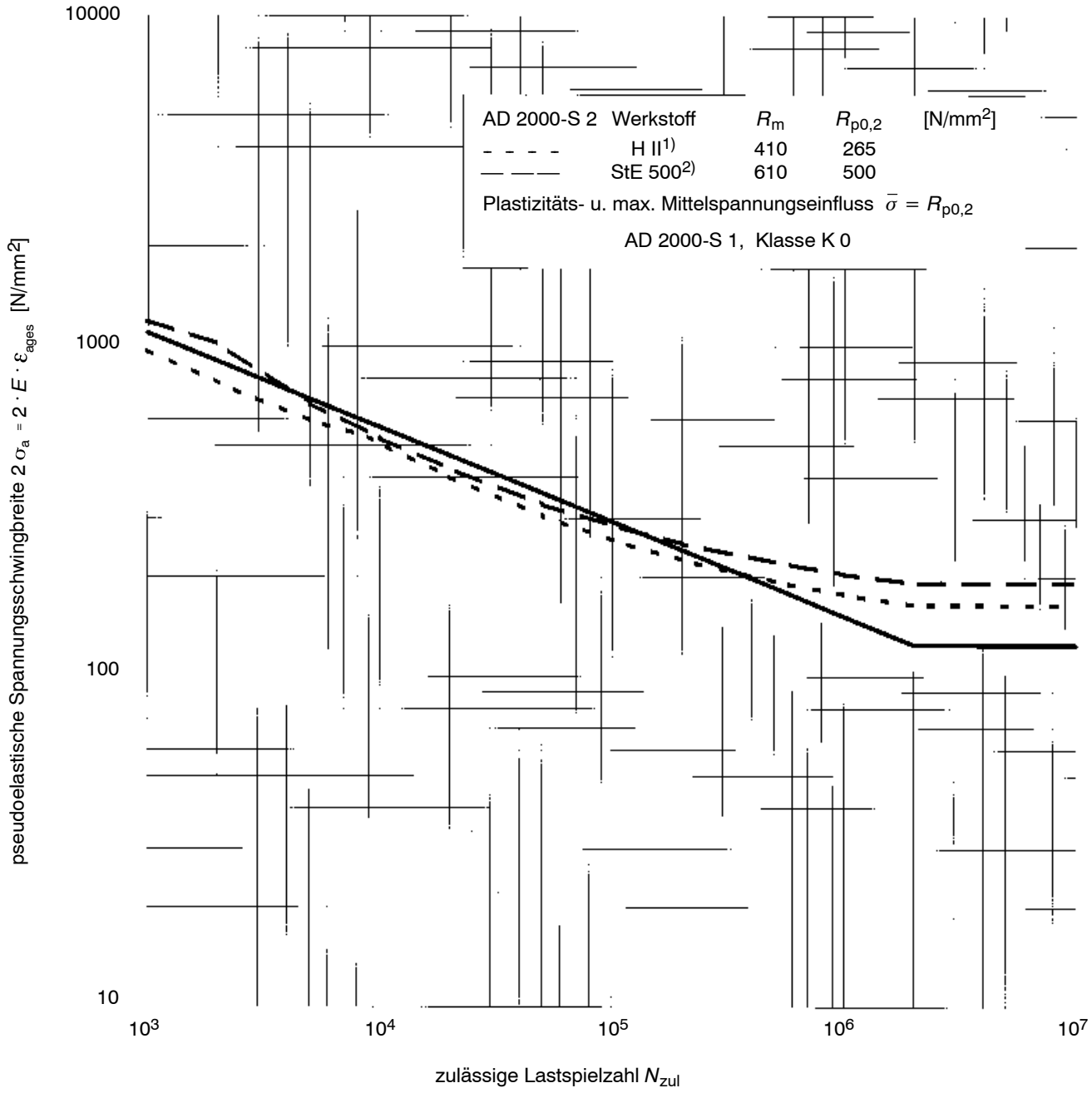


Bild A 1. Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite nach AD 2000-S 1 und AD 2000-S 2 für ungeschweißte Bauteile mit Walzhautoberfläche bei Raumtemperatur und Wanddicken $\leq$ 25 mm

1) P 265 GH nach DIN EN 10028-2
2) P 500 Q, P 500 QH oder P 500 QL nach DIN EN 10028-6

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

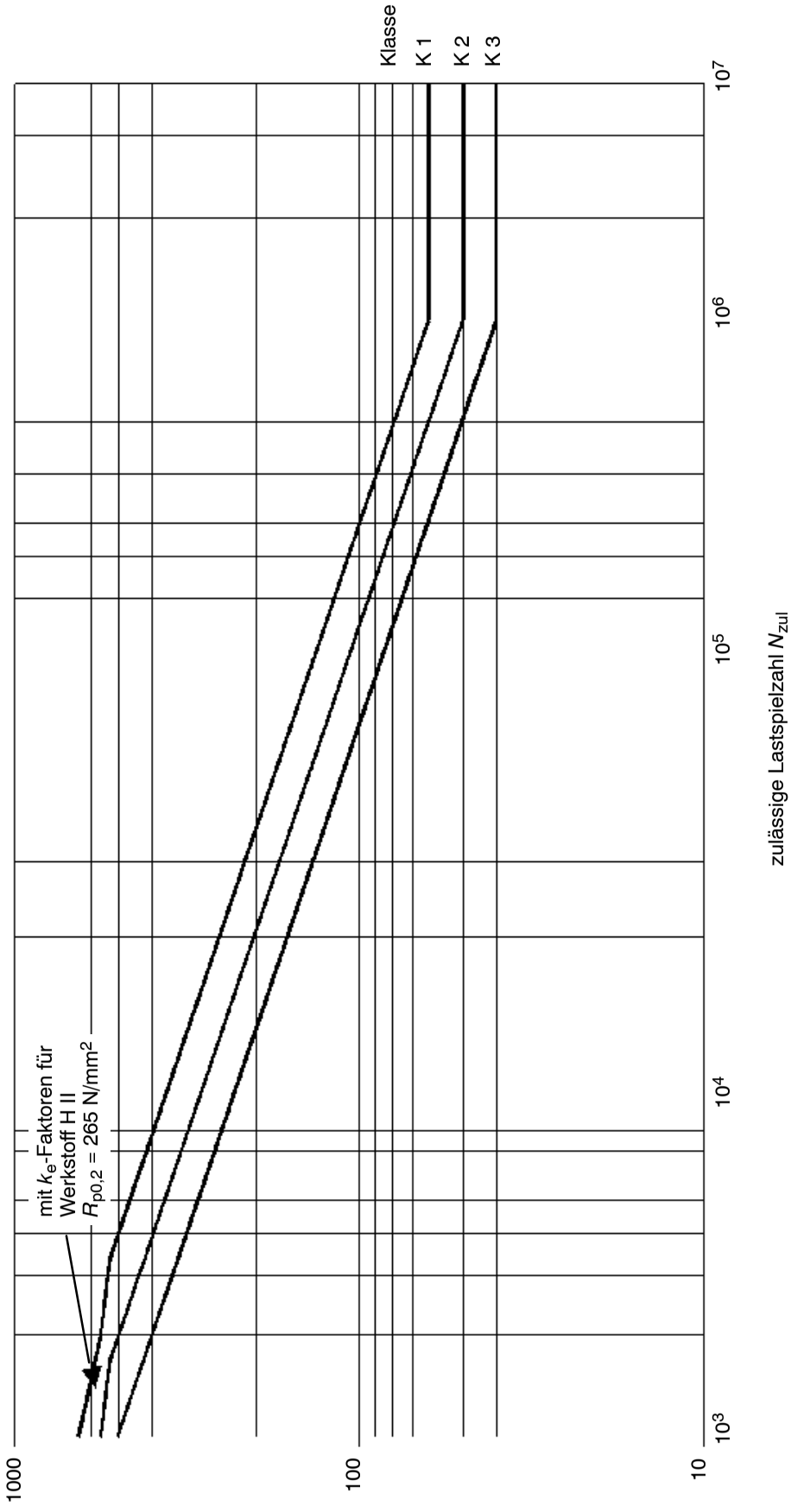


Bild A 2. Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite nach AD 2000-S 2 für Schweißverbindungen bei Raumtemperatur und Wanddicken ≤ 25 mm unter Berücksichtigung des Plastizitätseinflusses (k_e-Faktoren)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

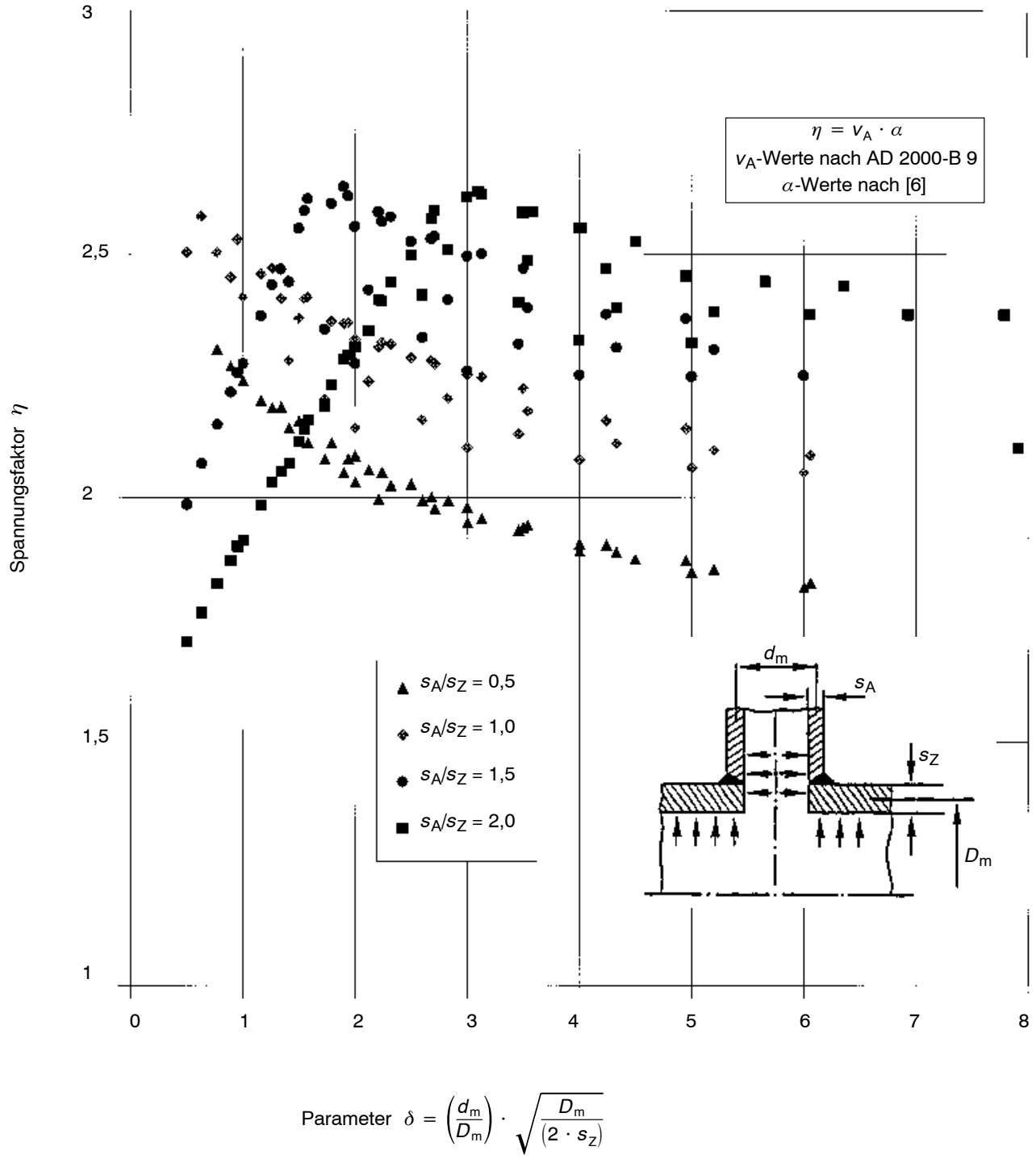


Bild A 3. Spannungsfaktoren η für Zylinderschalen mit senkrechtem Abzweig

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

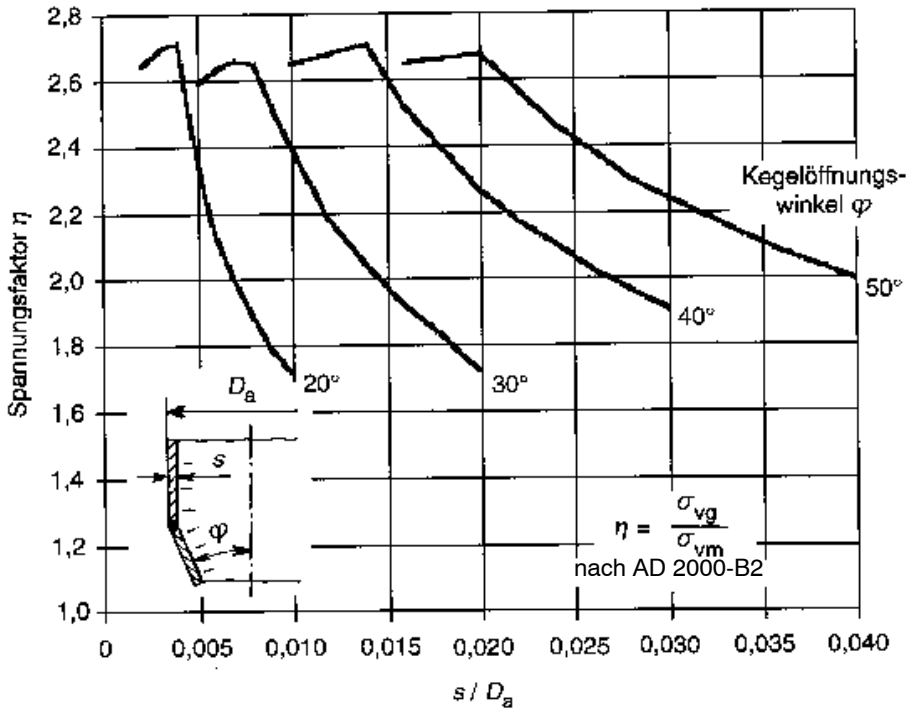


Bild A 4. Spannungsfaktoren η für konvergierende Kegel mit Eckstoß

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt S 1

Berechnungsbeispiel

Druckbehälter für Kohlestaubeinblasanlage

1. Angaben zur Konstruktion

Siehe Bild A 5

Zylindermantel, Kegelmantel, Korbbogenboden, Deckel und Stutzenbleche aus H II

Stutzenrohre aus St 35.8 I

Flansche aus C22.8, Druckstufe PN 16

Blinddeckel mit durchgehender Dichtung

Gestaltung der Schweißverbindungen von drucktragenden Wandungen (Längs-, Rundnähte und Stutzenanschlussnähte) entsprechend Schweißnahtklasse K 1, von Anschweißteilen Klasse K 2

Abnutzungszuschlag c_2 = 2 mm für Mäntel und Böden

2. Betriebsdaten

Maximal zulässiger Druck	16 bar
Zulässige maximale Temperatur	50 °C
Innendruckschwankungsbreite	$\hat{p} - \check{p} = 12 - 0 = 12$ bar
Betriebsweise	3 Zyklen/h, 3-Schichtbetrieb

3. Spannungsschwingbreiten und zulässige Lastspielzahlen nach AD 2000-Merkblatt S 1 Abschnitt 4

Temperatureinflussfaktor für $T^* \leq 100°C$ $f_{T^*} = 1$

Wanddicken-Korrekturfaktor für $s_e \leq 25$ mm $F_d = 1$

Festigkeitskennwert bei 20°C $K_{20} = 255$ N/mm²

Sicherheitsbeiwert $S = 1{,}5$

3.1 Zylindermantel, Längsnahtbereich mit Aufdachung

Fiktiver Druck entsprechend AD 2000-Merkblatt B 1

$$p_r = \frac{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v \cdot \left(s_e - \frac{c_2}{2}\right)}{D_a - \left(s_e - \frac{c_2}{2}\right)}$$

$$p_r = \frac{20 \cdot \frac{255}{1{,}5} \cdot 0{,}85 \cdot (18 - 1)}{3000 - (18 - 1)} = 16{,}5 \text{ bar}$$

nach Tafel 3, Nr. 1.1 ⇒ K 1, $\eta = 3$

nach Tafel 1, K 1 ⇒ $B = 7940$ N/mm²

Spannungsschwingbreite nach Formel (2)

$$2\sigma_a^* = \frac{3}{1 \cdot 1} \cdot \frac{12}{16{,}5} \cdot \frac{255}{1{,}5} = 371 \text{ N/mm}^2$$

zulässige Lastspielzahl nach Formel (6)

$$N_{zul} = \left(\frac{7940}{371}\right)^3 = 9803$$

3.2 Zylindermantel, Tragpratzenbereich

p_r = 16,5 bar (siehe 3.1)

nach Tafel 3, Nr. 6.5 ⇒ K 2, $\eta = 2$

nach Tafel 1, K 2 ⇒ $B = 6300$ N/mm²

$$2\sigma_a^* = 2 \cdot \frac{12}{16{,}5} \cdot \frac{255}{1{,}5} = 247 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{zul} = \left(\frac{6300}{247}\right)^3 = 16593$$

3.3 Kegelmantel, oberer Krempenanschluss
nach AD 2000-Merkblatt B 2, Kegelmantel außerhalb Abklingbereich für p_r maßgebend

$$p_r = \frac{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v \cdot \left(s_e - \frac{c_2}{2}\right)}{\frac{D_K}{\cos\varphi} + s_e - \frac{c_2}{2}}$$

D_K = 2847 mm aus Berechnung nach AD 2000-Merkblatt B 2

$$p_r = \frac{20 \cdot \frac{255}{1{,}5} \cdot 0{,}85 \cdot (18 - 1)}{\frac{2847}{\cos 20°} + 18 - 1} = 16 \text{ bar}$$

nach Tafel 3, Nr. 1.10 ⇒ K 1, $\eta = 2$

nach Tafel 1, K 1 ⇒ $B = 7940$

$$2\sigma_a^* = 2 \cdot \frac{12}{16} \cdot \frac{255}{1{,}5} = 255 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{zul} = \left(\frac{7940}{255}\right)^3 = 30188$$

3.4 Kegelmantel, Stutzenbereich
nach AD 2000-Merkblatt B 9 mit Zylinder-Ersatzdurchmesser $D_i \approx 2200$ mm

⇒ p_r = 26 bar

Tafel 3, Nr. 2.1 ⇒ K 1, $\eta = 3$

Tafel 1, K 1 ⇒ $B = 7940$

$$2\sigma_a^* = 3 \cdot \frac{12}{26} \cdot \frac{255}{1{,}5} = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{zul} = \left(\frac{7940}{235}\right)^3 = 38571$$

3.5 Korbbogenboden, Krempenbereich

Nach AD 2000-Merkblatt B 3 ⇒ p_r = 18 bar

nach Tafel 3, Nr. 1.15 ⇒ K 0, $\eta = 2$

nach Tafel 1, K 0 ⇒ $B = 7890$

$$2\sigma_a^* = 2 \cdot \frac{12}{18} \cdot \frac{255}{1{,}5} = 227 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{zul} = \left(\frac{7890}{227}\right)^{3{,}5} = 247559$$

3.6 Korbbogenboden, Stutzenbereich
Pos. 6 maßgebend

Nach AD 2000-Merkblatt B 9 ⇒ p_r = 22 bar

Tafel 3, Nr. 2.1 ⇒ K 1, $\eta = 3$

Tafel 1, K 1 ⇒ $B = 7940$

$$2\sigma_a^* = 3 \cdot \frac{12}{22} \cdot \frac{255}{1{,}5} = 278 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{zul} = \left(\frac{7940}{278}\right)^3 = 23298$$

Blinddeckel sind hier nicht lebensdauerrelevant.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4. Zusammenfassendes Ergebnis und Bewertung

Die zulässige Lastspielzahl für den Behälter ergibt sich als Kleinstwert aus den zulässigen Werten für die betrachteten Stellen zu

N_{zul} = 9803

Die Wanddickenbemessung nach statischen Gesichtspunkten (AD 2000-Merkblätter Reihe B) führt hier zu nicht akzeptabler Lastspielzahl bzw. Prüffrist.

Die Lastspielzahl kann beispielsweise durch Vergrößerung der Wanddicken erhöht werden. Eine analoge Berechnung mit Wanddicken von 30 mm für Zylindermantel, Kegelmantel und Boden führt zu

N_{zul} = 49000

mit einem Prüfintervall von ca. 1 Jahr

$$\left(\frac{0{,}5 \cdot 49000}{3 \cdot 24} \approx 340 \text{ Tage}\right)$$

Ein deutlich günstigeres Ergebnis wird jedoch erzielt, wenn die Berechnungen nach AD 2000-Merkblatt S 2 durchgeführt werden. Siehe hierzu Berechnungsbeispiel für gleichen Druckbehälter mit s_e = 30 mm in AD 2000-Merkblatt S 2 Anhang 3.

N_{zul} = 250000, Prüfintervall 5 Jahre.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

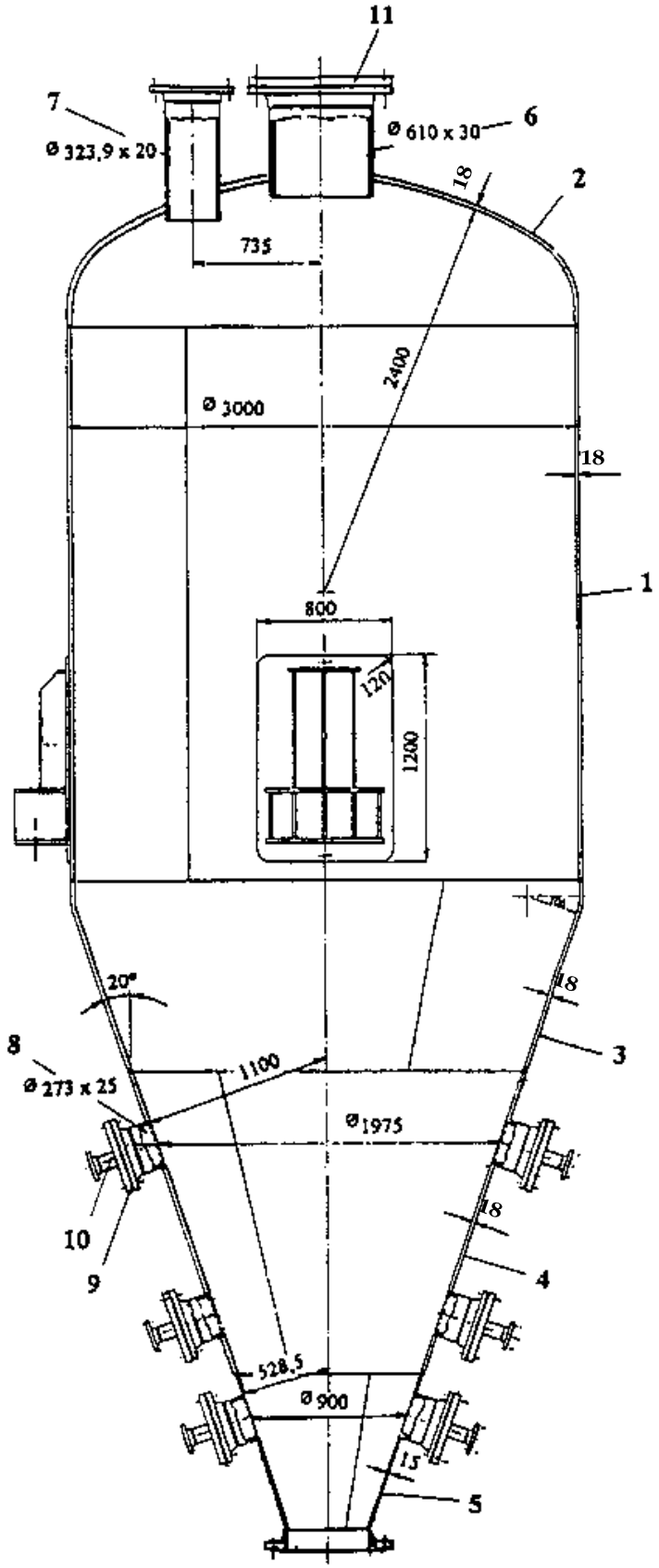


Bild A 5. Druckbehälter für Kohlestaubblasanlage (Berechnungsbeispiel)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 3 zum AD 2000-Merkblatt S 1

Vereinfachte Berechnung auf Wechselbeanspruchung für Gusseisen mit Kugelgraphit

1 Geltungsbereich und Allgemeines

1.1 Die nachstehenden Regeln einer vereinfachten Berechnung auf Wechselbeanspruchung gelten für drucktragende ungeschweißte Teile von Druckbehältern aus Gusseisen mit Kugelgraphit nach DIN EN 1563 mit Beschränkung auf die Sorten EN-GJS-400-15/15U, EN-GJS-400-18/U-LT und EN-GJS-350-22/22U-LT, die nach dem AD 2000-Merkblatt W 3/2 hergestellt und geprüft werden.

1.2 An die äußere und innere Beschaffenheit der Gussteile sind erhöhte Anforderungen zu stellen, die den Festlegungen der Qualitätsklassen A oder B nach DIN 1690 Teil 10 genügen (siehe Abschnitt 4.2).

1.3 Wenn die Anzahl der Lastspiele mit Druckschwankungen zwischen dem drucklosen Zustand und dem maximal zulässigen Druck p (An- und Abfahrten) und die auf p[1]) bezogene Schwingbreite ($\hat{p} - \check{p}$) beliebig vieler Druckschwankungen folgende Werte nicht überschreiten, braucht dieser Anhang nicht angewendet zu werden.

a) $N_{100} \leq 100000$ und ($\hat{p} - \check{p}$) $\leq$ 50 % von p[1])
bei EN-GJS-400-15/15U

b) $N_{100} \leq 6000$ und ($\hat{p} - \check{p}$) $\leq$ 35 % von p[1])
bei EN-GJS-400-18/18U/LT
bzw. EN-GJS-350-22/22U-LT

Hierbei werden Bauformen vorausgesetzt, deren Spannungsfaktoren η nicht größer als 2,5 betragen.

Die Grenzwerte der Lastspielzahlen N_{100} können auf das 2,4-fache angehoben werden, wenn die Prüfbedingungen entsprechend Qualitätsklasse A erfüllt sind.

1.4 Wenn in diesem Anhang nichts anderes angegeben, gelten alle anderen Regelungen im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes.

2 Ermittlung der zulässigen Lastspielzahl

2.1 Die fiktive pseudoelastische Spannungsschwingbreite $2\sigma_a$* zur Bestimmung der zulässigen Lastspielzahl ist nach Formel (2) zu berechnen. Hierbei ist der Spannungsfaktor η nach Tafel 3 abzuschätzen. Dabei brauchen höhere Werte als $\eta = 2{,}5$ nicht berücksichtigt zu werden. Für Strukturen, die sich nach dieser Tafel nicht einstufen lassen, sind die η-Werte nachzuweisen, es sei denn, dass $\eta = 2{,}5$ in die Rechnung eingesetzt wird.

Der Wanddicken-Korrekturfaktor F_d ist sinngemäß nach Formel (3) zu berechnen, wobei anstelle des Exponenten 0,25 der Wert 0,1 zu setzen und für Wanddicken $s_e > 150$ mm der Korrekturfaktor auf $F_d = 0{,}84$ zu begrenzen ist. Für den Temperatur-Korrekturfaktor f_{T*} gilt Formel (4).

2.2 Die zulässige Lastspielzahl für Bauteilbereiche mit Gusshautoberfläche ist im Geltungsbereich $10^3 \leq N \leq 2 \cdot 10^6$ in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite nach Formel (2) sinngemäß aus Formel (6) mit m = 8,333 zu berechnen. Die Werte der Berechnungskonstanten B sind Tafel A 1 zu entnehmen. Hierbei sind die Kerbwirkungen durch Oberflächenrauheit sowie der größtmögliche Einfluss von Mittelspannungen aus Betriebsüberdruck bereits berücksichtigt.

Die Abknickpunkt-Lastspielzahl N_D, von der ab die Schwingfestigkeitswerte lastspielzahlunabhängig sind, ist bei $N = 2 \cdot 10^6$ festgelegt. Für Qualitätsklasse A kann die zulässige Lastspielzahl auch aus Bild A 6 entnommen werden.

Die Auslegungskurven nach Bild A 6 basieren auf Schädigungskurven entsprechend einer Ausfallwahrscheinlichkeit von ca. 2,3 % (vgl. [1]).

Tafel A 1. Berechnungskonstanten B und Festigkeitskennwerte $2\sigma_{aD}$

	Konstante B $10^3 \leq N \leq 2 \cdot 10^6$		$2\sigma_{aD}$ [N/mm²] $N \geq 2 \cdot 10^6$	
Qualitätsklasse	A	B	A	B
Werkstoffsorte				
EN-GJS-400-15/15U EN-GJS-400-18/18U-LT	787	708	138	124
EN-GJS-350-22/22U-LT	732	659	128	116

2.3 Für den Sonderfall von drucktragenden Teilen mit Bauformen entsprechend einem Spannungsfaktor $\eta = 2{,}5$, bei Temperaturen $T^* \leq 100$ °C, Wanddicken $s_e \leq 25$ mm und Druckschwankungen zwischen 0 und p_r können die zulässigen Lastspielzahlen im Bereich $1000 \leq N_{zul} \leq 2 \cdot 10^6$ nach

$$N_{zul} = N_{100} \cdot f_L \quad \text{(A1)}$$

mit

$$N_{100} = [B / (2{,}5 \cdot K_{20}/S)]^{8.333} \quad \text{(A2)}$$

$$f_L = [p_r / (\hat{p} - \check{p})]^{8.333} \quad \text{(A3)}$$

ermittelt werden.

Die Werte N_{100} und f_L können auch aus Bild A 7 und Bild A 8 entnommen werden.

Die ertragbare, auf p_r bezogene Druckschwankungsbreite für diese Behälter bei Lastspielzahlen $N \geq 2 \cdot 10^6$ ist nach

$$(\hat{p} - \check{p}) / p_r = 2\sigma_{aD} / (2{,}5 \cdot K_{20}/S) \quad \text{(A4)}$$

mit $2\sigma_{aD}$ aus Tafel A1 zu berechnen.

2.4 Der Berechnungsgang zur Berücksichtigung eines Betriebslastkollektivs ist sinngemäß nach Abschnitt 4.4 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes durchzuführen. Die Schädigungsanteile von Kollektivstufen, deren Spannungsschwingbreite $2\sigma_a$* kleiner als 70 % der $2\sigma_{aD}$-Werte beträgt, können hierbei vernachlässigt werden.

3 Konstruktion

3.1 Bei der Konstruktion der Gussteile ist darauf zu achten, dass Gestaltungen ausgeführt werden, die mit einem Spannungsfaktor $\eta = 2{,}5$ abgedeckt sind. Ist eine Abschätzung des zu erwartenden η-Wertes (vgl. Spannungsfaktoren η in Tafel 3) nicht möglich, ist ein detaillierter Nachweis des Spannungsfaktors η oder eine Berechnung nach AD 2000-Merkblatt S 2 Anhang 5 durchzuführen.

[1]) Anstelle p kann auch auf den Berechnungsdruck p_r bezogen werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2 Bei schroffen Querschnittsänderungen drucktragender Wandungen muss der Übergang mit einer Neigung von max. 1:3 ausgeführt werden.

Übergangsradien von angegossenen Stutzen, Stützfüßen usw. dürfen nicht kleiner als das 1,5-fache der dünnsten angrenzenden Wand betragen.

4 Prüfung

Für wechselbeanspruchte Bauteile ist die einwandfreie Beschaffenheit des Bauteils von besonderer Bedeutung. Insbesondere wirken sich Oberflächenfehler ungünstig auf die Lebensdauer aus. Aus diesen Gründen kommt der zerstörungsfreien Prüfung im Rahmen der Herstellung und bei wiederkehrenden Prüfungen besondere Bedeutung zu.

4.1 Entwurfsprüfung

Im Rahmen der Entwurfsprüfung sind die hoch beanspruchten Bauteilbereiche festzulegen, die bei der Herstellung sowie den wiederkehrenden Prüfungen an jedem Druckgerät zerstörungsfrei zu prüfen sind. Die zu prüfenden Bauteilbereiche sind zwischen Hersteller und der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen.

4.2 Prüfung während der Fertigung

4.2.1 An den hochbeanspruchten Stellen sind Oberflächenrissprüfungen, vorzugsweise nach dem Magnetpulverprüfverfahren, durchzuführen. Für zulässige Oberflächenfehler durch Sand-, Schlacken- und Gaseinschlüsse gelten sinngemäß die Festlegungen nach DIN 1690 Teil 10, Qualitätsklasse A oder B. Hierbei können Eindringprüfungen erforderlich sein. Rissartige Oberflächenfehler sind nicht zulässig.

4.2.2 Zusätzlich sind diese hochbeanspruchten Stellen einer Volumenprüfung an mindestens 10 % der Bauteile eines jeden Loses mittels einer Durchstrahlungsprüfung zu unterziehen. Dabei sind die höchtzulässigen Anzeigenmerkmale nach Qualitätsklasse A oder B nach DIN 1690 Teil 10 einzuhalten.

4.2.3 Für jedes Los ist die Graphitausbildung mittels mikroskopischer Untersuchung zu prüfen. Die Graphitausbildung muss DIN EN 1563 Abschnitt 7.5 entsprechen.

4.3 Prüfungen während des Betriebes

4.3.1 Die Prüfintervalle für Prüfungen während des Betriebes und nach Erreichen der rechnerischen Lebensdauer sind abweichend von Abschnitt 7.3.1 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes wegen der in den Auslegungskurven nach Bild A 6 zugrunde liegenden höheren Ausfallwahrscheinlichkeit auf 25 % der berechneten zulässigen Lastspielzahl verkürzt. Hierbei ist bei Bauteilen, die für eine Betriebslastspielzahl $\geq 2 \cdot 10^6$ berechnet sind, $N = 2 \cdot 10^6$ einzusetzen.

4.3.2 Wenn die Spannungsschwingbreite $2\sigma_a$* abweichend von Tafel A 1 80 N/mm^2 nicht übersteigt, kann auf die Prüfungen aufgrund der Wechselbeanspruchung verzichtet werden.

5 Reparaturen von festgestellten Oberflächenfehlern

Beseitigung von Oberflächenfehlern an wechselbeanspruchten Druckgeräten ist ausschließlich durch Beschleifen durchzuführen. Die zulässige Schleiftiefe ist erforderlichenfalls im Rahmen einer Entwurfsprüfung zu ermitteln.

Druckgeräte, an denen Schweißarbeiten (Fertigungsschweißungen oder Reparaturschweißungen) durchgeführt werden, können bis zum Vorliegen gesicherter Erkenntnisse über zulässige Lastspielzahlen nur für vorwiegend ruhende Beanspruchung verwendet werden.

6 Schrifttum

[1] *Gorsitzke, B.:* Berechnung der Ermüdungslebensdauer wechselbeanspruchter Druckbehälter aus Gusseisen mit Kugelgrafit.

Empfehlungen zur Ermüdungsfestigkeitsberechnung in Anlehnung an die AD-Merkblätter S 1/S 2 und DIN EN 13445-3, 17/18:1999 – Vorschläge zum Europäischen Normenentwurf prEN 13445, Teil 7 (12.99): Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter und Druckbehälterteile aus Gusseisen mit Kugelgrafit.

Z. TÜ **41** (2000) Nr. 11/12, S. 46–52.

[2] *Hück, M.; Schütz, W.; Walter, H.:* Moderne Schwingfestigkeitsunterlagen für die Bemessung von Bauteilen aus Sphäroguss und Temperguss.

ATZ **86** (1984) Nr. 7/8, S. 325–331 und Nr. 9, S. 385–388.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

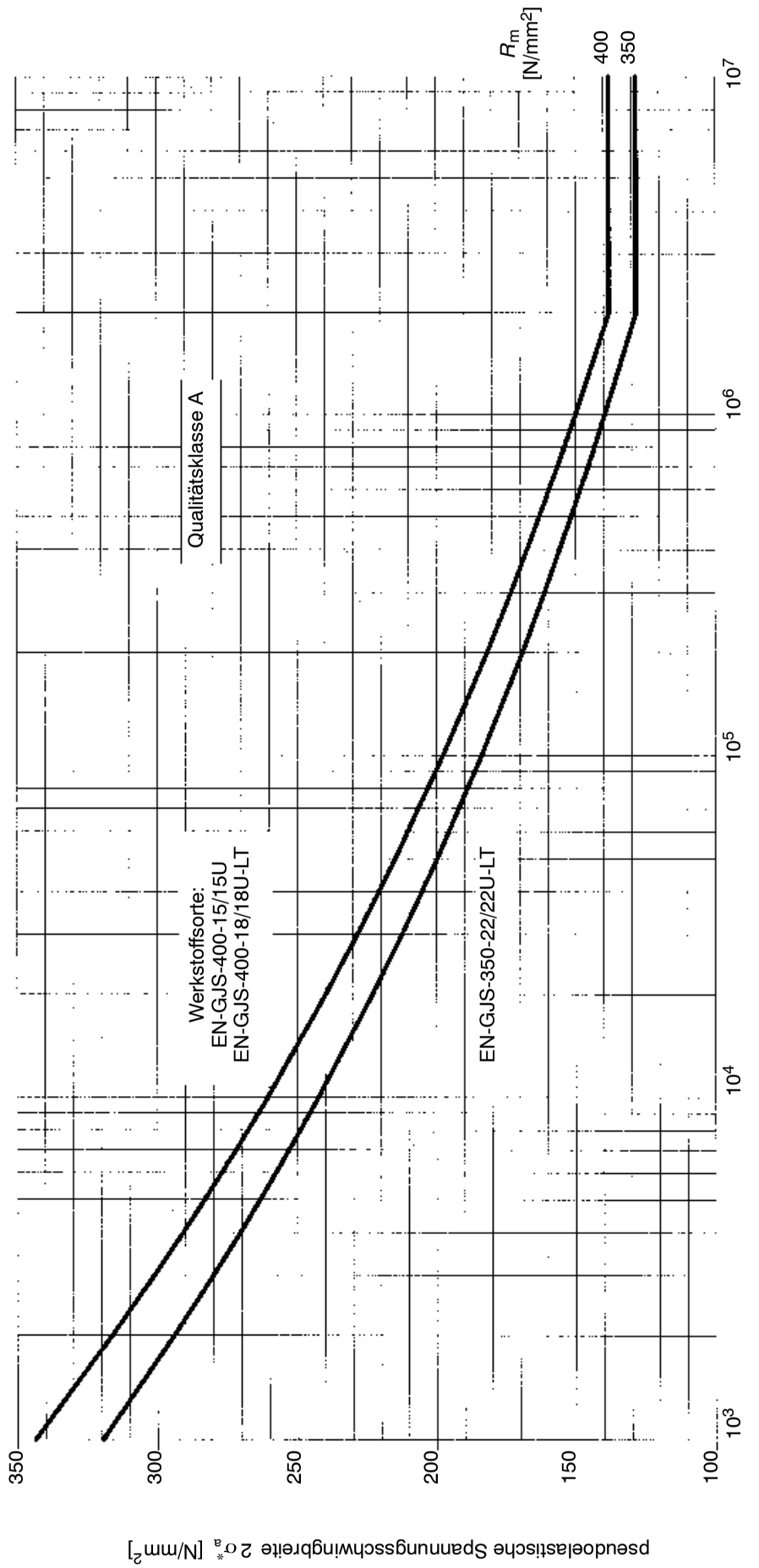


Bild A 6. Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite bei Berechnungstemperaturen ≤ 100 °C und Wanddicken ≤ 25 mm

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

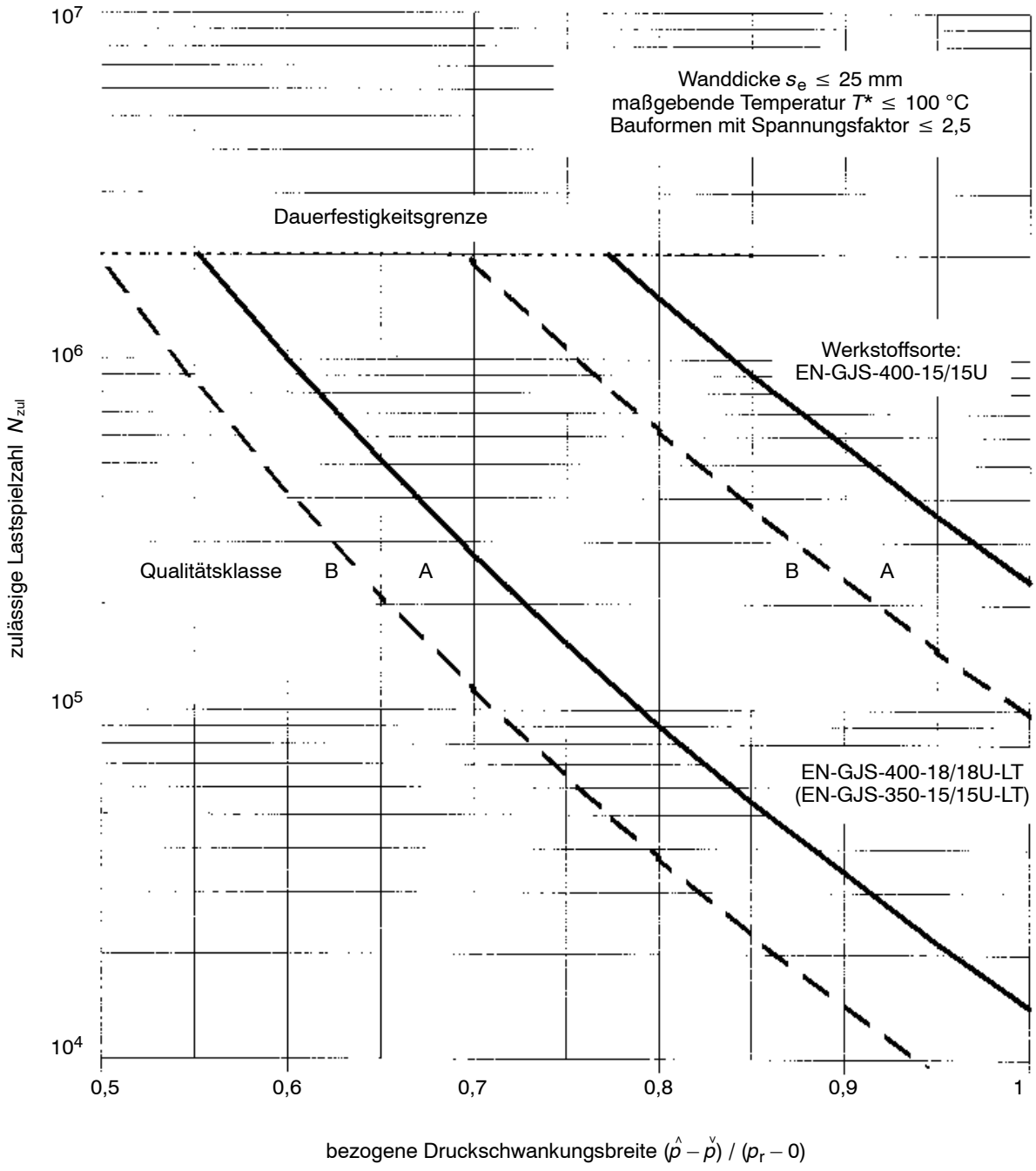


Bild A 7. Zulässige Lastspielzahlen bei Druckschwankungsbreiten $(\hat{p} - \check{p}) \geq (p_r - 0)$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

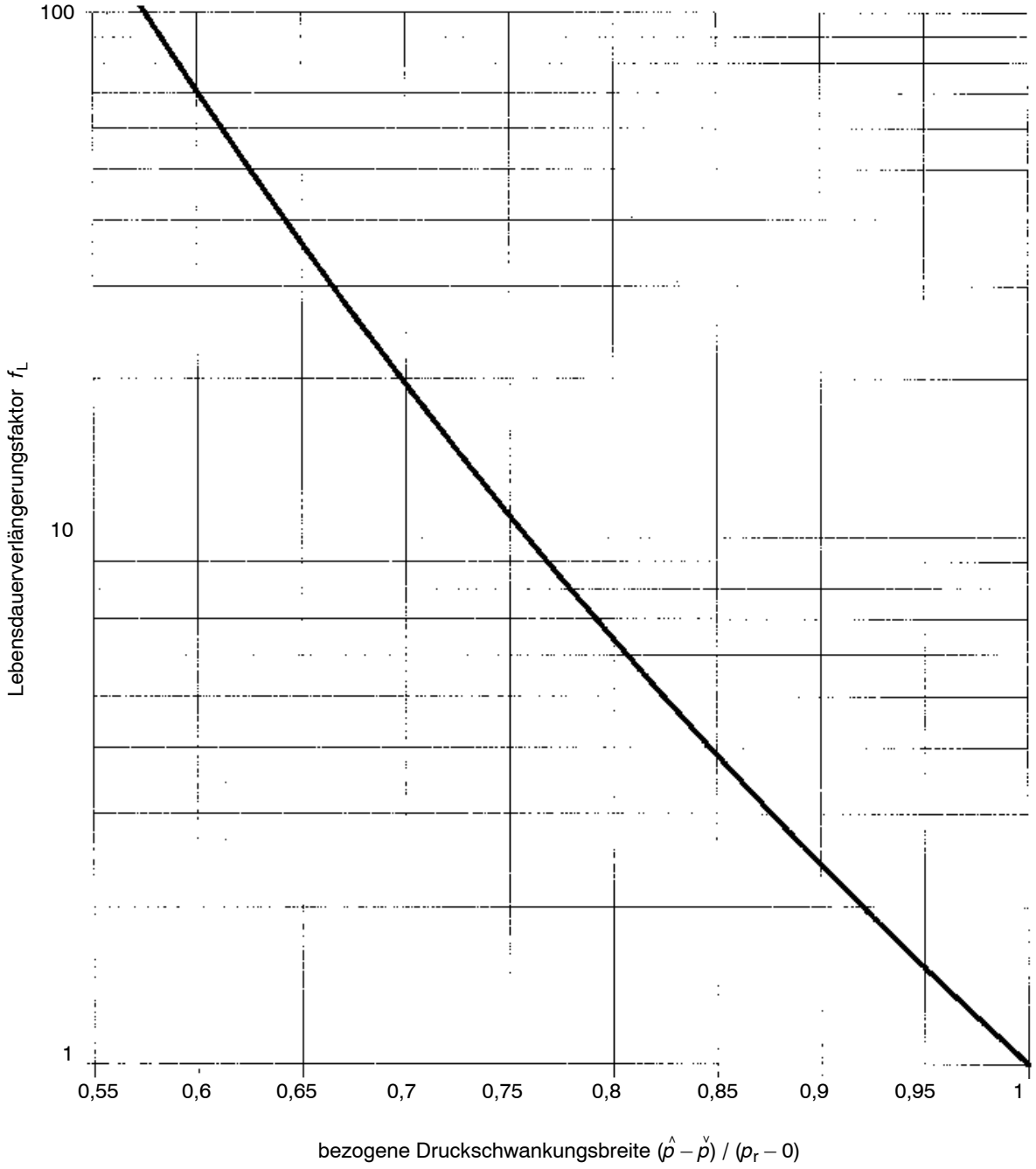


Bild A 8. Lebensdauerverlängerungsfaktor bei Druckschwankungsbreiten $(\hat{p} - \check{p}) < (p_r - 0)$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juli 2012**

Sonderfälle	**Berechnung auf Wechselbeanspruchung**	**AD 2000-Merkblatt S 2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e. V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Allgemeines	2
3	Formelzeichen und Einheiten	3
4	Grundlagen der Spannungsberechnung	3
5	Vergleichsspannungsschwingbreite und Vergleichsmittelspannung bei ein- und mehrachsiger Wechselbeanspruchung	4
6	Maßgebende Vergleichsspannungsschwingbreite im überelastisch beanspruchten Bereich	5
7	Zulässige Spannungsschwingbreite bei bekannter Lastspielzahl	6
8	Zulässige Lastspielzahl bei bekannter Spannungsschwingbreite	9
9	Berücksichtigung eines Betriebslastkollektivs	10
10	Konstruktive Voraussetzungen	11
11	Herstellungstechnische Voraussetzungen	11
12	Prüftechnische Voraussetzungen	12
13	Berücksichtigung besonderer Betriebsbedingungen	12
14	Maßnahmen bei Erreichen der rechnerischen Lebensdauer	13
15	Zusätzliche Angaben	14
Anhang 1:	Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt S 2	28
Anhang 2:	Hinweise zur Beurteilung von Wechselbeanspruchung aus Schwingfestigkeitsversuchen	44
Anhang 3:	Hinweise zur Durchführung der Spannungsberechnung	46
Anhang 4:	Alternative Berechnung für höhere zulässige Spannungsschwingbreiten oder Lastspielzahlen bei verkürzten Prüffristen	55
Anhang 5:	Berechnung auf Wechselbeanspruchung für Gusseisen mit Kugelgraphit	60
Anhang 6:	Berechnung auf Wechselbeanspruchung für Behälter aus Aluminiumlegierungen – Knetwerkstoffe	64

Ersatz für Ausgabe November 2010; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für die Berechnung drucktragender Teile von Druckbehältern aus

- ferritischen und austenitischen Walz- und Schmiedestählen,
- Gusseisensorten mit Kugelgraphit nach Anhang 5,
- Aluminiumlegierungen – Knetwerkstoffe nach Anhang 6,

die nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe B in Verbindung mit den AD 2000-Merkblättern der Reihen W und HP hergestellt und geprüft werden, zur Berücksichtigung von Wechselbeanspruchungen[1)], die durch Innendruck, Temperaturdifferenzen oder durch zusätzliche äußere Kräfte und Momente an den höchstbeanspruchten Stellen entstehen (vgl. Anhang 1).

1.2 Dieses AD 2000-Merkblatt braucht nicht angewendet zu werden, wenn die Bedingungen nach AD 2000-Merkblatt S 1 erfüllt sind.

1.3 Bei tiefen zulässigen Temperaturen in den Anwendungsgrenzen der Beanspruchungsfälle II und III nach AD 2000-Merkblatt W 10 ist eine Reduzierung der zulässigen Lastspielzahlen nicht erforderlich.

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Für die Berechnung der Wechselbeanspruchung ist die Kenntnis der Belastungen und ihrer zeitlichen Änderungen erforderlich, vgl. auch Abschnitt 15. Die Belastungsverhältnisse des Bauteils ergeben sich aus der Betriebsweise des Druckbehälters und müssen entweder vom Verfahren oder von den Betriebsverhältnissen her bekannt sein.

2.3 Die Ermittlung der Spannungen bzw. Dehnungen kann rechnerisch oder experimentell erfolgen. Ihr zeitlicher Verlauf wird anhand einer Ermüdungsanalyse beurteilt. Dabei ist nach ein-, zwei- oder dreiachsigen Beanspruchungszuständen zu unterscheiden.

2.4 Als Kriterium für das Versagen durch Wechselbeanspruchung gilt der technische Anriss[2)].

2.5 Bei der Berechnung der Beanspruchungen ist von den ungünstigsten zulässigen Formabweichungen nach den AD 2000-Merkblättern auszugehen, sofern nicht die tatsächlichen Formabweichungen bekannt sind. In diesen Fällen werden die Istmaße in die Berechnung eingesetzt. Hinsichtlich der Wanddicken kann im Rahmen der Entwurfsprüfung von der Nennwanddicke s_e abzüglich der Hälfte des Abnutzungszuschlages (c_2) ausgegangen werden. Mindestwanddicken sind auf eine mittlere Wanddicke umzurechnen.

2.6 Für die Berechnung wird als maßgebliche Temperatur während eines betrachteten Lastzyklus definiert:

$$T^* = 0{,}75 \cdot \hat{T} + 0{,}25 \cdot \check{T} \qquad (1)$$

Alle temperaturbedingten Größen sind auf diese maßgebende Temperatur T^* des betreffenden Lastzyklus zu beziehen[3)].

2.7 Die Ermittlung der Vergleichsspannungsschwingbreite und Vergleichsmittelspannung kann nach der von Mises-Hypothese (Gestaltänderungsenergiehypothese, GEH) oder nach der Tresca-Hypothese (Schubspannungshypothese, SSH) erfolgen, wovon die erstgenannte die genauere und die zweitgenannte die konservativere ist. Neben den allgemeinen Definitionen ist aus Gründen der Einfachheit und Übersichtlichkeit bei der Anwendung des Abschnittes 5.2 die Bildung der Vergleichsspannungsschwingbreite und Vergleichsmittelspannung nach der Tresca-Hypothese dargestellt.

2.8 Soll von den Ermüdungskurven und Korrekturfaktoren dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen werden, ist die Vorgehensweise zur Bestimmung der zulässigen Spannungsschwingbreite bzw. der zulässigen Betriebslastspielzahl aus Schwingfestigkeitsversuchen an Probestäben oder Bauteilen nach Art, Randbedingungen, Anzahl der Prüfkörper und Sicherheitsbeiwerte im Einzelfall mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren (vgl. Anhang 2).

2.9 Nicht prüfbare Schweißverbindungen sind dauerfest auszulegen. Abweichende Vorgehensweisen sind mit der zuständigen unabhängigen Stelle abzustimmen. Abschnitt 14.2 ist in diesem Fall nicht anzuwenden.

---

1) Hierbei ist der Begriff „Wechselbeanspruchung“ umfassend im Sinne der zeitlichen Veränderung einer Beanspruchung unabhängig von Größe und Vorzeichen des Mittelwertes gemeint.

2) Als technischer Anriss gilt eine rissartige Werkstofftrennung, die mit optischen Hilfsmitteln oder zerstörungsfreien Prüfverfahren erkennbar ist.

3) Stoffwerte nach VDI-Richtlinie 3128

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus und abweichend davon gilt:

e	hier: Erschöpfungskennzahl	–
f_0	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Kerbwirkung von Oberflächenrauheit	–
f_d	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Wanddickeneinflusses	–
f_{T^*}	Temperatureinflussfaktor	–
f_M	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Mittelspannungseinflusses	–
f_M^*	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Mittelspannungseinflusses bei geschweißten spannungsarmgeglühten Bauteilen	–
f_N	Lastspielzahlabminderungsfaktor zur Berücksichtigung des Mediumeinflusses	–
k_e	Vergrößerungsfaktor für mechanische Spannungen im überelastisch beanspruchten Bereich	–
k_v	Vergrößerungsfaktor für Wärmespannungen im überelastisch beanspruchten Bereich	–
t	hier: Betriebszeit mit Zeitstandbeanspruchung	in h
t_m	rechnerische Lebensdauer für Zeitstandbeanspruchung	in h
N	hier: Betriebslastspielzahl	–
R_m	Mindestwert der Zugfestigkeit bei 20 °C für den kleinsten Wanddickenbereich	in N/mm^2
$R_{p0,2/T^*}$	Warmstreckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze bei Berechnungstemperatur T^* für den kleinsten Wanddickenbereich	in N/mm^2
T	Temperatur	in °C
T^*	maßgebende Berechnungstemperatur für Wechselbeanspruchung	in °C
σ_v	Vergleichsspannung	in N/mm^2
$\overline{\sigma}_{vr}$	reduzierte Vergleichsmittelspannung	in N/mm^2
2 σ_a	pseudoelastische Spannungsschwingbreite für ungekerbte Probestäbe und Schweißverbindungen	in N/mm^2
2 σ_{va}	Vergleichsspannungsschwingbreite	in N/mm^2
2 σ_{vap}	Vergleichsspannungsschwingbreite aus mechanischer Belastung	in N/mm^2
2 σ_{vaw}	Vergleichsspannungsschwingbreite aus thermischer Belastung	in N/mm^2
2 σ_{va}^*	maßgebende pseudoelastische Vergleichsspannungsschwingbreite	in N/mm^2
$\Delta\sigma$	Hauptspannungsdifferenz	in N/mm^2

Kopf- und Fußzeiger:

Kopfzeiger * = korrigierter Wert, z. B. 2 σ_{va}^*

Kopfzeiger ˆ = Maximalwert, z. B. $\hat{\sigma}$, $\Delta\hat{\sigma}_{12}$

Kopfzeiger ˇ = Minimalwert, z. B. $\check{\sigma}$, $\Delta\check{\sigma}_{12}$

Kopfzeiger – = Mittelwert z. B. $\overline{\sigma}$

Fußzeiger i, j, k = Zahlenindex, z. B. $\Delta\sigma_{ij}$, N_k, t_j

4 Grundlagen der Spannungsberechnung

4.1 Strukturspannungsnachweis

Bei geschweißten Bauteilen erfolgt die Ermittlung der maßgebenden Spannungen auf der Basis eines Strukturspannungsnachweises. Die Strukturspannungen (gegebenenfalls eine Vergleichsspannung) kennzeichnen die Grundbeanspruchung, die sich aus den äußeren Lastgrößen (Kräften und Momenten) und der gegenseitigen mechanischen Beeinflussung der einzelnen Strukturteile in Form linear verteilter Spannungen über die Wanddicke ergibt. Sie können nach technischen Tragwerkstheorien (z. B. Theorie der Schalen und Platten), mittels Finite-Element-Verfahren oder experimentell bestimmt werden. Die Strukturspannung gibt den Formeinfluss der Grobstruktur unter Belastung wieder, beinhaltet jedoch keine Kerbwirkung. Der lokale Kerbeinfluss der Feinstruktur ist in den Lastspielzahlkurven für Schweißverbindungen (siehe Bild 12) bereits berücksichtigt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Im Falle von FE-Berechnungen oder Dehnungsmessungen mittels Dehnungsmessstreifen darf der Strukturspannungshöchstwert näherungsweise durch lineare Extrapolation der Strukturspannungen an der Bauteiloberfläche in hinreichendem Abstand[4)] von der Naht auf den Ort des Nahtüberganges ermittelt werden (siehe Bild 1). Bei der Interpretation von gemessenen Strukturspannungen als linear verteilte Membran- und Biegespannungen ist auf die Möglichkeit auftretender Nichtlinearitäten im Querschnitt, z. B. infolge Dickwandigkeit und/oder infolge örtlicher Krafteinleitungen, zu achten (vgl. Anhang 1).

4.2 Kerbspannungsnachweis

Bei ungeschweißten Bauteilen ist die Spannungsermittlung auf der Basis eines Kerbspannungsnachweises durchzuführen. Die Kerbspannung berücksichtigt über die jeweilige Strukturspannung hinaus den lokalen Kerbeinfluss der Feinstruktur.

Die Kerbformzahlen können nach der Kerbspannungslehre, nach speziellen analytischen Lösungsverfahren oder alternativ auch über Dehnungsmessstreifen in der Kerbe oder mittels FE-Berechnung bestimmt werden.

In Sonderfällen kann ein Kerbspannungsnachweis auch bei Schweißverbindungen mittels FE-Berechnung durchgeführt werden, wenn die Feinstruktur der Schweißnaht durch ausreichend feine Netzteilung erfasst wird und die Realisierung der zugrunde gelegten Kerbformparameter (Nahtform, Nahtdicke, Nahtwurzel, Nahtrestspalt) in der Praxis gewährleistet ist.

Hinweise zur Struktur- und Kerbspannungsberechnung siehe Anhang 3.

5 Vergleichsspannungsschwingbreite und Vergleichsmittelspannung bei ein- und mehrachsiger Wechselbeanspruchung

Die Vergleichsspannungsschwingbreite eines Beanspruchungszyklus an einer zu untersuchenden Stelle ist die Differenz der Vergleichsspannung zweier zugehöriger Spannungstensoren im gleichen Koordinatensystem, deren Zeitpunkte innerhalb des Beanspruchungszyklus so zu wählen sind, dass diese Vergleichsspannung ein Maximum wird.

Hierzu muss für jeden wesentlichen Zeitpunkt während eines Lastzyklus der Beanspruchungszustand bekannt sein. Diese Definition gilt allgemein und unabhängig von der verwendeten Vergleichsspannungshypothese. Für ungeschweißte Bauteile oder Bauteilbereiche ist außerdem die zugehörige Vergleichsmittelspannung zu bestimmen. Die nachfolgenden Berechnungen gelten für σ_{vap} aus mechanischen und σ_{vaw} aus thermischen Belastungen nach der Tresca-Hypothese bei konstanten Hauptspannungsrichtungen.

Für den Fall zeitlich sich ändernder Lage der Hauptspannungsrichtungen wird auf Anhang 1 in diesem Merkblatt verwiesen.

5.1 Einachsiger Spannungszustand

Bei einachsiger Beanspruchung, wie im Bild 2 dargestellt, ist die Vergleichsspannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va}$ nach der Tresca-Hypothese

$$2\,\sigma_{va} = (\hat{\sigma} - \check{\sigma}) \tag{2}$$

und die Vergleichsmittelspannung

$$\overline{\sigma}_{v} = \frac{1}{2}\,(\hat{\sigma} + \check{\sigma}) \tag{3}$$

5.2 Mehrachsiger Spannungszustand bei konstanten Hauptspannungsrichtungen

Um die Vergleichsspannungsschwingbreite nach der Tresca-Hypothese zu bilden, sind für einen dreiachsigen Spannungszustand, wie in Bild 3 schematisch dargestellt, zunächst die Spannungsverläufe der Hauptspannungen σ_1, σ_2 und σ_3 zu bestimmen.

Sodann sind die zeitlichen Verläufe der drei Hauptspannungsdifferenzen $\Delta\sigma_{12}$, $\Delta\sigma_{23}$, $\Delta\sigma_{31}$ nach Formel (4) zu bestimmen:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{12} &= \sigma_1 - \sigma_2 \\ \Delta\sigma_{23} &= \sigma_2 - \sigma_3 \\ \Delta\sigma_{31} &= \sigma_3 - \sigma_1 \end{aligned} \tag{4}$$

Für jeden dieser drei Verläufe der Hauptspannungsdifferenzen sind unter Beachtung der Vorzeichen die Größt- und Kleinstwerte herauszusuchen. Die Vergleichsspannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va}$ ergibt sich aus der Formel (5) wie folgt (siehe auch Bild 4):

$$2\,\sigma_{va} = \max \begin{bmatrix} \Delta\hat{\sigma}_{12} - \Delta\check{\sigma}_{12} \\ \Delta\hat{\sigma}_{23} - \Delta\check{\sigma}_{23} \\ \Delta\hat{\sigma}_{31} - \Delta\check{\sigma}_{31} \end{bmatrix} \tag{5}$$

4) Siehe z. B. Iida [94]

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die zur Vergleichsspannungsschwingbreite 2 σ_{va} zugehörige Vergleichsmittelspannung $\bar{\sigma}_v$ ist aus denjenigen beiden Spannungsverläufen σ_i und σ_j zu ermitteln, aus denen die für die Vergleichsspannungsschwingbreite 2 σ_{va} maßgebenden Hauptspannungsdifferenzen $\Delta\hat{\sigma}_{ij}$ und $\Delta\check{\sigma}_{ij}$ bestimmt wurden. Sodann ist der zeitliche Verlauf der Hauptspannungssumme nach

$$\sum \sigma_{ij} = (\sigma_i + \sigma_j) \tag{6a}$$

zu bestimmen und der Maximalwert $\sum \hat{\sigma}_{ij}$ und Minimalwert $\sum \check{\sigma}_{ij}$ herauszusuchen. Die Vergleichsmittelspannung $\bar{\sigma}_v$ ergibt sich dann aus

$$\bar{\sigma}_v = \frac{1}{2}\left(\sum \hat{\sigma}_{ij} + \sum \check{\sigma}_{ij}\right) \tag{6b}$$

Eine vereinfachte Vorgehensweise bei der Wirkung von nur einer Belastungsart und unter Vernachlässigung von Schubspannungen wird im Anhang 3 beschrieben.

Bei einem dreiachsigen Zugspannungszustand sind die Bedingungen nach AD 2000-Merkblatt S 4 zu beachten.

6 Maßgebende Vergleichsspannungsschwingbreite im überelastisch beanspruchten Bereich

6.1 Mechanische Belastungen

Bei mechanischen Belastungen ist die maßgebende pseudoelastische Vergleichsspannungsschwingbreite nach

$$2\,\sigma^*_{vap} = 2\,\sigma_{vap} \cdot k_e \tag{7}$$

zu ermitteln.

Der Vergrößerungsfaktor k_e berücksichtigt die überelastischen Verformungen und ist aus Bild 5 zu entnehmen. Die k_e-Kurven des Bildes 5 können im Bereich $1{,}0 < \sigma_{vap}/R_{p0,2/T^*} \leq 1{,}5$ durch die Formel

$$k_e = A\,1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{vap}}{R_{p0,2/T^*}} - 1} + 1 \tag{8}$$

und im Bereich $\sigma_{vap}/R_{p0,2/T^*} > 1{,}5$ durch

$$k_e = A\,2 + A\,3 \cdot \frac{\sigma_{vap}}{R_{p0,2/T^*}} \tag{9}$$

beschrieben werden. Die vom Werkstoffgefüge abhängigen Werte A 1, A 2 und A 3 sind aus Tafel 1 zu entnehmen.

Tafel 1 — Werte A 1, A 2 und A 3

Werkstoffgruppe	A 1	A 2	A 3
Ferrit, R_m = 800 N/mm² bis 1000 N/mm²	0,518	0,718	0,432
Ferrit, $R_m \leq$ 500 N/mm² und Austenit	0,443	0,823	0,327

Bei Ferriten mit R_m zwischen 500 N/mm² und 800 N/mm² kann linear interpoliert werden.

6.2 Thermische Belastungen

Bei thermischen Belastungen in Dickenrichtung der Wandungen berechnet sich die maßgebende pseudoelastische Vergleichsspannungsschwingbreite aus

$$2\,\sigma^*_{vaw} = 2\,\sigma_{vaw} \cdot k_\nu \tag{10}$$

mit k_ν aus Bild 5 oder nach der Formel

$$k_\nu = \frac{0{,}7}{0{,}5 + \dfrac{0{,}2}{\sigma_{vaw} / R_{p0,2/T^*}}} \tag{11}$$

Im Bereich lokaler Störstellen muss anstelle k_ν auch für thermische Belastungen k_e nach Formel (8) bzw. (9) angewendet werden, sofern kein detaillierter Nachweis erfolgt. Andere thermische Belastungen sind wie mechanische Belastungen nach Abschnitt 6.1 zu behandeln.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.3 Kombinierte Belastungen

Liegt ein kombinierter Belastungszustand aus mechanischen und thermischen Belastungen vor, sind die anteilmäßigen Spannungskomponenten linear zu überlagern. Anschließend ist eine Vergleichsspannungsschwingbreite $2\,\sigma_{vap+w}$ nach Abschnitt 5 zu bilden.

Die maßgebende pseudoelastische Vergleichsspannungsschwingbreite ist nach Formel (12) zu berechnen.

$$2\,\sigma^{*}_{va} = 2\,\sigma_{vap+w} \cdot k_e \tag{12}$$

Die Formeln (7) bis (12) finden keine Anwendung, wenn die Vergleichsspannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va}$ als fiktive Spannung aus der Gesamtdehnung $2\,\varepsilon_{ages}$ (elastisch + plastisch) einer rechnerischen oder experimentellen Festigkeitsuntersuchung aus $2\,\sigma_{va} = 2\,E \cdot \varepsilon_{ages}$ ermittelt wurde.

7 Zulässige Spannungsschwingbreite bei bekannter Lastspielzahl

Die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va}$ nach Abschnitt 5 bzw. $2\,\sigma^{*}_{va}$ nach Abschnitt 6 darf die nach den folgenden Abschnitten zu bildende zulässige Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_{azul}$ nicht überschreiten. Dabei ist zwischen ungeschweißten und geschweißten Bauteilbereichen zu unterscheiden.

7.1 Ungeschweißte Bauteilbereiche

Die zulässige Spannungsschwingbreite ist nach

$$2\,\sigma_{azul} = 2\,\sigma_a \cdot f_0 \cdot f_d \cdot f_M \cdot f_{T^*} \tag{13}$$

zu berechnen. Falls die Korrekturfaktoren f nicht durch Schwingfestigkeitsversuche bestimmt werden (vgl. Anhang 2), sind diese den folgenden Abschnitten zu entnehmen.

7.1.1 Zulässige Spannungsschwingbreite für ungekerbte Probestäbe

Dabei ist die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ für ungekerbte, polierte Probestäbe aus ferritischen und austenitischen Walz- und Schmiedestählen bei Raumtemperatur und reiner Wechselbeanspruchung (Mittelspannung $\overline{\sigma} = 0$) nach Formel (14) im Geltungsbereich $10^2 \le N \le 2 \cdot 10^6$ und $R_m \le 1000$ N/mm^2 zu berechnen oder aus Bild 11 zu ermitteln. In den Kurven ist ein Lastspielzahlsicherheitsbeiwert von $S_N = 10$ bzw. ein Spannungssicherheitsbeiwert von $S_\sigma = 1{,}5$ gegenüber den mittleren Anrisskurven berücksichtigt (vgl. Anhang 1). Für Zwischenwerte der Zugfestigkeit ist linear zu interpolieren.

$$2\,\sigma_a = \frac{4 \cdot 10^4}{\sqrt{N}} + 0{,}55 \cdot R_m - 10 \tag{14}$$

Die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ für den Dauerfestigkeitsbereich ($N \ge 2 \cdot 10^6$) kann auch aus Tafel 2 entnommen werden.

Tafel 2 — Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ im Dauerfestigkeitsbereich für ungekerbte Probestäbe aus ferritischen und austenitischen Walz- und Schmiedestählen bei Raumtemperatur und Mittelspannung $\overline{\sigma} = 0$

Zugfestigkeit R_m [N/mm^2]	$2\,\sigma_a$ = konst. [N/mm^2]	
	$N \ge 2 \cdot 10^6$	$N \ge 10^8$ bei Lastkollektiv
400	240	162
600	350	236
800	460	310
1000	570	385

7.1.2 Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Oberflächeneinflusses

Der Korrekturfaktor f_0 zur Berücksichtigung des Oberflächeneinflusses ist in Abhängigkeit von der Rautiefe R_Z, der Zugfestigkeit R_m und der Lastspielzahl $N \le 2 \cdot 10^6$ nach

$$f_0 = F_o^{\frac{0{,}4343 \cdot \ln N - 2}{4{,}301}} \tag{15}$$

mit

$$F_o = 1 - 0{,}056 \cdot (\ln R_Z)^{0{,}64} \cdot \ln R_m + 0{,}289 \cdot (\ln R_Z)^{0{,}53} \tag{16}$$

zu ermitteln. Für $N > 2 \cdot 10^6$ ist $f_0 = F_o$.

Falls nicht spezifiziert, sind folgende herstellungsbedingte Rautiefen in Formel (16) einzusetzen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 — Richtwerte für Oberflächen-Rautiefen

Oberflächenzustand	R_Z [µm]
gewalzt oder stranggepresst	200
mechanisch bearbeitet	50
kerbfrei geschliffen	10

Für polierte Oberflächen mit Rautiefen $R_Z < 6$ µm kann mit $f_0 = 1$ gerechnet werden. Der Abminderungsfaktor f_0 für Walzhaut kann auch aus Bild 6 entnommen werden.

7.1.3 Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Wanddickeneinflusses

Die auf der Basis von Schwingfestigkeitsversuchen an kleinen Probestäben abgeleiteten Spannungsschwingbreiten $2\,\sigma_a$ nach Bild 11 sind bei Wanddicken $s > 25$ mm abzumindern. Als s ist in der Berechnung die ausgeführte Wanddicke s_e einzusetzen.

Der Korrekturfaktor f_d ist für $N \le 2 \cdot 10^6$ nach

$$f_d = F_d^{\frac{0{,}4343 \cdot \ln N - 2}{4{,}301}} \tag{17}$$

mit

$$F_d = \left(\frac{25}{s_e}\right)^{\frac{1}{Z}} \tag{18}$$

und $Z = 10$ zu berechnen, wobei mit einer beeinflussenden Wanddicke von maximal $s = 150$ mm der Faktor f_d auf $F_d = 0{,}84$ zu begrenzen ist. Für $N > 2 \cdot 10^6$ ist $f_d = F_d$.

Bei Schmiedestücken ist als Wanddicke die gleichwertige Dicke eines runden Querschnitts nach DIN EN 10222-1, Anhang B einzusetzen. Der Korrekturfaktor f_d ist in Bild 7 dargestellt.

7.1.4 Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Mittelspannungseinflusses

Eine Zugmittelspannung wirkt sich schwingfestigkeitsabmindernd und eine Druckmittelspannung schwingfestigkeitserhöhend aus.

7.1.4.1 Elastischer Bereich

Im Falle 2 $\sigma_{va} < R_{p0,2/T^*}$ ist der Mittelspannungs-Korrekturfaktor f_M in Abhängigkeit von der Mittelspannungsempfindlichkeit M im Bereich

$$-R_{p0,2/T^*} \le \overline{\sigma}_v \le \frac{\sigma_a}{1+M}$$

nach der Formel

$$f_M = \sqrt{1 - \frac{M(2+M)}{1+M} \cdot \frac{\overline{\sigma}_v}{\sigma_a}} \tag{19}$$

und im Bereich $\frac{\sigma_a}{1+M} \le \overline{\sigma}_v \le R_{p0,2/T^*}$

nach der Formel

$$f_M = \frac{1 + M/3}{1+M} - \frac{M}{3} \cdot \frac{\overline{\sigma}_v}{\sigma_a} \tag{20}$$

mit

$$M = 0{,}00035 \cdot R_m - 0{,}1 \tag{21}$$

für Walz- und Schmiedestahl zu ermitteln.

Für den Dauerfestigkeitsbereich ($N \ge 2 \cdot 10^6$) kann der Korrekturfaktor f_M auch aus Bild 9 entnommen werden.

7.1.4.2 Teilplastischer Bereich

Übersteigt die aus der größten absoluten Hauptspannungsdifferenz gebildete maximale Vergleichsspannung $\hat{\sigma}_v$

$$\hat{\sigma}_v = \max\left(|\Delta\hat{\sigma}_{12}|, |\Delta\hat{\sigma}_{23}|, |\Delta\hat{\sigma}_{31}|\right) \tag{22}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

die Streckgrenze $R_{p0,2/T^*}$ oder ist $R_{p0,2/T^*} \leq 2\ \sigma_{va} \leq 2\ R_{p0,2/T^*}$, werden ebenso die Formeln (19) oder (20) zur Ermittlung des Korrekturfaktors f_M herangezogen, wobei jedoch anstelle $\overline{\sigma}_v$ die reduzierte Vergleichsmittelspannung

$$\overline{\sigma}_{vr} = R_{p0,2/T^*} - \sigma_{va} \tag{23}$$

unter Einhaltung der Bedingung $|\overline{\sigma}_{vr}| \leq |\overline{\sigma}_v|$ einzusetzen ist.

7.1.5 Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Temperatureinflusses

Bei Lastzyklustemperatur $T^* > 100$ °C muss der temperaturbedingte Abfall der Schwingfestigkeit durch einen Korrekturfaktor f_{T^*} berücksichtigt werden. Der Korrekturfaktor f_{T^*} ist aus Bild 10 zu entnehmen oder im Temperaturbereich von 100 °C $\leq T^* \leq$ 600 °C für ferritischen Werkstoff nach

$$f_{T^*} = 1{,}03 - 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot T^* - 1{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot T^{*2} \tag{24}$$

und für austenitischen Werkstoff nach

$$f_{T^*} = 1{,}043 - 4{,}3 \cdot 10^{-4} \cdot T^* \tag{25}$$

zu bestimmen.

7.2 Geschweißte Bauteilbereiche

7.2.1 Die zulässige Spannungsschwingbreite ist nach

$$2\ \sigma_{azul} = 2\ \sigma_a \cdot f_d \cdot f_{T^*} \tag{26}$$

zu berechnen.

Dabei ist die Spannungsschwingbreite $2\ \sigma_a$ in Abhängigkeit von der Schweißnahtgestaltung für ferritische und austenitische Walz- und Schmiedestähle bei Raumtemperatur aus Bild 12 zu entnehmen. In diesen aus spannungs- und dehnungsgesteuerten Schwingfestigkeitsversuchen an Schweißverbindungen abgeleiteten Lastspielzahlkurven sind die Schweißnahtkerbwirkung, die Schweißeigenspannungen und der noch verbleibende Mittelspannungseinfluss bereits berücksichtigt. Oberflächen- und Mittelspannungseinfluss brauchen deshalb hier nicht gesondert in Abzug gebracht zu werden[5)].

Die Kurven des Bildes 12 können durch die Formel (27) im Bereich $10^2 \leq N \leq 2 \cdot 10^6$ und Konstanten der Tafel 4 beschrieben werden.

$$2\ \sigma_a = \left(\frac{B\,1}{N}\right)^{\frac{1}{3}} \tag{27}$$

Tafel 4 — Konstanten B 1, B 2 und Spannungsschwingbreite $2\ \sigma_a$ im Dauerfestigkeitsbereich für Schweißverbindungen aus ferritischen und austenitischen Walz- und Schmiedestählen bei Raumtemperatur

Klasse	Konstante		Spannungsschwingbreite $2\ \sigma_a$ = konst. [N/mm²]	
	B 1 $10^2 \leq N \leq 2 \cdot 10^6$	B 2 $2 \cdot 10^6 \leq N \leq 10^8$	$N \geq 2 \cdot 10^6$	$N \geq 10^8$ bei Lastkollektiv
K 0	$1{,}56 \cdot 10^{12}$	$1{,}32 \cdot 10^{16}$	92	42
K 1	$5{,}0 \cdot 10^{11}$	$1{,}98 \cdot 10^{15}$	63	29
K 2	$2{,}5 \cdot 10^{11}$	$6{,}25 \cdot 10^{14}$	50	23
K 3	$1{,}28 \cdot 10^{11}$	$2{,}05 \cdot 10^{14}$	40	18

7.2.2 In der Tafel 5 sind die für Druckbehälter üblichen Schweißverbindungen dargestellt und hinsichtlich ihrer Kerbwirkung vier Schweißnahtklassen K 0, K 1, K 2 und K 3 zugeordnet.

Tafel 5 enthält zwei Alternativen für den Spannungsnachweis:

- Spannungsnachweis 1: Zusätzliche Spannungen durch Wanddickenversatz (s. auch Fußnote 9) in Tafel 5) oder durch Anschweißteile werden beim Strukturspannungsnachweis gemäß Abschnitt 4.1 vernachlässigt und
- Spannungsnachweis 2: Diese Zusatzspannungen werden beim Strukturspannungsnachweis berücksichtigt.

Spannungsnachweis 1 wird in der Regel bei Beanspruchung der Wandung durch wechselnden Druck angewandt. Bei anderen wechselnden Beanspruchungsarten (z. B. bei Wärmespannungen) kann insbesondere bei Anschweißteilen eine andere Klassenzuordnung bzw. der Spannungsnachweis 2 erforderlich sein.

5) Angaben über Sicherheiten in Vorbereitung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.2.3 Die Zuordnung für andere, hier nicht angesprochene Schweißnahtverbindungen ist im Einzelfall mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.

7.2.4 Sofern bei komplizierten Bauteilen die Schweißnahtkerbspannungen nach Abschnitt 4.2 ermittelt werden und die Schweißverbindung die Anforderungen der Klasse K 1 erfüllt, kann die Bewertung der Spannungen nach Klasse K 0 erfolgen.

7.2.5 Längs- oder Rundnähte von drucktragenden Wandungen nach Tafel 5, die zur Erhöhung der Lebensdauer beidseitig blecheben geschliffen und unabhängig von den entsprechenden Anforderungen nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 zu 100 % zerstörungsfrei geprüft sind, können in die Klasse K 0 eingestuft werden.

7.2.6 Der Korrekturfaktor f_d ist sinngemäß nach Abschnitt 7.1.3 zu berechnen, wobei in Formel (18) $Z = 4$ zu setzen und der Faktor f_d auf $F_d = 0{,}64$ zu begrenzen ist. Der Faktor f_d kann auch aus Bild 8 entnommen werden. Bei blecheben geschliffenen Nähten nach Abschnitt 7.2.5 oder bei Ermittlung der Schweißnahtkerbspannungen nach Abschnitt 4.2 darf in Formel (18) $Z = 10$ gesetzt und bei einer beeinflussenden Wanddicke von maximal $s = 150$ mm der Faktor f_d auf $F_d = 0{,}84$ begrenzt werden. Der Korrekturfaktor f_d kann auch aus Bild 7 entnommen werden. Bei geschweißten Schmiedestücken gelten die Regelungen nach Abschnitt 7.1.3. Für den Korrekturfaktor f_{T*} gelten die Formeln (24) bzw. (25) oder Bild 10.

7.2.7 Bei spannungsarmgeglühten Bauteilen wird die Schwingfestigkeit durch den Abbau von Schweißeigenspannungen gegenüber dem Schweißzustand erhöht. Die zulässige Spannungsschwingbreite kann unter Einbezug des Korrekturfaktors f_M zur Berücksichtigung des Mittelspannungseinflusses aus der Belastung nach Abschnitt 7.1.4 aus

$$2\,\sigma_{azul} = 2\,\sigma_a \cdot f_d \cdot f_{T*} \cdot f_M^* \tag{28}$$

mit $f_M^* = 1{,}3^{\frac{0{,}4343 \cdot \ln N - 4{,}699}{1{,}602}} \cdot f_M$ (28a)

bestimmt werden, wobei für f_M^* keine kleineren Werte als 1,0 berücksichtigt zu werden brauchen.

7.3 Alternative Berechnungsmethode

Die zulässige Spannungsschwingbreite darf alternativ zu der in den Abschnitten 7.1 und 7.2 beschriebenen Methode auch nach der im Anhang 4 erläuterten Vorgehensweise ermittelt werden. Hierbei ergeben sich bei verkürzten Prüfintervallen höhere zulässige Spannungswerte.

8 Zulässige Lastspielzahl bei bekannter Spannungsschwingbreite

Bei der Ermittlung der zulässigen Lastspielzahl N_{zul} ist analog zu Abschnitt 7 ebenfalls zwischen ungeschweißten und geschweißten Bauteilbereichen zu unterscheiden.

8.1 Ungeschweißte Bauteile

Die zulässige Lastspielzahl ist aus der Formel (29) zu berechnen oder aus Bild 11 zu entnehmen.

$$N_{zul} = \left(\frac{4 \cdot 10^4}{2\,\sigma_a^* - 0{,}55 \cdot R_m + 10} \right)^2 \tag{29}$$

Hierbei ist $2\,\sigma_a^*$ die Spannungsschwingbreite, die aus der Vergleichsspannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va}$ nach Abschnitt 5 bzw. $2\,\sigma_{va}^*$ nach Abschnitt 6 und den Korrekturfaktoren f_0, f_d, f_M und f_{T*} nach Abschnitt 7.1 aus

$$2\,\sigma_a^* = \frac{2\,\sigma_{va}}{f_0 \cdot f_d \cdot f_M \cdot f_{T*}} \tag{30}$$

zu ermitteln ist.

Die lastspielzahlabhängigen Korrekturfaktoren $f_0\,(N, R_m)$ und $f_d\,(N, s)$ müssen für $N = N_{zul}$ iterativ bestimmt werden.

Bei Werten für $2\,\sigma_a^*$ unterhalb der Kurven nach Bild 11 im Bereich $N \geq 2 \cdot 10^6$ oder bei $2\,\sigma_a^* \leq 2\,\sigma_a$ für $N \geq 2 \cdot 10^6$ nach Tafel 2 liegt Dauerfestigkeit vor.

8.2 Geschweißte Bauteile

Die zulässige Lastspielzahl wird nach

$$N_{zul} = \frac{B\,1}{(2\,\sigma_a^*)^3} \tag{31}$$

mit den Konstanten B 1 aus Tafel 4 und der Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a^*$ aus

$$2\,\sigma_a^* = \frac{2\,\sigma_{va}}{f_d \cdot f_{T*}} \tag{32}$$

oder aus Bild 12 ermittelt, wobei $2\,\sigma_{va}$ nach Abschnitt 5 bzw. $2\,\sigma_{va}^*$ nach Abschnitt 6 sowie die Korrekturfaktoren f_d und f_{T*} nach Abschnitt 7.2.6 einzusetzen sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Liegen Randbedingungen nach den Abschnitten 7.2.4, 7.2.5 oder 7.2.7 vor, sind die dort angegebenen Vorgehensweisen sinngemäß anzuwenden. Dabei ist die Spannungsschwingbreite bei spannungsarmgeglühten Bauteilen nach

$$2\,\sigma_a^* = \frac{2\,\sigma_{va}}{f_d \cdot f_{T^*} \cdot f_M^*} \tag{33}$$

zu ermitteln (vgl. Abschnitt 7.2.7).

8.3 Alternative Berechnungsmethode

Die zulässige Lastspielzahl darf alternativ zu der in den Abschnitten 8.1 und 8.2 beschriebenen Methode auch nach der im Anhang 4 erläuterten Vorgehensweise ermittelt werden. Hierbei ergeben sich bei verkürzten Prüfintervallen höhere zulässige Lastspielzahlen.

9 Berücksichtigung eines Betriebslastkollektivs

9.1 Bei unterschiedlichen Belastungsvorgängen müssen zu jeder Belastungsart der Beanspruchungszustand, die Vergleichsspannungsschwingbreite, gegebenenfalls die maßgebende Vergleichsspannungsschwingbreite im überelastischen Bereich und bei ungeschweißten Bauteilen außerdem die Vergleichsmittelspannung bestimmt werden.

Der folgende Berechnungsgang ist nur anzuwenden, wenn die größte Spannungsschwingbreite die Dauerfestigkeit übersteigt.

Die Schädigung durch Wechselbeanspruchung wird nach der linearen Schädigungsakkumulationshypothese zu

$$\sum_k \frac{N_k}{N_{zul\,k}} = \left(\frac{N_1}{N_{zul\,1}} + \frac{N_2}{N_{zul\,2}} + \ldots \frac{N_k}{N_{zul\,k}} \right) \leq 1{,}0 \tag{34}$$

ermittelt. Hierin sind N_1, N_2 ... N_k die im Betrieb zu erwartenden Lastspielzahlen, wobei jeweils die Lastzyklen zusammengefasst werden, die die gleiche Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va}$ bzw. $2\,\sigma_{va}^*$ hervorrufen. Somit tritt die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va1}$ ($2\,\sigma_{va1}^*$) während der gesamten Betriebszeit N_1 mal auf, $2\,\sigma_{va2}$ ($2\,\sigma_{va2}^*$) tritt N_2 mal auf usw. Die zugehörigen zulässigen Lastspielzahlen $N_{zul\,1}$, $N_{zul\,2}$ ... $N_{zul\,k}$ sind dann mit der jeweiligen Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a^*$ aus den entsprechenden Lastspielzahlkurven für ungeschweißte und geschweißte Bauteile zu entnehmen, wobei im Bereich $N > 2 \cdot 10^6$ die in Bild 11 bzw. Bild 12 gestrichelt angegebenen fiktiven Lastspielzahlkurven gelten. Die fiktiven Lastpielzahlkurven können für ungeschweißte Bauteile nach Formel (35)

$$N_{zul\,k} = \left(\frac{2{,}35 \cdot R_m + 80}{2\,\sigma_a^*} \right)^{10} \tag{35}$$

und für Schweißverbindungen nach Formel (36)

$$N_{zul\,k} = \frac{B\,2}{(2\,\sigma_a^*)^5} \tag{36}$$

mit den in Tafel 4 angegebenen Konstanten B 2 beschrieben werden.

9.2 Enthält ein Betriebslastkollektiv Belastungsvorgänge mit Spannungsschwingbreiten $2\,\sigma_{va}$ ($2\,\sigma_{va}^*$), die kleiner sind als die in Tafel 2 bzw. 4 für $N \geq 10^8$ angegebenen Werte, so können die Schädigungsanteile dieser Kollektivstufen in Formel (34) vernachlässigt werden.

9.3 Wird ein Bauteil im Hochtemperaturbereich[6)] betrieben, tritt neben der Ermüdung infolge Wechselbeanspruchung eine zusätzliche Kriechschädigung auf, deren Schädigungsanteil mit

$$\sum_j \frac{t_j}{t_{mj}} = \left(\frac{t_1}{t_{m1}} + \frac{t_2}{t_{m2}} + \ldots \frac{t_j}{t_{mj}} \right) \leq 1{,}0 \tag{37}$$

zu bestimmen ist.

Die Kriechschädigungsanteile $\frac{t_1}{t_{m1}} + \frac{t_2}{t_{m2}} + \ldots \frac{t_j}{t_{mj}}$ sind analog zu den Ermüdungsschädigungsanteilen aus entsprechenden Zeitstandfestigkeitsdiagrammen unter Zugrundelegung der Mindestwerte des Streubandes zu ermitteln (siehe z. B. EN 10028-2:1992, Tabelle A.1, Fußnote 1).

Für vollbeanspruchte Schweißnähte ist AD 2000-Merkblatt S 6, Abschnitt 4.5 zu beachten.

---

6) Temperaturbereich, in dem zeitabhängige Festigkeitskennwerte für die Dimensionierung nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe B maßgebend sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

9.4 Zur Abschätzung der Überlagerung von Ermüdungs- und Kriechschädigung im Hinblick auf die Prüfungen nach Abschnitt 14.5 kann nach einer modifizierten linearen Schädigungsakkumulationshypothese verfahren werden. Dabei werden die Schädigungsanteile nach den Formeln (34) und (37) zu einer Erschöpfungskennzahl

$$e = \sum_{k} \frac{N_k}{N_{zul\,k}} + \sum_{j} \frac{t_j}{t_{mj}} \leq 1{,}0 \qquad (38)$$

zusammengefasst.

Ggf. ist für spezielle Anwendungen der zulässige Betrag von e zu ermitteln (vgl. Abschnitt 14.5).

10 Konstruktive Voraussetzungen

10.1 Die Lebensdauer von wechselbeanspruchten Bauteilen ist wesentlich von der Dimensionierung und konstruktiven Gestaltung abhängig. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass Konstruktionen mit hoher Spannungs- bzw. Dehnungskonzentration vermieden werden, z. B. durch eine spannungsflussgerechte Gestaltung von Querschnittsübergängen. Eine Bewertung von im Druckbehälterbau üblichen Schweißnahtausführungen ist in der Tafel 5 gegeben. Bei hohen Anforderungen an die Lebensdauer sind die Schweißnahtgestaltungen der Klasse K 1 zu empfehlen. Ggf. sind höhere Anforderungen an die Gestaltung als nach AD 2000-Merkblatt HP 1 zu stellen. Durch geeignete Gestaltung ist die Möglichkeit der Prüfung nach Abschnitt 12 zu schaffen.

10.2 Die Lebensdauer kann beispielhaft durch folgende konstruktive Maßnahmen erhöht werden:

(1) Halbkugel- oder Korbbogenboden anstelle Klöpperboden;

(2) kegelförmiger Mantel mit Krempe anstelle Kegel mit Eckstoß;

(3) Überdimensionierung des ebenen Bodens einer unverankerten Boden-Mantel-Eckverbindung (bei Lastfall Innendruck);

(4) Vergrößerung der Wanddicken von Stutzen in Zylinder- und Kugelschalen, jedoch höchstens bis zu einem Wanddickenverhältnis $s_S/s_A = 2$. Hierbei ist zu beachten, dass die Strukturspannung auf der Außenseite des Stutzenanschlusses jene auf der Innenseite erreichen oder übersteigen kann;

(5) Vermeidung von schrägen Stutzen und aufgesetzten scheibenförmigen Verstärkungen;

(6) Rohrplatten, Flansche und dergleichen mit konischem Ansatz zum Behältermantel;

(7) Unterlegbleche von Auflagerpratzen oder Ähnliches mit abgerundeten Ecken;

(8) Vermeidung von eckigen Ausschnitten.

10.3 Durch weitere besondere Maßnahmen, z. B. das Aufbringen von Druckeigenspannungen oder durch mechanische oder thermische Oberflächenbehandlung, lässt sich die Lebensdauer eines Bauteils ebenfalls erhöhen. Ihre Berücksichtigung bei der Ermittlung des Oberflächenkorrekturfaktors oder der zulässigen Spannungsschwingbreiten nach Abschnitt 7 ist im Einzelfall mit der zuständigen unabhängigen Stelle abzustimmen.

11 Herstellungstechnische Voraussetzungen

Für die Herstellung gelten die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP. Zusätzlich ist bei Behältern, die nach diesem Blatt berechnet werden, zu beachten:

11.1 Bei Wechselbeanspruchung wirken sich bei der Fertigung entstandene Fehler ungünstiger aus als bei ruhender Beanspruchung. Durch Kerbstellen oder ungünstige Eigenspannungen kann die Lebensdauer von Bauteilen beträchtlich vermindert werden.

11.2 Für die Bauteile sind an die Schweißnahtausführung besondere Anforderungen zu stellen. Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817 ist einzuhalten. Hinsichtlich der Wärmeführung beim Schweißen und der Schweißfolge ist den Schweißeigenspannungen besondere Bedeutung zuzumessen. Sämtliche Wärmebehandlungen sind dem Werkstoff und der Wanddicke entsprechend ordnungsgemäß auszuführen.

Glühtemperaturen, Haltezeit und Abkühlbedingungen sind möglichst so festzulegen, dass große Dehnung und Kerbschlagzähigkeit gewährleistet sind. In vielen Fällen werden sich dabei Streckgrenze und Zugfestigkeit an der unteren Grenze der zulässigen Spanne einstellen. Das Spannungsarmglühen ist so durchzuführen, dass die Eigenspannungen auf ein niedriges Niveau abgebaut werden und die oben genannten Werkstoffeigenschaften erhalten bleiben (siehe entsprechende Normen und Werkstoffblätter).

Stempelungen dürfen nicht an Stellen erhöhter Beanspruchung angebracht werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

12 Prüftechnische Voraussetzungen

Für die Prüfung vor, während und nach der Herstellung sind zusätzlich zu den AD 2000-Merkblättern der Reihe HP und zu den TRB die folgenden Abschnitte zu beachten:

12.1 Entwurfsprüfung

Im Rahmen der Entwurfsprüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 511 sind von der zuständigen unabhängigen Stelle die im Hinblick auf die Wechselbeanspruchung bei den Prüfungen nach den Abschnitten 12.2 und 12.3 besonders zu prüfenden Stellen festzulegen.

12.2 Prüfungen während der Fertigung und Schlussprüfung

12.2.1 Durch die während der Fertigung vom Hersteller oder im Rahmen der Schlussprüfung von der zuständigen unabhängigen Stelle durchzuführenden Prüfungen muss sichergestellt werden, dass in dem Druckbehälter oder dem Druckbehälterteil keine Fehler vorhanden sind, die sich bei dynamischer Beanspruchung schnell vergrößern und zu einem Versagen der drucktragenden Teile vor Erreichen der zulässigen Lastspielzahl führen könnten (vgl. AD 2000-Merkblatt HP 5/1).

12.2.2 Für die zerstörungsfreie Prüfung sind die Regelungen des AD 2000-Merkblattes HP 5/3 in Verbindung mit Übersichtstafel zu HP 0 zu beachten. Ist es hiernach freigestellt, ob nach dem Durchstrahlungsverfahren oder dem US-Verfahren geprüft wird, so ist der US-Prüfung in der Regel der Vorrang zu geben. Im Betrieb hochbeanspruchte Stellen, wie z. B. Stutzeneinschweißungen, Lochränder oder Querschnittsübergänge, sind möglichst vollständig zerstörungsfrei zu prüfen. Die Besichtigung auf Oberflächenfehler und äußerlich sichtbare Schweißfehler ist mit der entsprechenden Sorgfalt vorzunehmen.

12.3 Prüfungen während des Betriebes

12.3.1 An jedem Druckbehälter, für den die Zahl der zulässigen Lastwechsel (Lastspielzahl N) festgelegt ist, muss spätestens bei Erreichen der Hälfte der festgelegten Lastspielzahl eine innere Prüfung durchgeführt werden.

Ergeben sich aufgrund einer besonderen Vereinbarung entsprechend den nationalen Vorschriften kürzere Fristen für die innere Prüfung, so ist davon die kürzeste Frist einzuhalten. Dem Betreiber obliegt es, in geeigneter Weise die Zahl der auftretenden Lastwechsel zu erfassen und erforderlichenfalls die inneren Prüfungen zu veranlassen.

12.3.2 Sind durch andere betriebliche Einflüsse bereits vor Ablauf der Prüffristen Schädigungen an der drucktragenden Wand zu erwarten, so sind die Prüffristen entsprechend den nationalen Vorschriften zu verkürzen.

12.3.3 Bei wechselnd beanspruchten Druckbehältern sind wiederkehrende Prüfungen von besonderer Bedeutung; sie erlauben, beginnende Schädigungen rechtzeitig zu erkennen. Dazu sind die inneren Prüfungen durch zerstörungsfreie Prüfungen an hochbeanspruchten Stellen zu ergänzen. Als Prüfverfahren kommen Oberflächenrissprüfungen und US-Prüfungen in Frage. Zur Überwachung gut prüfbarer Bereiche kann auch die US-Prüfung von der Außenseite des Behälters eingesetzt werden.

12.3.4 Werden bei einer inneren Prüfung keine Risse festgestellt, so ist die nächste innere Prüfung in der sich aufgrund einer besonderen Vereinbarung entsprechend den nationalen Vorschriften ergebenden kürzesten Frist, spätestens jedoch wiederum bei Erreichen der Hälfte der festgelegten Lastspielzahl, durchzuführen. Dies gilt auch, wenn die Zahl der zulässigen Lastspiele überschritten ist.

12.3.5 Auf die Prüfungen, die nach den Abschnitten 12.3.1 bis 12.3.4 aufgrund der Wechselbeanspruchung während des Betriebes erforderlich sind, kann verzichtet werden, wenn das Bauteil für eine Betriebslastspielzahl $\geq 2 \cdot 10^6$ oder für $\geq 5 \cdot 10^6$ bei alternativer Berechnungsmethode nach Anhang 4 (dauerfest) ausgelegt ist.

12.3.6 Bei tiefen zulässigen Temperaturen unterhalb von -200 °C sind die Prüfintervalle zur Durchführung der inneren Prüfungen nochmals auf die Hälfte zu verkürzen, d. h. die inneren Prüfungen nach den Abschnitten 12.3.1 und 12.3.4 müssen spätestens bei Erreichen eines Viertels der festgelegten Lastspielzahl durchgeführt werden.

13 Berücksichtigung besonderer Betriebsbedingungen

13.1 Falls korrosionsgestützte Rissbildung (Schwingungsrisskorrosion, dehnungsinduzierte Risskorrosion) oder wasserstoffgestützte Rissbildung in Druckwasserstoff zu erwarten ist, ist zu berücksichtigen, dass die Schwingfestigkeit nicht nur beträchtlich unter die Werte ohne diese Einwirkungen absinkt, sondern auch noch Ermüdungsbrüche nach sehr hohen Lastspielzahlen ($> 10^7$) auftreten können.

Bei der Werkstoffwahl ist im Hinblick auf Korrosionsbeständigkeit zu berücksichtigen, dass bei einem Werkstoff unter Wechselbeanspruchung auch eine Schädigung durch Korrosionsermüdung auftreten kann, wenn bei ruhender Beanspruchung noch keine wesentliche Korrosionsanfälligkeit festzustellen ist.

Der Spannungsrisskorrosion ist durch Verwendung weitgehend korrosionsbeständiger Werkstoffe, eines kathodischen Schutzes, eines Korrosionsschutzöl-Zusatzes im Beschickungsmedium oder durch konstruktive Maßnahmen (Vermeidung von Oberflächenkerben oder sonstigen Ungänzen mit entsprechender Kerbwirkung) zu begegnen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei Behältern mit sehr niedrigfrequenter zyklischer Innendruckbeanspruchung (z. B. ein- oder zweimaliges Füllen und Entleeren pro Tag) unter Druckwasserstoff kommt konstruktiven und fertigungstechnischen spannungsvermindernden Maßnahmen zur Vermeidung von Rissbildungen besondere Bedeutung zu (vgl. Abschnitte 10 und 11). Aufgrund von Erkenntnissen aus Schadensfällen sind hier bei zylindrischen Mantelschüssen im Längsschweißnahtbereich verlaufende dachförmige Formabweichungen oder Einziehungen möglichst gering zu halten. Die Zulässigkeit dieser Formabweichungen ist unabhängig von den im AD 2000-Merkblatt HP 1 angegebenen oberen Grenzwerten gesondert nachzuweisen.

13.2 Bei Stahlflaschen und nahtlos hergestellten Druckgasbehältern aus Vergütungsstählen (z. B. 34CrMo4) zum Transport von kaltem Druckwasserstoff kann zur Berechnung der zulässigen Lastspielzahl im Bereich von $10^3 \leq N \leq 5 \cdot 10^4$ sinngemäß nach Abschnitt 8.1 vorgegangen werden. Dabei ist der Oberflächen-Korrekturfaktor f_0 nach Formel (15) für den Oberflächenzustand „gewalzt oder stranggepresst“ zu berechnen.

Zur Berücksichtigung des Wasserstoffeinflusses ist die Lastspielzahl N_{zul} nach Formel (29) mit einem Abminderungsfaktor $f_N = 1/10$ entsprechend

$$N^*_{zul} = N_{zul} \cdot f_N \tag{39}$$

zu reduzieren.

13.3 Bei geschweißten Behältern unter Druckwasserstoff aus ferritischen Stählen mit Festigkeitskennwerten $K_{20} \leq 500$ N/mm² kann bei unbeschliffenen Schweißnähten sinngemäß nach Abschnitt 8.2 oder Anhang 4, Abschnitt 4.2 vorgegangen werden. Hierbei ist die nach Formel (31) berechnete Lastspielzahl sinngemäß Formel (39) mit einem spannungsabhängigen Abminderungsfaktor

$$f_N = \left(\frac{215}{2\,\sigma_{va}} \right)^5 \leq 1 \tag{40}$$

herabzusetzen, sofern $K_{20} \leq 355$ N/mm² beträgt (z. B. Feinkornbaustahl P355). Die Schweißnähte müssen hierbei den Anforderungen der Schweißnahtklasse K 1 genügen.

Bei Festigkeitskennwerten $K_{20} > 355$ N/mm² (z. B. Feinkornbaustahl P460) sind nur 50 % der unter Verwendung der Formeln (39) und (40) ermittelten Lastspielzahl als zulässig anzusetzen.

Bei Behältern aus ferritischen Stählen mit Festigkeitskennwerten K_{20} von $355 < K_{20} \leq 500$ N/mm², deren Bauteilbereiche ungeschweißt oder deren Schweißnähte kerbfrei geschliffen sind, kann die zulässige Lastspielzahl nach Abschnitt 8.1 bzw. 8.2 oder Anhang 4, Abschnitt 4.1 bzw. 4.2 unter Anwendung von Formel (39) mit einem Abminderungsfaktor

$$f_N = \left(\frac{215}{2\,\sigma_{va}} \right)^{1,6} \leq 1 \tag{41}$$

bestimmt werden, wobei ebenfalls Schweißnahtklasse K 1 vorausgesetzt wird und kleinere Werte als 0,5 nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Eine weitere Abminderung bei $K_{20} > 355$ N/mm² ist nicht erforderlich.

13.4 Bei wasserberührten Teilen aus ferritischen und martensitischen Stählen, die mit Temperaturen über 200 °C betrieben werden, ist auf die Erhaltung der Magnetitschutzschicht zu achten.

Siehe TRD 301 Anlage 1.

14 Maßnahmen bei Erreichen der rechnerischen Lebensdauer

14.1 Ist die bei der Lebensdauerberechnung eines Bauteils zugrunde gelegte Lastspielzahl N oder der zulässige Wert für die Gesamtschädigung nach Abschnitt 9, Formel (38) erreicht, sind an einigen hochbeanspruchten Stellen, die mit der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen sind, möglichst vollständig zerstörungsfreie Prüfungen gemäß Abschnitt 12.2 durchzuführen.

14.2 Werden bei den Prüfungen gemäß Abschnitt 14.1 keine Risse gefunden, so ist ein Weiterbetrieb bis zum Erreichen des zehnfachen Wertes der zulässigen Lastspielzahl N_{zul} oder der Schädigungssumme nach Formel (34) zulässig. Voraussetzung hierfür ist, dass bei den zerstörungsfreien Prüfungen, die in Prüfintervallen durchzuführen sind, die 50 % der Betriebsdauer nach Abschnitt 14.1 entsprechen, keine Ermüdungsschäden festgestellt werden. Nach Erreichen dieser Betriebszeit ist das weitere Vorgehen im Einzelnen entsprechend den nationalen Vorschriften mit den jeweils zuständigen Stellen abzustimmen.

Bei tiefen zulässigen Temperaturen unterhalb von −200 °C verkürzen sich die Prüfintervalle für die zerstörungsfreien Prüfungen von 50 % auf 25 % der Betriebsdauer nach Abschnitt 14.1.

14.3 Sollten bei den Prüfungen gemäß Abschnitt 14.1 oder Abschnitt 14.2 Risse oder rissartige Fehler im Sinne des AD 2000-Merkblattes HP 5/3, Abschnitt 5.2 bzw. Abschnitt 5.4 oder weitergehende Schädigungen festgestellt werden, ist das Bauteil oder das betreffende Konstruktionselement auszutauschen, es sei denn, dass durch geeignete Maßnahmen, die entsprechend den nationalen Vorschriften mit den jeweils zuständigen Stellen zu vereinbaren sind, ein Weiterbetrieb zulässig erscheint.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

14.4 Als konstruktive, herstellungstechnische und verfahrenstechnische Maßnahmen für einen Weiterbetrieb kommen in Frage:

(1) Beseitigung von Rissen durch Ausschleifen. Ergibt sich durch das Ausschleifen eine zu geringe Wanddicke, sind Reparaturschweißungen nur in Zusammenarbeit mit dem Hersteller und der zuständigen unabhängigen Stelle vorzunehmen;

(2) Kerbfreischleifen der Schweißnähte;

(3) Beseitigen von Verformungsbehinderungen, z. B. Ersatz anrissbehafteter starrer Verstrebungen durch verschiebbare Verbindungen;

(4) Konstruktionsänderungen im Hinblick auf günstigere Wärmeführung zwecks Vermeidung von Thermoschockbeanspruchungen, z. B. Stutzendurchführung durch die Behälterwandung in Doppelrohrausführung;

(5) Änderung der Betriebsweise.

14.5 Wird das Bauteil im Bereich hoher Temperaturen wechselnd betrieben, sind nach Erreichen von $e = 0{,}6$ die Prüfungen nach Abschnitt 14.1 durchzuführen. Nach Erreichen von $e = 1{,}0$ ist der Prüfumfang auf Oberflächengefügeuntersuchungen zu erweitern.

15 Zusätzliche Angaben

15.1 In allen Fällen, in denen Behälter für mehrere An- und Abfahrten pro Tag oder nach Abschnitt 9 vergleichbaren Druckschwankungen und für Betriebsweisen vorgesehen sind, die die Lebensdauer verringern (z. B. Korrosion, Wärmespannungen), ist dies dem Hersteller und der zuständigen unabhängigen Stelle vor der Entwurfsprüfung anzugeben. Es sind in diesen Fällen dem Betriebserfordernis angepasste Maßnahmen vorzusehen und gegebenenfalls zwischen Hersteller, Besteller/Betreiber und einer zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren und auf der entwurfsgeprüften Zeichnung und in der Bescheinigung über die Schlussprüfung einzutragen.

15.2 Im Falle von wechselndem Innendruck und/oder schnellen Temperaturänderungen sind anzugeben:

15.2.1 Anzahl der Druckschwankungen zwischen dem drucklosen Zustand und dem maximal zulässigen Druck (An- und Abfahrten).

15.2.2 Größter und kleinster Druck von Druckschwankungen konstanter Schwingbreite, die sich der Grundlast überlagern, und deren Betriebslastspielzahl.

15.2.3 Treten die Druckschwankungen der verschiedenen Lastzyklusgruppen eines vorgegebenen Betriebslastkollektivs bevorzugt in bestimmten Zeitabschnitten während der Gebrauchsdauer auf, ist die zeitliche Aufeinanderfolge der einzelnen Intervalle anzugeben.

15.2.4 Anfangs- und Endtemperaturen der Bauteilwandungen. Bei linearer Änderung der Temperatur ist außerdem die Aufheiz- und Abkühlungszeit oder die Temperaturänderungsgeschwindigkeit anzugeben. Für genauere Berechnungen sind Angaben über die zeitliche Zuordnung zwischen Druck- und Temperaturänderungen sowie über die Wärmeübergangszahlen zu machen. Diese Angaben sind in der Regel einer wärmetechnischen Berechnung zu entnehmen oder durch entsprechende Messungen zu ermitteln.

15.2.5 Treten Temperaturänderungen unterschiedlicher Schwingbreite auf, ist sinngemäß wie bei unregelmäßigen Druckschwankungen ein Temperatur-Lastkollektiv erforderlich.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

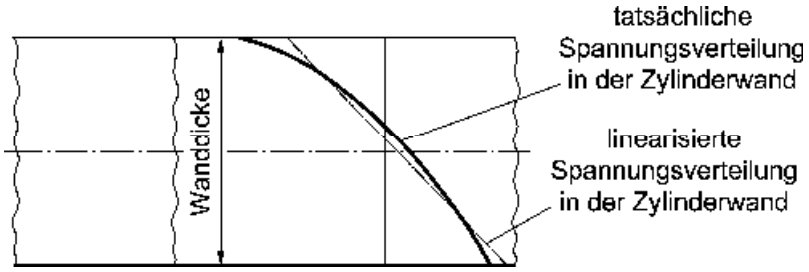


Bild 1a — Spannungsverteilung über die Wanddicke

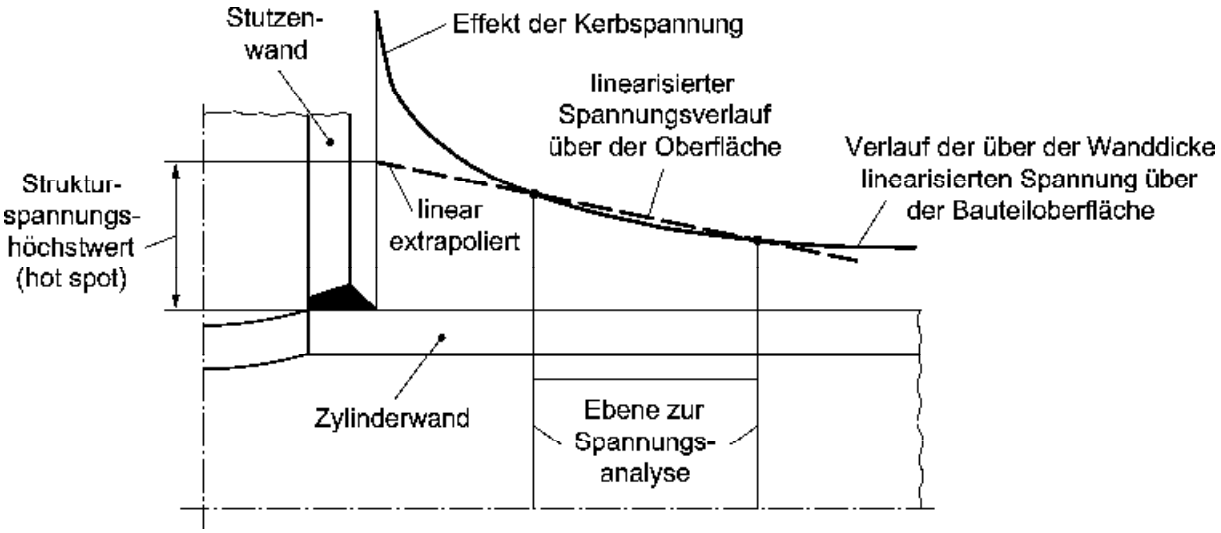


Bild 1b — Strukturspannungshöchstwerte am Schweißnahtübergang

Bild 1 — Beispiele für Spannungsverläufe

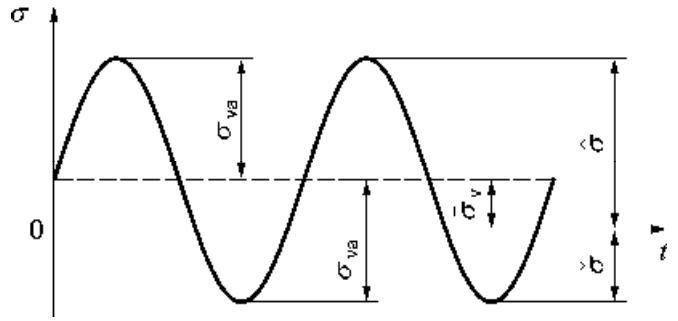


Bild 2 — Spannungsverlauf bei einachsiger Beanspruchung (schematisch)

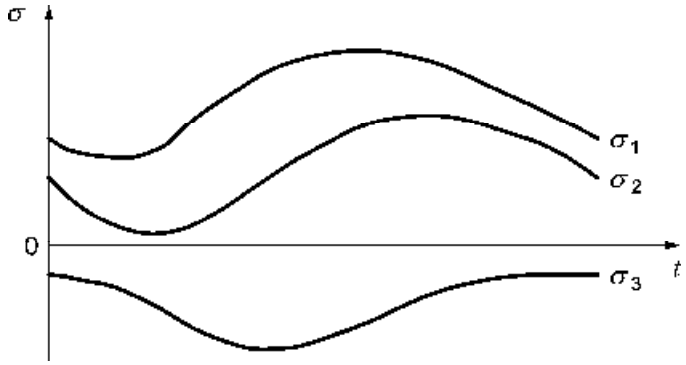


Bild 3 — Spannungsverlauf bei dreiachsiger Beanspruchung mit phasenverschobenen Hauptspannungen (schematisch)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

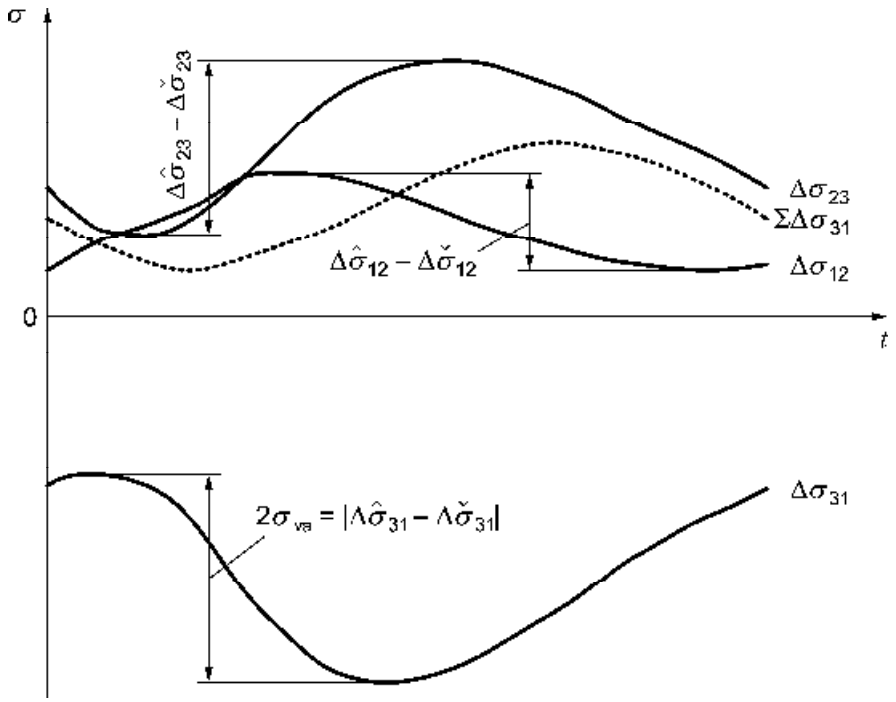


Bild 4 — Verlauf der Hauptspannungsdifferenzen, der maßgebenden Hauptspannungssumme und der Vergleichsspannungsschwingbreite 2 σ_{va} nach Bild 3

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

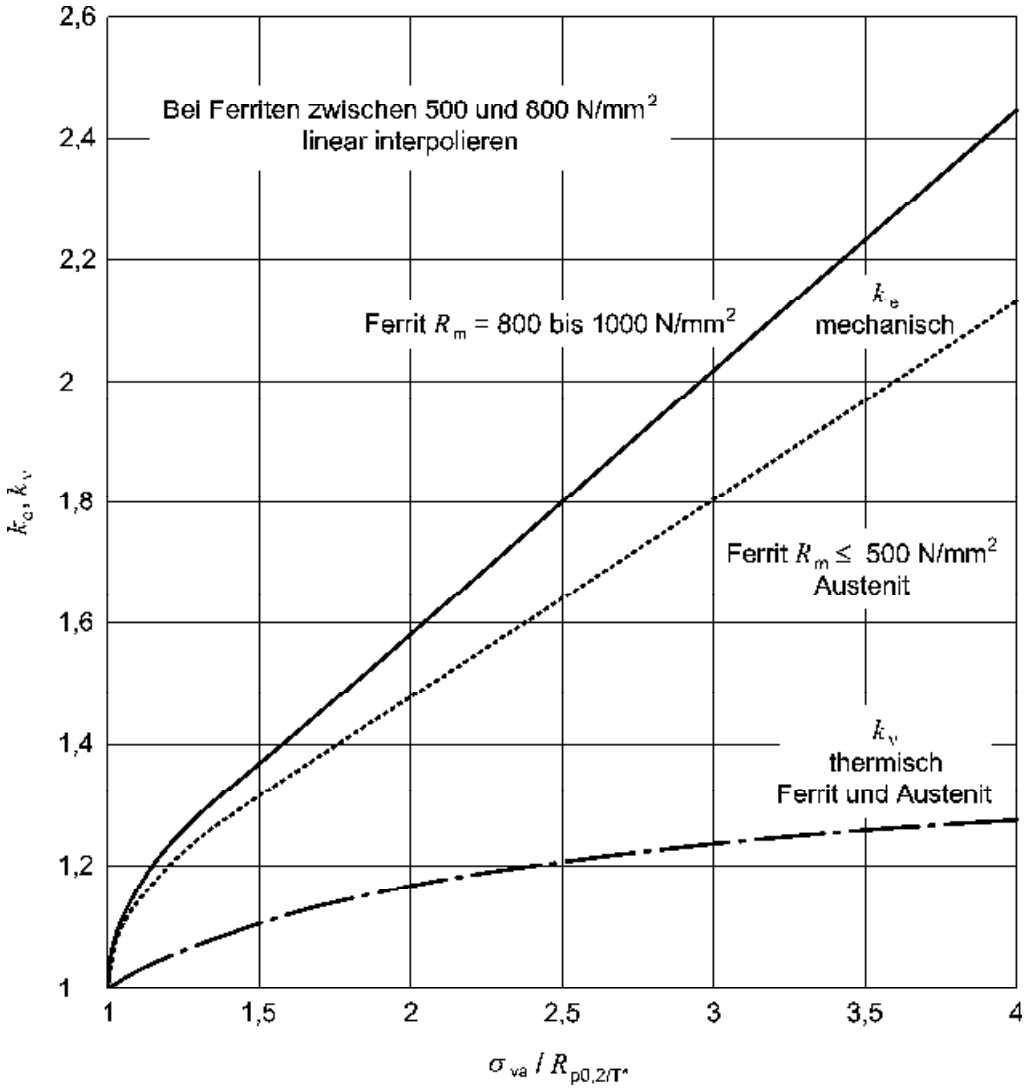


Bild 5 — Vergrößerungsfaktoren k_e und k_v zur Berücksichtigung überelastischer Dehnungen bei Überschreiten der zweifachen Streckgrenze

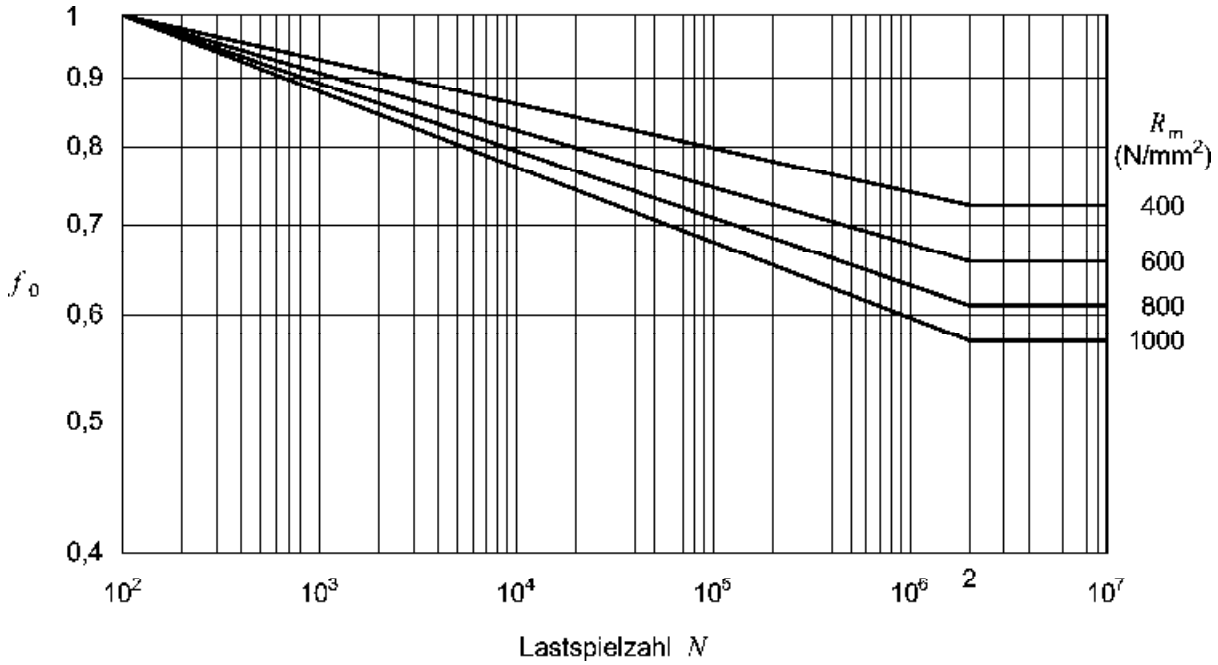


Bild 6 — Korrekturfaktor f_0 zur Berücksichtigung der Oberflächenkerbwirkung durch Walzhaut

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

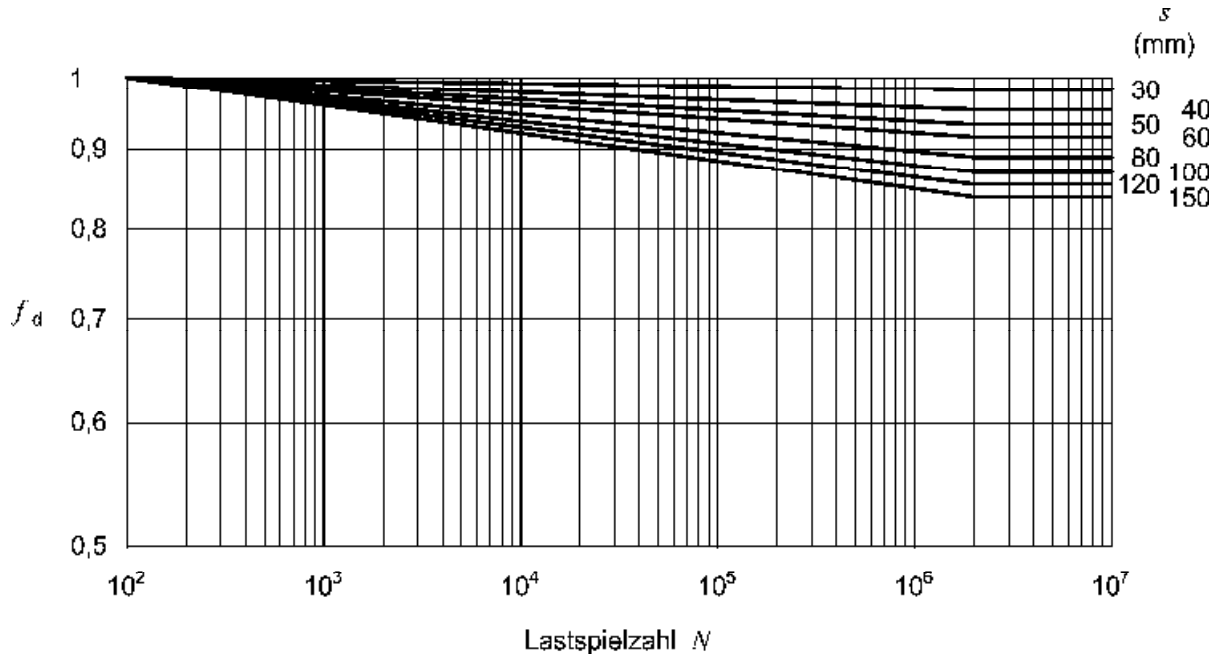


Bild 7 — Korrekturfaktor f_d zur Berücksichtigung des Wanddickeneinflusses bei ungeschweißten Bauteilen, blecheben geschliffenen Nähten und beim Kerbspannungsnachweis von Schweißverbindungen

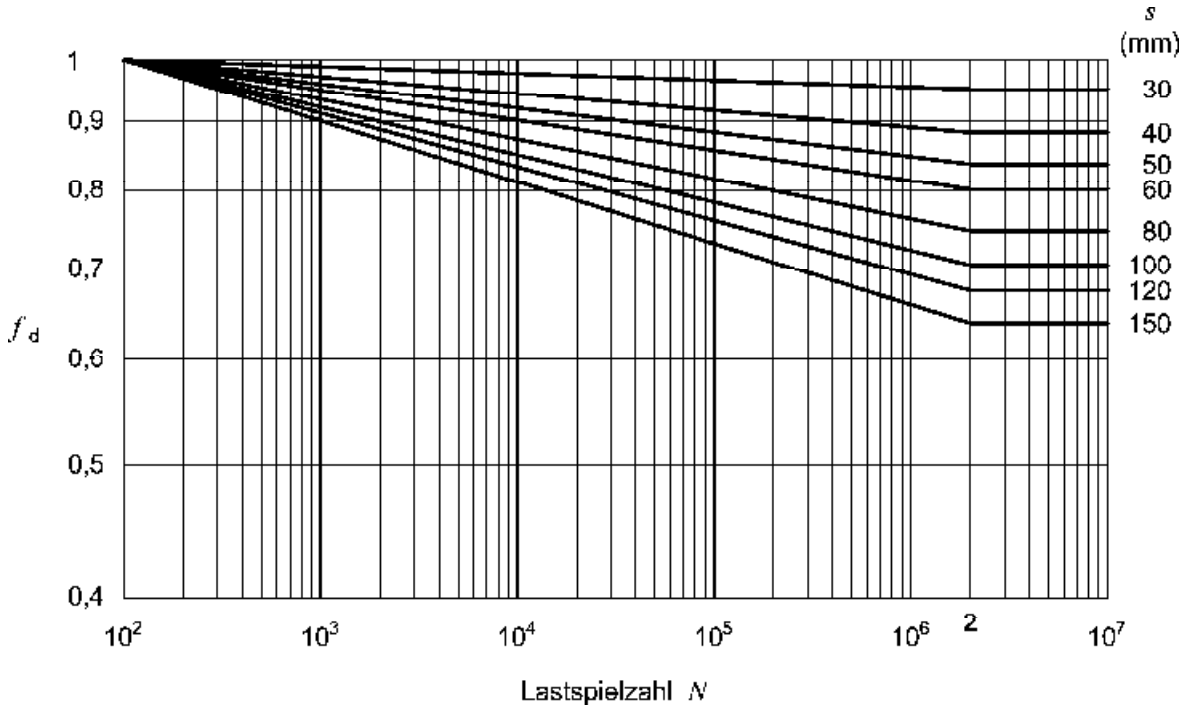


Bild 8 — Korrekturfaktor f_d zur Berücksichtigung des Wanddickeneinflusses bei unbearbeiteten oder nicht eben geschliffenen Schweißverbindungen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

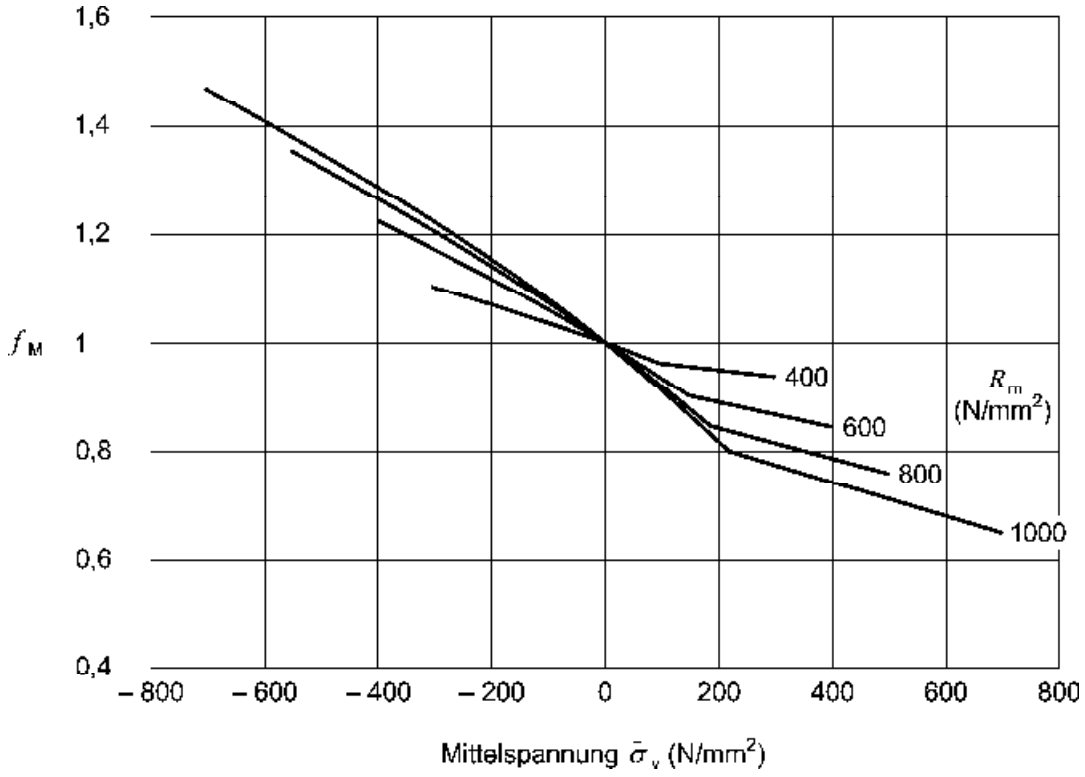


Bild 9 — Korrekturfaktor f_M zur Berücksichtigung des Mittelspannungseinflusses für den Dauerfestigkeitsbereich ($N \geq 2 \cdot 10^6$)

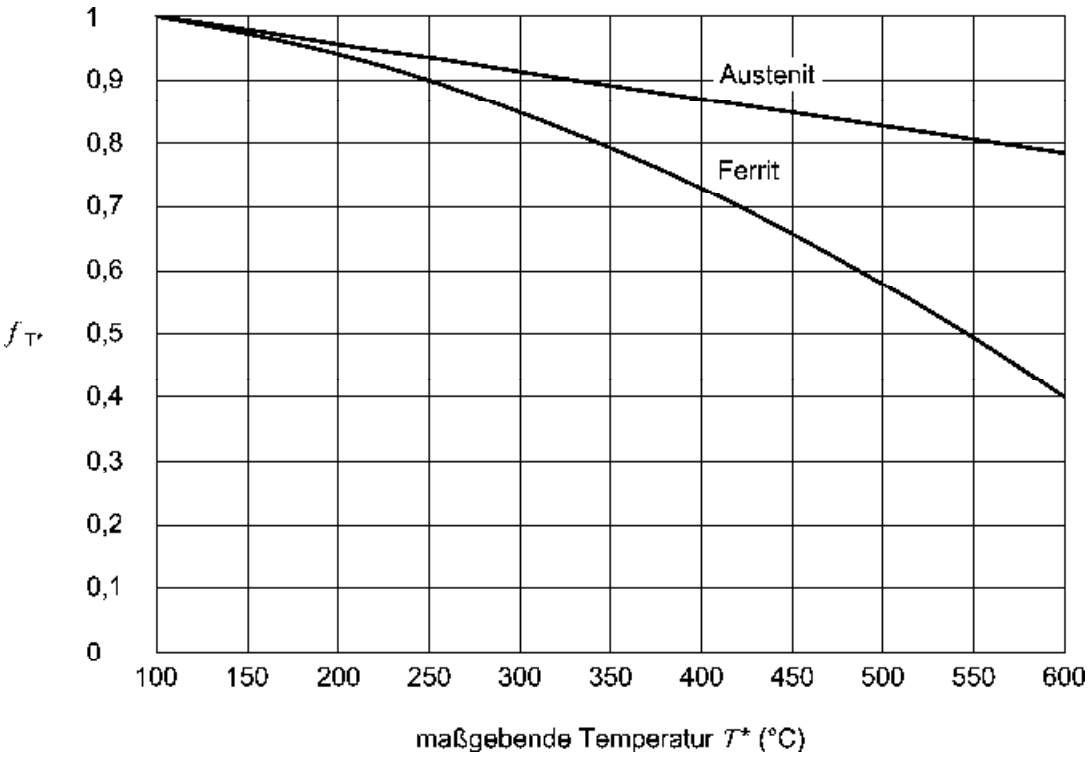


Bild 10 — Korrekturfaktor f_{T^*} zur Berücksichtigung des Temperatureinflusses

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

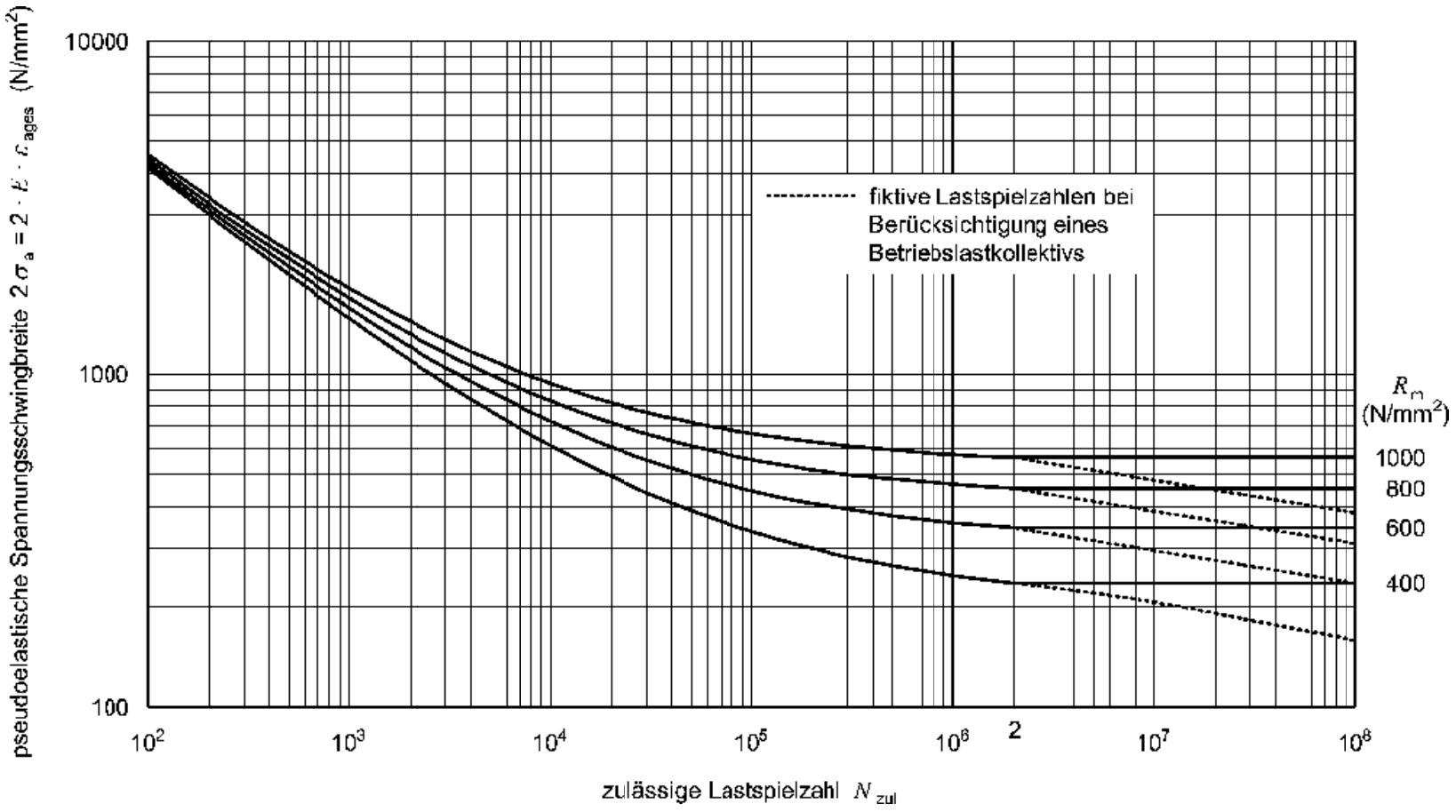


Bild 11 — Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite für ungekerbte Probestäbe aus warmfesten ferritischen und austenitischen Walz- und Schmiedestählen bei Raumtemperatur und $\bar{\sigma} = 0$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

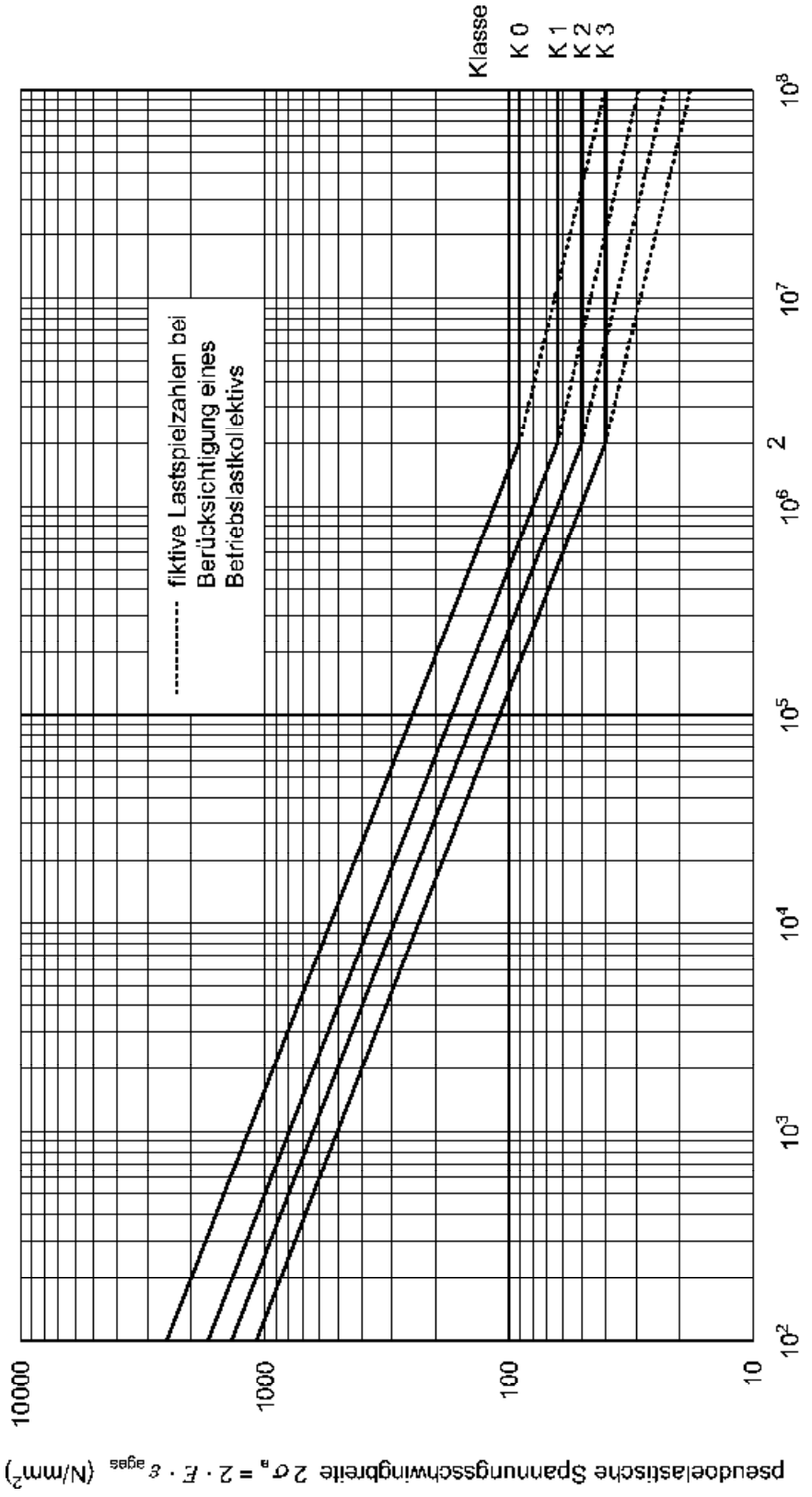
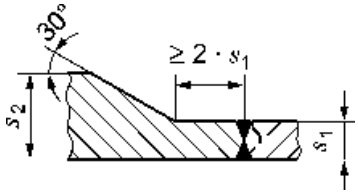
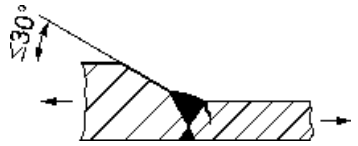
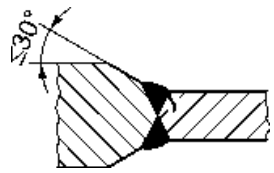
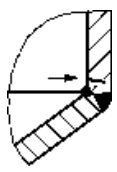
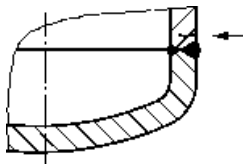


Bild 12 — Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite für Schweißverbindungen aus warmfesten ferritischen und austenitischen Walz- und Schmiedestählen bei Raumtemperatur ($\bar{\sigma}$-unabhängig)

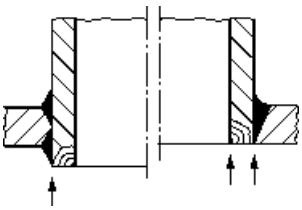
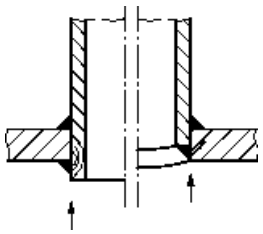
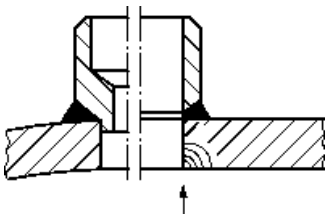
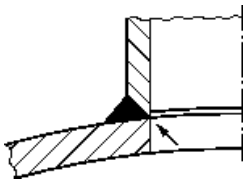
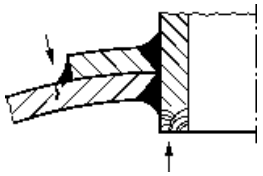
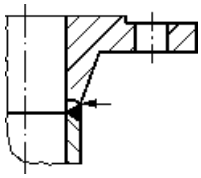
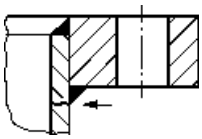
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 5 — Beispiele von Schweißverbindungen mit den zugeordneten Nahtklassen K 1, K 2 und K3, abhängig von der Art des Spannungsnachweises (eingezeichnete Rissverläufe beispielhaft)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Nahtklasse für Spannungsnachweis 1 o. 2	
				1	2
1. Zylindrische und kegelförmige Mäntel, gewölbte Böden					
1.1		Längs- oder Rundnaht bei gleichen Wanddicken	beidseitig geschweißt	K 1	K 1
1.2			einseitig geschweißt mit Gegennaht	K 1	K 1
1.3			einseitig geschweißt ohne Gegennaht	K 2	K 2
1.4		Längs- oder Rundnaht bei ungleichen Wanddicken	beidseitig geschweißt	K 1	K 1
1.5				K 2[7)]	K 1
1.6				K 3	K 1
1.7			beidseitig geschweißt, Kantenversatz innen und außen gleich	K 1[7)]	K 1
1.8				K 1	K 1
1.9				K 2	K 1
1.10		Kegelanschlussnaht	beidseitig geschweißt oder einseitig geschweißt mit Gegennaht	–	K 1
1.11			einseitig geschweißt ohne Gegennaht	–	K 3
1.12		Bodenanschlussnaht bei gewölbten Böden mit zylindrischen Bordhöhen nach AD 2000-Merkblatt B 3	Spannungsnachweis 2: Beschreibung der Schweißverbindungen, Voraussetzungen und zugeordnete Nahtklassen siehe Beispiele lfd. Nr. 1.1 bis 1.9		

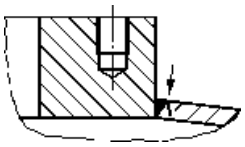
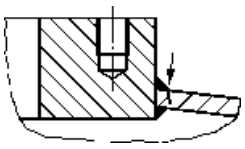
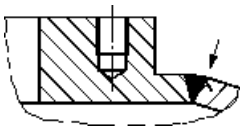
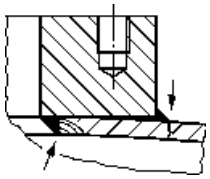
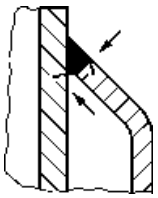
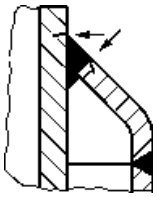
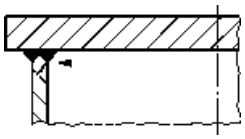
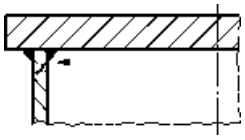
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 5 (*fortgesetzt*)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Nahtklasse für Spannungsnachweis 1 o. 2	
				1	2
2. Stutzeneinschweißungen					
2.1		Stutzen durchgesteckt oder eingesetzt	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	–	K 1
2.2			einseitig durchgeschweißt ohne Gegennaht	–	K 2
2.3		Stutzen durchgesteckt (in der Darstellung: linke Ausführung)	beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	–	K 2
2.4		Stutzen eingesetzt (in der Darstellung: rechte Ausführung)		–	K 3
2.5		Stutzen aufgesetzt	einseitig durchgeschweißt (ohne Restspalt), Stutzen ausgebohrt oder Wurzel überschliffen	–	K 1
2.6			einseitig durchgeschweißt, ohne Gegennaht oder ohne mechanische Bearbeitung der Wurzel	–	K 2
2.7		Stutzen mit scheibenförmiger Verstärkung. Naht: Scheiben-Außendurchmesser		–	K 3
2.8		Stutzen mit scheibenförmiger Verstärkung. Naht: Stutzeneinschweißung	Verbindung Stutzenrohr mit Grundkörper und Verstärkungsscheibe durchgeschweißt	–	K 1
3. Flansche und Blockflansche					
3.1		Vorschweißflansch	beidseitig geschweißt oder einseitig geschweißt mit Gegennaht	–	K 1
3.2			einseitig geschweißt ohne Gegennaht	–	K 2
3.3		Aufschweißflansch	Nahtausführung nach AD 2000-Merkblatt B 8, Tafel 1	–	K 2

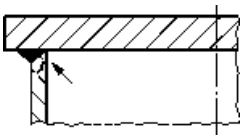
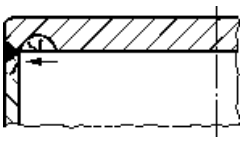
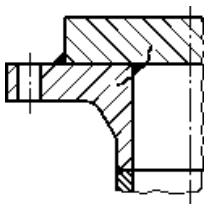
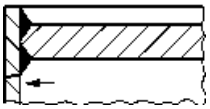
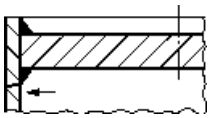
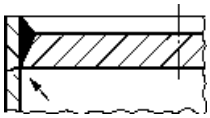
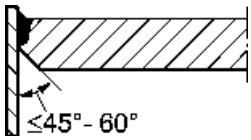
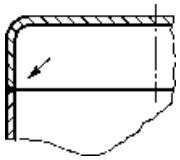
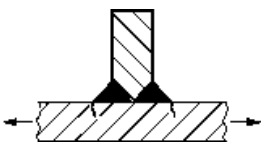
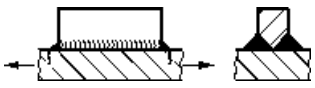
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 5 (*fortgesetzt*)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Nahtklasse für Spannungsnachweis 1 o. 2	
				1	2
3.4		eingesetzter Blockflansch	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	–	K 1
3.5			beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	–	K 2
3.6		eingesetzter Blockflansch mit Schweißansatz	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	–	K 1
3.7		aufgesetzter Blockflansch, Naht am Innendurchmesser (in der Darstellung: linke Naht)		–	K 3
		aufgesetzter Blockflansch, Naht am Außendurchmesser (in der Darstellung: rechte Naht)		–	K 2
4. Doppelmantel — Anschlussnähte					
4.1		mit angeformter Krempe: Die Bewertung gilt sowohl für die Innenbehälterwand als auch für die Verbindungsnaht selbst.	einseitig durchgeschweißt	–	K 2
4.2		mit separater Krempe: Die Bewertung gilt sowohl für die Innenbehälterwand als auch für die Verbindungsnaht zwischen Krempe und Behälterwand. (Die Verbindungsnaht zwischen Krempe und Außenmantel wird nach lfd. Nr. 1.3 mit K 2 bewertet.)	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	–	K 1
5. Anschlussschweißnähte ebener Böden					
5.1		aufgeschweißter Boden	beidseitig durchgeschweißt	–	K 1
5.2			beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	–	K 2

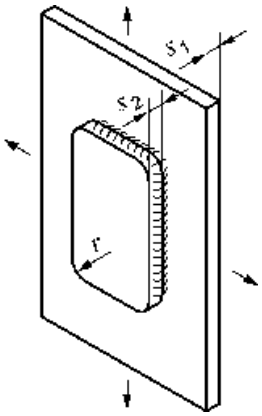
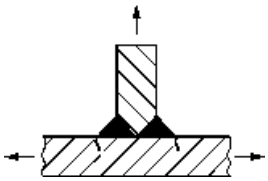
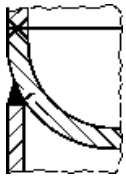
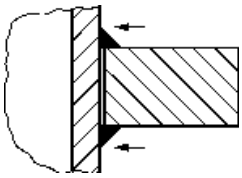
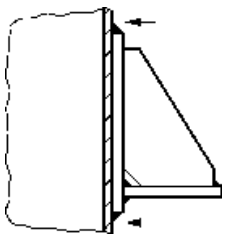
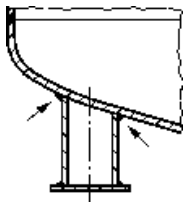
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 5 (*fortgesetzt*)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Nahtklasse für Spannungsnachweis 1 o. 2	
				1	2
5.3		aufgeschweißter Boden	einseitig geschweißt ohne Gegennaht	–	K 3
5.4		aufgeschweißter Boden mit Entlastungsnut	einseitig geschweißt, Nutabmessung entsprechend AD 2000-Merkblatt B 5, Tafel 1, Ausführungsform e	–	K 2
5.5		mit einem Auf- oder Vorschweißflansch verschweißter Boden	beidseitig mit Kehlnähten verschweißt	–	K 2
5.6		eingeschweißter Boden	beidseitig durchgeschweißt oder einseitig durchgeschweißt mit Gegennaht	–	K 1
5.7			beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	–	K 2
5.8			einseitig geschweißt	–	K 3
5.9		partiell durchgeschweißter Boden	einseitig geschweißt	–	K 3
5.10		gekrempter, geschmiedeter oder gepresster Boden	Krempenradius und Bordhöhe entsprechend AD 2000-Merkblatt B 5, Tafel 1, Ausführungsformen a und b. Beschreibung der Schweißverbindungen, Voraussetzungen und zugeordnete Nahtklassen siehe Beispiele lfd. Nr. 1.1 bis 1.3		
6. Anschweißteile, allgemein[8)]					
6.1		Anschweißteile ohne Einleitung von wechselnden Zusatzkräften oder -momenten	beidseitig durchgeschweißt	K 1	–
6.2			beidseitig mit Kehlnaht verschweißt	K 2	–
6.3			beidseitig durchgeschweißt	K 2	K 1[9)]
6.4			beidseitig mit Kehlnaht verschweißt	K 3	K 2[9)]

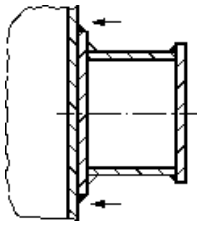
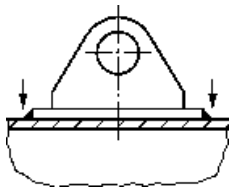
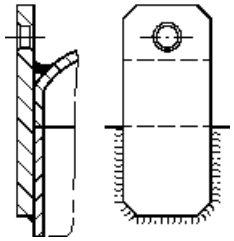
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 5 (*fortgesetzt*)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Nahtklasse für Spannungsnachweis 1 o. 2	
				1	2
6.5		Verstärkungsblech, Futterblech mit Kehlnahtanschluss. Keine Einleitung von wechselnden Zusatzkräften oder -momenten	$s_2 \leq 1{,}5 \cdot s_1$ $r \geq 2 \cdot s_2$	K 2	–
6.6		Anschweißteile mit Einleitung von wechselnden Zusatzkräften oder -momenten	beidseitig durchgeschweißt	–	K 1
6.7			beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	–	K 2
7. Anschweißteile ohne Einleitung von wechselnden Zusatzkräften oder -momenten, Beispiele[9)]					
7.1		Behälter mit Standzargenanschluss	einseitig geschweißt	K 2	–
7.2		Behälterwand mit Tragring	beidseitig, aber nicht durchgeschweißt	K 2	–
7.3		Behälterwand mit Versteifungsring (bei Beanspruchung durch äußeren Überdruck)			
7.4			in Umfangsrichtung unterbrochen geschweißt	K 3	–
7.5		Behälterwand mit Tragpratze (mit und ohne Futterblech)	einseitig geschweißt	K 2	–
7.6		Behälterwand mit Fuß (mit und ohne Futterblech)	einseitig geschweißt	K 2	–

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 5 (*fortgesetzt*)

lfd. Nr.	Darstellung	Beschreibung	Voraussetzung	Nahtklasse für Spannungsnachweis 1 o. 2	
				1	2
7.7		Behälterwand mit Tragzapfen (mit und ohne Futterblech)	einseitig geschweißt	K 2	–
7.8		Behälterwand mit Tragöse (mit und ohne Futterblech)	einseitig geschweißt	K 2	–
7.9		Behälterwand mit Traglasche	einseitig geschweißt	K 2	–

7) Zulässige Wanddickenverhältnisse und zulässiger Versatz siehe AD 2000-Merkblatt HP 5/1. Es gelten die Werte für Längsnähte.

8) Voraussetzung: Äußerer Befund nach DIN EN ISO 5817, Bewertungsgruppe B, ausschließlich der Merkmale Nahtüberhöhung und Deckenlagenunterwölbung sowie Ungleichschenkligkeit, für die Bewertungsgruppe C gilt.

9) Die Bewertung bezieht sich auf die Rippenmitte. Für das Rippenende ist die Bewertung jeweils eine Klasse schlechter.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt S 2

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt S 2

Die Ausgabe des AD 2000-Merkblattes S 2 stellt eine Weiterentwicklung unter Berücksichtigung des in den letzten Jahren angefallenen Erkenntniszuwachses auf dem Fachgebiet „Ermüdung“ und anderer internationaler Vorschriften über Schwingfestigkeitsnachweise (z. B. Eurocode Nr. 3, [76]) dar.

Es sind folgende Teilaspekte überarbeitet bzw. neu aufgenommen:

1. Getrennte Angabe von Ermüdungskurven für ungeschweißte und geschweißte Bauteile unter Einbezug austenitischer Werkstoffe,
2. Berechnung der maßgebenden Spannungsschwingbreite im überelastisch beanspruchten Bereich über Vergrößerungsfaktoren k_e und k_ν für mechanische und thermische Beanspruchungen,
3. Änderung bzw. Ergänzung von Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung von Oberflächen-, Mittelspannungs-, Größen- und Temperatureinfluss,
4. Berücksichtigung des Einflusses von Druckwasserstoff-Medium auf das Ermüdungsverhalten.

Erläuterung zu Abschnitt 1

Die Lastspielzahlkurven sowie die eingearbeiteten Lastspielzahl- und Spannungssicherheitsbeiwerte sind auf zähe Walz- und Schmiedestähle im Sinne des AD 2000-Regelwerkes abgestimmt, die ein lineares Spannungs-Dehnungs-Verhalten aufweisen und deren Eigenschaften hinreichend homogen und isotrop sind. Bei hochfesten Stählen mit großem Streckgrenz-Zugfestigkeits-Verhältnis ist deshalb auf strikte Einhaltung aller Werkstoffanforderungen nach den Werkstoffblättern besonders zu achten (siehe auch Erläuterungen zu Formel (14)). Dieses AD 2000-Merkblatt kann nicht auf Stahlguss oder andere metallische Werkstoffe, z. B. Nichteisenmetalle, übertragen werden, da diese Werkstoffe andere Ermüdungsfestigkeitseigenschaften aufweisen.

Die Anwendung dieses AD 2000-Merkblattes im Bereich kleiner Lastspielzahlen ersetzt nicht eine eventuell erforderliche Absicherung gegen Sprödbruch-Versagen beim Einsatz hochfester Stähle.

Erläuterung zu Formel (1)

Bei der Lebensdauervorhersage für Lastzyklen mit wechselnden Temperaturen wird davon ausgegangen, dass die aus isothermischen Ermüdungsversuchen ermittelten Versuchsergebnisse auf nicht isothermische Belastungsvorgänge übertragbar sind. Nach Versuchen von *Wellinger* und *Idler* [28] liegen bei Ermüdungsversuchen mit wechselnden Temperaturen die erreichten Lastspielzahlen zwischen den Versuchspunkten, die bei konstanten Lastzyklustemperaturen erzielt wurden. In keinem Fall wurde beobachtet, dass bei wechselnder Temperatur die Bruch- oder Anrisslastspielzahl niedriger lag als bei konstanter Höchsttemperatur mit jeweils gleicher Schwingbreite.

Als für die Ermüdung durch Wechselbeanspruchung maßgebende Temperatur eines Lastzyklus wird deshalb eine Temperatur bestimmt, die zwischen der oberen und unteren Temperaturgrenze liegt. Bis zum Vorliegen weiterer Erkenntnisse wird hierfür mit der Formel (1) dieses Merkblattes gerechnet.

Erläuterung zu Abschnitt 4.1

Bei örtlichen Krafteinleitungen können gemäß dem Prinzip von *St. Venant* nichtlineare Spannungsverteilungen im Querschnitt auftreten. Dies gilt umso mehr, je näher die zu untersuchende Stelle am Kraftangriff liegt.

Dieses Prinzip von *St. Venant* sagt aus, dass dann, wenn die auf einen kleinen Teil der Oberfläche eines elastischen Körpers wirkende Kraft durch ein äquivalentes Kräftesystem ersetzt wird, diese Belastungsumverteilung wesentliche Änderungen der örtlichen Spannungen hervorruft, aber einen vernachlässigbaren Spannungseffekt bei solchen Entfernungen hat, die groß sind im Vergleich zu den Abmessungen der belasteten Oberfläche.

Erläuterung zu Abschnitt 5

Im Abschnitt 5 dieses Merkblattes wurde die Tresca-Hypothese (Schubspannungshypothese, SSH) bevorzugt verwendet, da die in den AD 2000-Merkblättern der Reihe B enthaltenen Berechnungsregeln in den meisten Fällen auf der Tresca-Hypothese beruhen. Gemäß Abschnitt 2.7 dieses Merkblattes bleibt es dem Benutzer freigestellt, auch die Hypothese von *Mises* (Gestaltänderungsenergiehypothese, GEH) anzuwenden. Einerseits führt die Berechnung der Vergleichsspannungen nach der GEH zu etwas günstigeren Ergebnissen als nach der SSH, andererseits kann die Anwendung der SSH, insbesondere bei mehrachsiger Beanspruchung, wegen ihres einfacheren Aufbaues vorteilhafter sein.

Bei zeitlich sich verändernder Lage der Hauptspannungsrichtungen gibt [2] eine Methode an, wie die Vergleichsspannungsschwingbreite zur Ermittlung der maßgebenden Spannungsschwingbreite bestimmt werden kann.

Die Berechnungsvorschrift zur Bestimmung der Vergleichsspannungsschwingbreite nach [2] führt im Falle konstanter Hauptspannungsrichtungen zu dem gleichen Ergebnis wie nach Abschnitt 5 dieses Merkblattes.

Erläuterungen zu Formeln (8) und (9)

Ist die Vergleichsspannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va}$ rein linear-elastisch berechnet und wird die zweifache Streckgrenze überschritten, muss die überproportionale Dehnungszunahme im überelastischen Bereich durch Ermittlung einer globalen plastischen Spannungsschwingbreite (maßgebende Spannungsschwingbreite $2\,\sigma^*_{va}$) berücksichtigt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anstelle der bisher angewendeten Neuber-Regel, die bei großen linear-elastisch gerechneten Kerbspannungen die Gesamtdehnung überschätzt [63, 64], wurden analog der Vorgehensweise im ASME-Code Spannungs-Vergrößerungsfaktoren k_e bzw. k_ν für mechanische und thermische Beanspruchungen eingeführt.

Hierzu wurden unter Anwendung von Näherungsformeln nach *Dixon*/*Strannigan* und *Kühnapfel*/*Troost* [65] Kennwerte des zyklischen Werkstoff-Verhaltens aus zahlreichen Versuchsreihen aus der Werkstoff-Datensammlung von *Boller* und *Seeger* [69] ausgewertet. Die beiden im Bild 5 dieses AD 2000-Merkblattes angegebenen k_e-Kurven, die mit den Formeln (8) und (9) beschrieben werden können, entsprechen etwa der oberen Begrenzung des Streufeldes der hiernach ermittelten k_e-Kurven für die verschiedenen Werkstoffgruppen. Hierbei wurde das überelastische Verhalten einiger Werkstoffe unterhalb der „statischen" Streckgrenze (Werkstoffentfestigung) außer Acht gelassen und die untere Grenze für eine Korrektur der linear-elastisch berechneten Spannung auf $\sigma_{vap}/R_{p0,2/T^*} = 1{,}0$ pragmatisch festgelegt. Die hiernach berechneten k_e-Faktoren sind auch vergleichbar mit den im AD 2000-Merkblatt B 13 Formel (12) zu ermittelnden f_2-Faktoren zur Berücksichtigung überelastischer Verformungen. Weitere Einzelheiten hierzu sind in [92] beschrieben.

Erläuterung zu Formel (11)

Mit Formel (11) wird die globale Spannungserhöhung für thermische Belastung in Dickenrichtung der Wandungen bei Spannungsschwingbreiten oberhalb der zweifachen Streckgrenze berechnet. Die Formel wurde aus [80] übernommen und basiert auf einer Betrachtung zu Wärmedehnungen im elastischen und überelastischen Bereich und vereinfachender Annahme eines ideal elastisch-plastischen Werkstoffverhaltens.

Erläuterung zu Formel (12)

Formel (12) beinhaltet eine Näherungslösung zur Überlagerung mechanischer und thermischer Belastungen.

Erläuterung zu Formel (14)

Zwecks einfacherer Handhabung werden in dieser Neuausgabe Lastspielzahlkurven angegeben, in denen Lastspielzahl- und Spannungssicherheitsbeiwerte bereits eingearbeitet sind.

Grundlagen der Formel (14) sind die in den bisherigen Ausgaben dieses AD 2000-Merkblattes enthaltenen Anrisslastspielzahlkurven (vgl. Bild A.7 dieses Anhangs). Diesem Bild liegen dehnungs- und spannungskontrollierte Schwingversuche unter Zug-Druck bzw. Biegung mehrerer Institute zugrunde, deren Ergebnisse in [4] bis [26] veröffentlicht wurden. Hierbei wurde die Lebensdauer überwiegend für das Versagenskriterium Bruch ermittelt. Die Ergebnisse von Anriss-Lebensdauerversuchen liegen im Streufeld von Bruch-Lastspielzahlen entsprechender Werkstoffproben. Bei kleinen ungekerbten Proben steht nach Auftreten eines technischen Anrisses der Bruch bald bevor ($N_a \approx 0{,}8 \cdot N_{Bruch}$). Es ist deshalb statthaft, die auf der Basis sowohl von Bruch- als auch von Anrisslebensdauerwerten kleiner Proben festgelegten Lebensdauerkurven eines Bauteils (mit in der Regel größeren Abmessungen als denen der Proben) als Lebensdauerkurven bis zum technischen Anriss zu betrachten, zumal auch die Bauteile mehr oder weniger große Mikro- und Makrokerbwirkung aufweisen und damit rissempfindlicher sind.

Zwecks optimaler Werkstoffausnutzung (z. B. bei der Dimensionierung von ungeschweißten Hochdruckbehältern) wurde das Ansteigen der Schwingfestigkeit im Bereich höherer Lastspielzahlen mit zunehmender Zugfestigkeit durch Einführung von R_m als Lastspielzahl-Parameter berücksichtigt. Die Lastspielzahl, von der ab die Lastspielzahlkurven horizontal verlaufen, wurde einheitlich zu $2 \cdot 10^6$ festgelegt (fiktive Dauerfestigkeit). Das mittlere Verhältnis der Zug-Druck-Dauerwechselfestigkeit zur Zugfestigkeit ungekerbter glatter Proben aus Stählen mit Zugfestigkeiten bis zu 1300 N/mm^2 ist mit 0,46 statistisch genügend abgesichert [26]. Unter Berücksichtigung eines pauschalen Abminderungsfaktors von 1,15 für einen evtl. zu berücksichtigenden Dauerfestigkeits-Größeneinfluss ist deshalb für die Spannungsschwingbreite bei Dauerfestigkeit und Mittelspannung Null bisher $2\,\sigma_{va} = 0{,}8 \cdot R_m$ angesetzt worden.

Im Zeitfestigkeitsbereich können die Kurven nach Bild A.7 ebenfalls als Mittelwertkurven bewertet werden.

Im Rahmen der Überarbeitung dieses AD 2000-Merkblattes wurden ergänzende Auswertungen von Versuchsdaten für ungekerbte Probestäbe aus der Datensammlung von *Boller* und *Seeger* [69] durchgeführt. Die Auswertungen haben gezeigt, dass die Anrisslastspielzahlkurven nach Bild A.7 auch nach derzeitigem Kenntnisstand als Grundlage für Auslegungs-Lastspielzahlkurven benutzt und hiernach auch austenitische Werkstoffe beurteilt werden können. Bild A.8 dieses Anhanges zeigt beispielsweise einen Vergleich zwischen Versuchsdaten hochfester zäher Stähle mit zulässigen Lastspielzahlen für $R_m = 1000$ N/mm^2 nach diesem AD 2000-Merkblatt. Weitere Einzelheiten hierzu siehe [92].

Zur Festlegung von Auslegungs-Lastspielzahlkurven sind Sicherheitsbeiwerte nach statistischen Gesichtspunkten festgelegt worden.

Der Lastspielsicherheitsbeiwert S_N berechnet sich unter Voraussetzung Gauß'scher Normalverteilung der Lastspielzahlstreuung in Abhängigkeit vom Streumaß $1/T_N$ und von der Ausfallwahrscheinlichkeit P_A aus

$$S_N = 10^{\,z\,\frac{\lg(1/T_N)}{2{,}564}}$$

mit $z = f(P_A)$ nach folgender Tabelle

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

P_A	z
50 %	0
10 %	1,28
1 %	2,33
0,1 %	3,09
0,01 %	3,72

Statistische Auswertungen zur Lebensdauerstreuung von glatten Probestäben, Schweißverbindungen, Rohrleitungen und zylindrischen Behälterschüssen mit Abzweigungen im Lastspielbereich von ca. 10^4 bis 10^6 [6, 25, 39, 52 u. a.] haben gezeigt, dass in erster Näherung von einer Gauß'schen Normalverteilung der Messergebnisse ausgegangen werden kann und dass bei der Lebensdauervorhersage von Bauteilen im Bereich von $2 \cdot 10^4 < N_A < 10^6$ je nach Höhe der Spannungsschwingbreiten mit Streuspannen T_N = 1:3 bis 1:6 gerechnet werden muss (vgl. Bild A.3 dieses Anhangs). Unter Bezugnahme auf die als Mittelwerte zu bewertenden Anriss-Lebensdauerkurven des Bildes A.7 und auf eine für viele Druckbehälter praktikable Ausfallwahrscheinlichkeit von P_A = 0,01 % bis 0,1 % ergibt sich unter der Voraussetzung Gauß'scher Normalverteilung z. B. für die Streuspanne T_N = 1:5 eine statistisch begründete Mindest-Lastspielsicherheit von $S_L \approx 10$ (vgl. Bild A.5b dieses Anhangs). Gleichartige Betrachtungen zur Streuung der Spannungsschwingbreite im Dauerfestigkeitsbereich führen zu einer Spannungs-Streuspanne T_σ = 1:1,4 zwischen $P_ü$ = 10 und 90 % und unter Zugrundelegung oben genannter Ausfallwahrscheinlichkeit von 0,01 % zu einer Mindest-Spannungssicherheit von 1,63 für die Dauerfestigkeit (vgl. Bild A.5a dieses Anhangs).

Die Berücksichtigung der o. a. Sicherheitsabstände, die Eliminierung des pauschalen Größeneinflussfaktors 1,15 im Dauerfestigkeitsbereich und die Glättung der Unstetigkeitsstellen führen zu Auslegungs-Lastspielzahlkurven, die mit ausreichender Genauigkeit mit der Approximationsformel (14) beschrieben werden können. Bezogen auf eine mittlere Dauerfestigkeit $2\,\sigma_a = 2 \cdot 0{,}45 \cdot R_m$ nach Schätzformel von *Schütz* u. a. [68] ergeben sich hiernach Spannungssicherheiten bei $N \geq 2 \cdot 10^6$ von S = 1,5 bis 1,57, was einer Ausfallwahrscheinlichkeit von ca. 0,1 % entspricht (vgl. Bild A.5a dieses Anhangs).

Erläuterung zu Formeln (15) und (16)

Aufgrund fehlender detaillierter Angaben zur Oberflächenfeingestalt in den meisten Beschreibungen von Ermüdungsversuchen hängen die Ergebnisse aus einzelnen Versuchsreihen von weitgehend unbekannten Einflüssen ab, was wiederum zu einer relativ großen Streubreite der Versuchsergebnisse führt.

Die bisher in der Ausgabe 3.90 des AD-Merkblattes S 2 enthaltenen Oberflächenkorrekturfaktoren orientierten sich nach den in verschiedenen Veröffentlichungen und Technischen Regeln [6, 16, 32 bis 35] vorgeschlagenen Näherungsformeln und Diagrammen zur Abschätzung der Kerbwirkung von Walzhautoberflächen im Dauerfestigkeitsbereich von R_m = 400 bis 1000 N/mm^2. In dieser Ausgabe wurde mit Formel (16) der Oberflächeneinfluss im Dauerfestigkeitsbereich nach [54] übernommen. Hiernach ergeben sich teilweise etwas geringere Korrekturfaktoren, jedoch eine bessere Anpassung an die Lebensdauerkurven für Schweißverbindungen.

Dehnungs- sowie spannungsgesteuerte Ermüdungsversuche im Zeitfestigkeitsgebiet zeigen, dass der Oberflächeneinfluss mit abnehmender Lastspielzahl kleiner wird und im Bereich unterhalb von ca. 10^2 Lastspielen nicht mehr vorhanden ist [6, 11, 36 bis 38]. Ausgehend von diesen Untersuchungen wurde mit Formel (15) eine lineare Lastspielzahlabhängigkeit im doppeltlogarithmischen Maßstab postuliert.

Erläuterung zu Formeln (17) und (18)

Formel (18) basiert auf einer Literaturauswertung in [85] zur Problematik des Schwingfestigkeitsabfalls mit zunehmender Bauteilgröße. Mit Formel (17) wurde die gleiche Gesetzmäßigkeit der Lastspielzahlabhängigkeit wie nach (15) angenommen.

Erläuterung zu Formeln (19) bis (21)

Der Mittelspannungseinfluss auf die Schwingfestigkeit wurde bisher nach der Gerber-Formel berücksichtigt, die nach neueren Erkenntnissen die Festigkeitsabhängigkeit (R_m) nicht richtig wiedergibt und für Druckmittelspannungen nicht anwendbar ist. Mit Formeln (19) bis (21) werden deshalb Berechnungsvorschläge von *Schütz*/*Haibach* und *Mertens* [70] aufgegriffen, die diese Einflüsse wirklichkeitsnäher beschreiben.

Erläuterung zu Abschnitt 7.1.4.2

Wird an der höchstbeanspruchten Stelle des Bauteils die Streckgrenze überschritten, ist zu berücksichtigen, dass sich die Dehnung nicht mehr proportional zur Spannung verhält. Infolge der Spannungsumlagerung verringern sich die Mittelspannungen.

Im Bild A.1 dieses Anhangs ist für einen einachsigen Spannungszustand unter der vereinfachten Annahme eines ideal plastischen Werkstoffverhaltens dargestellt, wie die zu den elastisch gerechneten Hauptspannungen $\hat{\sigma}$ und $\check{\sigma}$ zugehörige Mittelspannung $\overline{\sigma}$ im Falle $R_{p0,2/T^*} \leq 2\,\sigma_{va} \leq 2\,R_{p0,2/T^*}$ auf $\overline{\sigma}_{vr} = R_{p0,2/T^*} - \sigma_{va}$ reduziert wird (vgl. Formel (23) des AD 2000-Merkblattes). Im Falle $2\,\sigma_{va} > 2\,R_{p0,2/T^*}$ entspricht dem elastisch gerechneten Spannungszyklus ABA im Bild A.2 dieses Anhangs der Dehnungszyklus CDEFC. Damit wird $\overline{\sigma}_{vr} = 0$ (vgl. Abschnitt 6 des AD 2000-Merkblattes). Beim mehrachsigen Spannungszustand sind hierbei sinngemäß die Vergleichsspannungen zu betrachten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Erläuterung zu Formel (24)

Die Formel (24) zur Berücksichtigung des Temperatureinflusses auf die Schwingfestigkeit entspricht Formel (15) in der bisherigen Ausgabe 3.90. Der Korrekturfaktor f_{T*} basiert im Wesentlichen auf den isothermischen Ermüdungsversuchen von *Wellinger*/*Luft* [21] sowie *Sautter* [7] und entspricht etwa der unteren Grenze des Streufeldes der Schwingfestigkeitsabminderung für unlegierte und niedriglegierte ferritische Walz- und Schmiedestähle im Bereich von ca. 10^2 bis 10^5 Lastspielen. Sie enthalten keine Einflüsse zeitabhängiger Verformung (Kriechen, Relaxation). Die bei ferritischen, besonders bei unlegierten Stählen im Temperaturbereich von ca. 250 °C bis 350 °C (Blaubruchgebiet) teilweise auftretende Erhöhung der Schwingfestigkeit [31] wurde hierbei nicht berücksichtigt.

Erläuterung zu Formel (25)

Die Auswertung zahlreicher Versuchsdaten von Dehnungs-Wechselversuchen für ungeschweißte austenitische Proben bei Raumtemperatur und Temperaturen bis 600 °C aus [69] hat gezeigt, dass für Austenite ein schwingfestigkeitsabmindernder Temperatureinflussfaktor entsprechend dem temperaturbedingten Abfall des E-Moduls in Rechnung gesetzt werden kann. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes wurde auf der Grundlage der E-Modulangaben für Austenite in [58] die Formel (25) abgeleitet.

Erläuterungen zu Abschnitt 7.2.1

Die Lebensdauerbeurteilung von Schweißverbindungen erfolgt nicht mehr wie bisher auf der Grundlage von Anrisslastspielzahlkurven für glatte Probestäbe und Schweißnahtkorrekturfaktoren f_K, sondern in Anlehnung an das europäische Stahlbau-Regelwerk Eurocode Nr. 3 [76]. Hiernach erfolgt die Lebensdauerbeurteilung von Schweißverbindungen nach normierten Wöhlerlinien, in denen die Schweißnahtkerbwirkung und der größtmögliche Einfluss von Schweißeigenspannungen bereits berücksichtigt sind (Nennspannungs-Wöhlerlinien).

Bild A.9 dieses Anhangs beschreibt nach diesem Code das Schema paralleler Wöhlerlinien, die stahlbautypischen Schweißverbindungen zugeordnet sind. Die Kurven sind nach der Normzahlreihe R 20 abgestuft; die Bezeichnung der Schweißnahtklassen entspricht dem Zahlenwert der Spannungsschwingbreite bei $2 \cdot 10^6$ Lastspielen. Die Dauerfestigkeit ist bei $N = 5 \cdot 10^6$ angesetzt. Für Schadensakkumulationsrechnungen sind die Wöhlerlinien mit verringerter Neigung bis zu einem Grenzwert $N = 10^8$ fortgesetzt.

Die Lebensdauerlinien basieren sowohl auf spannungsgesteuerten als auch dehnungsgesteuerten Versuchen, wobei die zulässigen Spannungen im Abstand der zweifachen logarithmischen Standardabweichung der Streuverteilung der Versuchsergebnisse von den Mittelwerten festgelegt sind und damit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von $P_ü = 97{,}7$ % entsprechen. Zur Größe der Standardabweichung von Anriss- oder Bruchlastspielzahlen sind Werte von $s_N = 0{,}22$ bis 0,29 bekannt geworden, die im Bereich üblicher Streumaße $1/T_N = 3$ bis 6 liegen (vgl. Bild A.6 dieses Anhangs). Angaben zu den Standardabweichungen von Spannungsschwingbreiten im Dauerfestigkeitsbereich und Mittelwerten der Datenbasis werden bedauerlicherweise vermisst und müssen im Bedarfsfall als Erfahrungswert aus anderen Quellen übernommen werden [70].

Die Lebensdauerkurven nach Bild 12, Formel (27) und den Konstanten in Tafel 4 dieses Merkblattes sind aus dem Eurocode nach folgenden Gesichtspunkten abgeleitet worden: Die Schweißnaht-Gestaltungsgruppen K 0, K 1, K 2 und K 3 nach Tafel 5 wurden den Eurocode-Klassen 112, 90, 71 und 56 mit vergleichbaren Schweißnahtverbindungen zugeordnet.

Zwecks Anpassung an die bei Druckbehältern zugrunde gelegte übliche Überlebenswahrscheinlichkeit von $P_ü = 99{,}9$ bis 99,99 % ($P_A = 0{,}1$ % bis 0,01 %) wurden die Kurven im Zeitschwingfestigkeitsbereich um den Faktor 2,5 von der „Ecklastspielzahl“ $N = 5 \cdot 10^6$ als Übergang in den Dauerfestigkeitsbereich nach Eurocode auf die entsprechende Dauerfestigkeits-Lastspielzahl $N = 2 \cdot 10^6$ nach diesem Blatt unter Beibehaltung der Spannungsschwingbreiten bei $N = 5 \cdot 10^6$ nach Eurocode transformiert. Dieser Lastspielzahl-Abminderungsfaktor von 2,5 lässt sich ausgehend von einem mittleren Wert der o. a. Standardabweichungen $s_N = 0{,}25$ aus dem Zusammenhang zwischen Standardabweichung und Streumaß (vgl. Bild A.6 dieses Anhangs) sowie aus der Verknüpfung zwischen Sicherheitsbeiwert, Streumaß und Ausfallwahrscheinlichkeit (vgl. Bild A.5b dieses Anhangs) begründen.

Die nach o. a. Betrachtungen aus den Eurocode-Schweißnahtklassen 112, 90, 71 und 56 abgeleiteten Lebensdauerkurven für die Gestaltungsgruppen K 0, K 1, K 2 und K 3 verlaufen im Zeitfestigkeitsbereich nahezu deckungsgleich mit den Ermüdungskurven der Klassen 80, 63, 50 und 40, die u. a. von *Maddox* in CEN TC 54 WG C SG-Design Criteria, basierend auf Eurocode 3, vorgeschlagen wurden. Zwecks Konsistenz zu dieser CEN-Norm wurden die dort enthaltenen Wöhlerlinien-Konstanten für den Zeitfestigkeitsbereich als Konstanten B 1 in Tafel 4 übernommen.

Eine weitere Absenkung der zulässigen Spannungen bis zum Knickpunkt $5 \cdot 10^6$ Lastspiele wird nach den Untersuchungsergebnissen mehrerer deutscher Institute [71, 77] für nicht erforderlich und auch nicht praktikabel gehalten. Der Abknickpunkt in die Dauerfestigkeit wird wie bei ungeschweißten Bauteilen einheitlich auf $2 \cdot 10^6$ Lastspiele festgelegt.

Erläuterung zu Abschnitt 7.2.5

Aus Schwingfestigkeitsversuchen mit geschweißten Probestäben ist bekannt, dass durch Abarbeiten der Schweißraupen die Lebensdauer erhöht werden kann [16, 25, 27, 69, 88]. Die Versuchsergebnisse zeigen jedoch aufgrund von schwingfestigkeitsmindernden Schweißnahteinflüssen, die durch Nacharbeit nicht oder nur wenig beseitigt werden können (z. B. Werkstoffzusammensetzung, Nahtausbildung, Mikrofehler), eine starke Streuung der möglichen Erhöhung der Lebensdauer bzw. der Schwingfestigkeit. Eine Höherbewertung in die Klasse K 0 ist nur zulässig, wenn die Fehlerfreiheit von beidseitig blecheben geschliffenen Nähten durch eine 100%ige zerstörungsfreie Prüfung nachgewiesen ist.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Erläuterung zu Abschnitt 7.2.6

Der schwingfestigkeitsabmindernde Einfluss der Bauteilgröße bei Schweißverbindungen (Exponent $Z = 4$) wurde aus dem Eurocode Nr. 3 übernommen.

Erläuterung zu Abschnitt 7.2.7

Die Lebensdauerkurven für Schweißverbindungen nach Abschnitt 7.2 decken den denkbar ungünstigsten Fall der Überlagerung von Last- und Schweißeigenspannungen ab, dass sich summarisch eine wirksame Oberspannung in Höhe der Streckgrenze einstellt. Folgerichtig muss aber auch in Ansatz gebracht werden dürfen, dass nach Spannungsarmglühen nur sehr geringe Schweißeigenspannungen vorliegen und nur Lastmittelspannungen wirksam sind. Basierend auf entsprechenden Versuchsergebnissen wird in [71, 78] empfohlen, im Dauerfestigkeitsbereich einen Bonus von 30 % in Rechnung zu setzen. Ausgehend von diesem maximalen Bonusfaktor 1,3 und in Anlehnung an die Lastspielzahlabhängigkeit des Lastmittelspannungs-Korrekturfaktors f_M als oberem Grenzwert möglicher Schweißeigenspannungseinflüsse wurde für den Korrekturfaktor f_M^* eine lineare Abhängigkeit von der Lastspielzahl im doppeltlogarithmischen Maßstab nach Formel (28a) pragmatisch festgelegt.

Damit in Formel (28) bei hochfesten Werkstoffen (z. B. $R_m = 1000$ N/mm^2) trotz Spannungsarmglühen die zulässigen Werte nicht kleiner als ohne Glühung werden, wird der Wert f_M^* nach unten auf 1,0 begrenzt.

Erläuterung zu Formeln (29) bis (33)

Die in Abschnitt 8 angegebenen Formeln (29) bis (33) sind durch entsprechende Umformung der Formeln aus Abschnitt 7 entwickelt.

Erläuterung zu Formeln (34) und (37)

Die mit Formel (34) angegebene lineare Schädigungsakkumulationshypothese zur Überlagerung verschiedener Lastzyklen mit unterschiedlichen Beanspruchungszuständen sowohl im Temperaturbereich zeitunabhängiger als auch in dem zeitabhängiger Verformungen wurde aus Gründen der Plausibilität und der einfachen Handhabung gewählt. Eine allgemein gültige Aussage über die Zuverlässigkeit dieser Hypothese, besonders im Hochtemperaturbereich, kann zz. noch nicht gemacht werden. Ihre Bedeutung bei der Lebensdauervorhersage liegt vielmehr in der Ermittlung eines „Warnzeitpunktes“, von dem ab gemäß den Festlegungen im Abschnitt 12 des Merkblattes besondere Prüfmaßnahmen durchzuführen sind.

Zur Berücksichtigung des Schädigungsanteils von Spannungsschwingbreiten unterhalb der Dauerfestigkeit sind in Anlehnung an die modifizierte lineare Schadensakkumulationshypothese nach *Haibach* [62] die zulässigen Spannungsschwingbreiten $2\,\sigma_a$ im Dauerfestigkeitsbereich durch fiktive Verlängerung der Lastspielzahlkurven bis 10^8 Lastspiele fortgesetzt.

Erläuterung zu Formel (35)

Formel (35) beschreibt den linearen Abfall der Lastspielzahlkurven im doppeltlogarithmischen Maßstab im Bereich $2 \cdot 10^6$ bis 10^8 Lastspielen. Die Formel ist aus (14) und $N = 2 \cdot 10^6$ unter Berücksichtigung einer Kurvenneigung $m = 10$ abgeleitet, die aus der bisherigen Ausgabe 3.90 des AD-Merkblattes S 2 übernommen wurde.

Erläuterung zu Formel (36)

Bei Schweißverbindungen wurde die Neigung der Lastspielzahlkurven für Schadensakkumulationsrechnung aus dem Eurocode mit $m = 5$ übernommen. Formel (36) ist sinngemäß aus (27) entwickelt. Die Berechnungskonstanten sind unter Berücksichtigung der Dauerfestigkeitswerte $N = 2 \cdot 10^6$ und $2\,\sigma_a$ = konst. nach Tafel 4 ermittelt.

Erläuterung zu Formel (39)

Nach Versuchsergebnissen in [87] liegen bei hochfesten Wasserstofftransportbehältern die Bruchlastspielzahlen gegenüber unteren Grenzkurven aus Referenzversuchen (Anriss) mit Öl um einen Faktor 6,5, nach anderen unveröffentlichten Ergebnissen gegenüber Laborluft um einen Faktor 10 niedriger. Der Anrissbeginn wird in [86] im Mittel zu 81 % der im Versuch erreichten Bruchlastspielzahlen angegeben. Statistische Auswertungen haben Streuspannen von T_N = 1:3,5 bis 1:4 ergeben, die unter Einbezug von Risikobeiwerten wegen der relativ geringen Datenzahl (vgl. Anhang 2, Abschnitt 3) zu erforderlichen Sicherheitsabständen von $S_N = 8$ bis 10 gegenüber den Mittelwerten führen, wenn eine zulässige Ausfallwahrscheinlichkeit von P_A = 0,01 % unterstellt wird.

Die Bruch-Lebensdauerlinie (Mittelwerte) verläuft nahezu parallel zu einer auf die Festigkeitskennwerte der Prüflinge abgestimmten Walzhaut-Auslegungskurve nach Abschnitt 7.1 dieses AD 2000-Merkblattes und liegt geringfügig unterhalb der Auslegungskurve für Luftmedium. Hiernach ist es also statthaft, die Lebensdauerbeurteilung dieser Behälter auf der Grundlage der Vorgehensweise für Behälter ohne Mediumeinfluss durchzuführen und die Lastspielzahlen über einen Abminderungsfaktor zu reduzieren. Die Größe dieses Faktors wird pragmatisch auf f_N = 1/10 festgelegt und entspricht nach derzeitigen Kenntnissen einer Anrissausfallwahrscheinlichkeit von ca. 0,1 %, die noch als akzeptabel angesehen wird.

Erläuterung zu Abschnitt 13.3

Für Schweißverbindungen aus Feinkornbaustählen unter Wasserstoffeinfluss liegen nur sehr wenige brauchbare und vergleichbare Versuchswerte aus [86] vor. Die formal nach statistischer Vorgehensweise berechneten Mittelwerte sind deshalb nur als grobe Anhaltswerte für 50 %-Werte einer größeren Grundgesamtheit zu werten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Auffallend ist die flache Neigungscharakteristik der mittleren Anrisskurven gegenüber „Luft“-Kurven. Die Referenz-Versuchsdaten unter Luft mit Proben aus der gleichen Charge liegen nur wenig oberhalb einer entsprechenden Auslegungskurve für Schweißnahtklasse K 1 nach Abschnitt 7.2 dieses Merkblattes, woraus geschlossen werden kann, dass die Versuchswerte sowohl für Luft als auch für Wasserstoff dem unteren Bereich des Streufeldes für Stumpfnähte Klasse K 1 und die „Mittelwertkurve“ einer kleineren Ausfallwahrscheinlichkeit $P_A < 50$ % zuzuordnen sind. Es erscheint deshalb gerechtfertigt, hierfür nur einen Sicherheitsabstand von 5 ($f_N = 1/5$) gegenüber den Versuchsmittelwerten in Rechnung zu setzen. Unter Bezugnahme auf eine Berechnung nach Abschnitt 8.2 lässt sich damit eine einfache Näherungsformel für den schwingfestigkeitsabmindernden Wasserstoffeinfluss für Werkstoffe mit Festigkeitsbeiwerten $K_{20} \leq 355$ N/mm^2 (P355) gemäß der Formel (40) ableiten. Hiernach beginnt der schwingfestigkeitsabmindernde Einfluss von Druckwasserstoff oberhalb einer Vergleichsspannungsschwingbreite 2 $\sigma_{va} = 215$ N/mm^2.

Aus einigen vergleichbaren Versuchsergebnissen von Schweißproben aus P355 und P460 sowie aus vorliegenden Rissbefunden an Wasserstofflagerbehältern geht hervor, dass der höherfeste Feinkornbaustahl wasserstoffempfindlicher ist.

Eine Abminderung auf die Hälfte der für Stähle mit $K_{20} \leq 355$ N/mm^2 berechneten Werte wird als realistisch angesehen.

Ein Vergleich der Versuchsdaten kerbfrei geschliffener Schweißproben aus P460 unter Wasserstoff- und Luftbedingungen lässt keine signifikanten Unterschiede zwischen Wasserstoff und Luft erkennen. Es ist deshalb sinnvoll, auch bei kerbfrei geschliffenen Nähten die Berechnung für Luftmedium gemäß Abschnitt 7.2.5 durchzuführen und die Lastspielzahl über einen Abminderungsfaktor f_N nach Formel (41) zu reduzieren, der unter Einbezug höherfester Feinkornbaustähle (z. B. P460) ausreichenden Sicherheitsabstand gewährleistet.

Weitere Einzelheiten siehe [92, 95].

Schrifttum

[1] Technische Regeln für Dampfkessel; hier: TRD 301 Anlage 1 (8.96) „Berechnung auf Wechselbeanspruchung durch schwellenden Innendruck bzw. durch kombinierte Innendruck- und Temperaturänderungen“.
Hrsg.: VdTÜV Essen; Carl Heymanns Verlag KG, Köln.

[2] KTA-Regel 3201.2: „Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren, Teil: Auslegung, Konstruktion und Berechnung“, Ausgabe 1981.

[3] *Dietmann, H.*, u. *F. Baier*: Spannungszustand und Festigkeitsverhalten (Literaturauswertung); 2. Teil: Schwingende Beanspruchung.
Techn.-wiss. Ber. MPA-Stuttgart (1971) H. 71-02.

[4] *Zenner, H.*: Festigkeitsverhalten von schwingend beanspruchten Bauteilen mit schräger Kerbe in Abhängigkeit vom Beanspruchungszustand.
Techn.-wiss. Ber. MPA-Stuttgart (1970) H. 70-01.

[5] *Betz, U.*: Zur Rissbildung wechselbeanspruchter glatter Proben.
Techn.-wiss. Ber. MPA-Stuttgart (1970) H. 70-02.

[6] *Mall, G.*: Innendruckschwellverhalten von Hohlzylindern mit eingeschweißten Stutzen.
Techn.-wiss. Ber. MPA-Stuttgart (1970) H. 70-03.

[7] *Sautter, S.*: Der Einfluss von Temperatur, Dehnungsgeschwindigkeit und Haltezeit auf das Zeitfestigkeitsverhalten von Stählen.
Techn.-wiss. Ber. MPA-Stuttgart (1971) H. 71-04.

[8] *Friedrich, W.*: Festigkeitsberechnung einwandiger Balgkompensatoren.
Techn.-wiss. Ber. MPA-Stuttgart (1973) H. 73-01.

[9] *Maier, H.-J.*: Über den Einfluss einer Kaltverformung auf die Zeitfestigkeit biegewechselbeanspruchter glatter Proben.
Techn.-wiss. Ber. MPA-Stuttgart (1975) H. 75-02.

[10] *Grubisic, V.*, u. *C. M. Sonsino*: Festigkeit von Hochdruckbehältern für neuartige Fertigungsverfahren.
Forsch. Ber. Lab. f. Betriebsfest. Darmstadt (1979), Nr. FB-148.

[11] *Grubisic, V.*, u. *C. M. Sonsino*: Festigkeitsbeurteilung von Bauteilen aus Stahl im Bereich der Kurzzeitschwingfestigkeit.
Forsch. Ber. Lab. f. Betriebsfest. Darmstadt (1975), Nr. TB-134.

[12] *Saal, H.*: Der Einfluss von Formzahl und Spannungsverhältnis auf die Zeit- und Dauerfestigkeiten und Rissfortschreitungen bei Flachstäben aus St 52.
Veröff. Inst. f. Statik u. Stahlbau der TH Darmstadt (1971) H. 17.

[13] *Klee, St.*: Das zyklische Spannungs-Dehnungs- und Bruchverhalten verschiedener Stähle.
Veröff. Inst. f. Statik u. Stahlbau der TH Darmstadt (1973) H. 22.

[14] *Schütz, H.*: Schwingfestigkeit von Werkstoffen.
VDI-Bericht Nr. 214, S. 45/47.

[15] *Just, E.*: Beabsichtigte Einflüsse der Fertigungsverfahren auf das Dauerfestigkeitsverhalten von Stählen ohne Randschichtbehandlung.
VDI-Bericht Nr. 214, S. 75/84.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

[16] *Broichhausen, J.*: Beeinflussung der Dauerhaltbarkeit von Konstruktionswerkstoffen und Werkstoffverbindungen durch konstruktive Kerben, Oberflächenkerben und metallurgische Kerben.
Fortschr.-Ber. VDI.Z., Reihe 1, Nr. 20.

[17] *Schmidt, W.*: Werkstoffkennwerte bei Dauerfestigkeitsuntersuchungen.
DEW-Techn. Ber. 11 (1971), S. 8/21.

[18] *Pomp, A.*, u. *M. Hempel*: Wechselfestigkeit und Kerbwirkungszahlen von unlegierten und legierten Baustählen bei +20 °C und −78 °C.
Archiv Eisenhüttenw. **21** (1950) H. 1/2, S. 53/66.

[19] *Hempel, M.*: Dauerfestigkeit von unterschiedlich erschmolzenen Baustählen USt 37-2, St 37.3 und St 52.3.
Archiv Eisenhüttenw. **43** (1972) H. 5, S. 439/46.

[20] *Wellinger, K.*, u. *K. Kußmaul*: Festigkeitsverhalten von Stählen bei wechselnder überelastischer Beanspruchung.
Mitt. VGB (1964) H. 92, S. 342/57.

[21] *Wellinger, K.*, u. *G. Luft*: Wechselverformungsverhalten von Stählen.
Mitt. VGB (1968) H. 1, S. 33/45.

[22] *Degenkolbe, J.*, u. *H. Dißelmeyer*: Schwingverhalten eines hochfesten wasservergüteten Chrom-Molybdän-Zirkonium-legierten Feinkornbaustahles mit 700 N/mm^2 Mindeststreckgrenze im geschweißten und ungeschweißten Zustand.
Schweißen u. Schneiden **25** (1973) H. 3, S. 205/07.

[23] *Haibach, E.*: Schwingfestigkeit hochfester Feinkornbaustähle im geschweißten Zustand.
Schweißen u. Schneiden **27** (1975) H. 5, S. 179/81.

[24] *Wellinger, F.*, u. *M. Liebrich*: Kerbempfindlichkeit von Stählen im Gebiet der Zeitfestigkeit.
Z. Konstruktion **20** (1968) H. 3, S. 81/89.

[25] Interne Versuchsberichte der Firma Thyssen Niederrhein AG.

[26] *Hempel, M.*: Dauerfestigkeit von Stahl. Merkblatt Nr. 457d. Beratungsstelle f. Stahlverwendung, Düsseldorf.

[27] *Hempel, M.*: Zug-Druck-Wechselfestigkeit ungekerbter und gekerbter Proben warmfester Werkstoffe im Temperaturbereich von 500 bis 700 °C.
Archiv Eisenhüttenw. **43** (1972) H. 6, S. 479/88.

[28] *Wellinger, K.*, u. *R. Idler*: Der Einfluss wechselnder Temperaturen auf das Zeitfestigkeitsverhalten von Stählen.
Archiv Eisenhüttenw. **48** (1977) H. 6, S. 347/52.

[29] *Schieferstein, U.*, u. *W. Wiemann*: Anwendung von Bemessungsregeln auf Bauteile mit gleichzeitiger Kriech- und Dehnungswechsel-Beanspruchung.
Chem.-Ing. Tech. **49** (1977) Nr. 9, S. 726/37.

[30] *Zenner, H.*: Niedriglastwechselermüdung bei hohen Temperaturen.
VDI-Berichte Nr. 302 (1977), S. 29/44.

[31] VDI-Richtlinie 2227, Entwurf 1974 „Festigkeit bei wiederholter Beanspruchung“.

[32] *Siebel, E.*, u. *M. Gaier*: Untersuchungen über den Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit auf die Dauerschwingfestigkeit metallischer Bauteile.
VDI-Zeitschr. **98** (1956), S. 1715/23.

[33] *Hänchen, R.*, u. *H. Decker*: Neue Festigkeitsberechnung für den Maschinenbau.
Carl Hanser-Verlag, München 1967.

[34] *Wellinger-Dietmann*: Festigkeitsberechnung.
Alfred Körner-Verlag, 3. Auflage (1976).

[35] *Buch, A.*: Einige Bemerkungen über das Einflussfaktorenverfahren zur Berechnung der Dauerfestigkeit von Maschinenteilen.
Materialprüf. **19** (1976) Nr. 6, S. 194/99.

[36] Unveröffentlichte Diskussionsbeiträge der MPA-Stuttgart zur Aufstellung der TRD 301 Anlage 1 (1974).

[37] *Zirn, R.*: Schwingfestigkeitsverhalten geschweißter Rohrknotenpunkte von Rohrlaschenverbindungen.
Techn.-wiss. Bericht MPA-Stuttgart (1975) H. 75-01.

[38] *Kloos, K.-H.*: Einfluss des Oberflächenzustandes und der Probengröße auf die Schwingfestigkeitseigenschaften.
VDI-Bericht Nr. 268 (1976), S. 63/76.

[39] *Haibach, E.*: Schwingfestigkeitsverhalten von Schweißverbindungen.
VDI-Bericht Nr. 268 (1976), S. 179/92.

[40] *Nowak, B.*, u. a.: Ein Vorschlag zur Schwingfestigkeitsbemessung von Bauteilen aus hochfesten Baustählen.
Der Stahlbau **44** (1975) H. 9, S. 257/68 u. H. 10, S. 306/12.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

[41] DIN 15018-1 „Krane, Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung“, Ausg. 4.74.

[42] DASt-Richtlinie 011 „Hochfeste schweißgeeignete Feinkornbaustähle StE 460 und StE 690 [Anmerkung des Herausgebers: heute P460 und P690], Anwendung für Stahlbauten“, Ausg. Febr. 1979; Deutscher Ausschuss für Stahlbau, Köln.

[43] *Issler, L.*: Festigkeitsverhalten metallischer Werkstoffe bei mehrachsiger phasenverschobener Schwingbeanspruchung.
Diss. Uni. Stuttgart 1973.

[44] *El-Magd, E.*, u. *S. Mielke*: Dauerfestigkeit bei überlagerter zweiachsiger statischer Beanspruchung.
Z. Konstruktion **29** (1977) H. 7, S. 253/57.

[45] *Nowak, B.*, *Saal, H.*, u. *T. Seeger*: Ein Vorschlag zur Schwingfestigkeitsbemessung von Bauteilen aus hochfesten Baustählen.
Der Stahlbau **44** (1975), S. 257/68.

[46] *Troost, A.*, u. *E. El-Magd*: Allgemeine Formulierung der Schwingfestigkeitsamplitude in Haighscher Darstellung.
Materialprüf. **17** (1975) Nr. 2, S. 47/49.

[47] *Neuber, A.*: Über die Berücksichtigung der Spannungskonzentration bei Festigkeitsberechnungen.
Konstruktion **20** (1968) H. 7, S. 245/51.

[48] *Gorsitzke, B.*: Betriebsfestigkeitsuntersuchungen zur Lebensdauerabschätzung; Bericht über das Kolloquium „Sicherheitstechnische Bauteilbegutachtung“ des TÜV Rheinland am 27.05.1975 in Köln-Poll.
Verlag TÜV Rheinland GmbH, S. 77/93.

[49] *Krägeloh, E.*: Überlagerung von thermischer und mechanischer Beanspruchung bei Stählen – Einfluss von Kerben und Schweißungen.
VDI-Bericht Nr. 301 (1977), S. 45/52.

[50] *Kloos, K.-H.*: Einfluss des Oberflächenzustandes und der Probengröße auf die Schwingfestigkeitseigenschaften.
VDI-Bericht Nr. 268 (1976), S. 63/76.

[51] *Tauscher, H.*: Dauerfestigkeit von Stahl und Gusseisen.
VEB Fachbuchverlag Leipzig (1969).

[52] *Haibach, E.*: Dauerfestigkeit von Schweißverbindungen bei Grenzlastspielzahlen größer als $2 \cdot 10^6$.
Archiv Eisenhüttenw. **42** (1971) H. 12, S. 901/08.

[53] Fachausschussbericht 5.016: „Höhere Zuverlässigkeit im Schwermaschinenbau (Beitrag der Betriebsfestigkeit für die Verfügbarkeit von Hüttenwerksanlagen)“.
Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) Düsseldorf, Ausschuss für Anlagentechnik, Gemeinschaftsausschuss Betriebsfestigkeit, 1974.

[54] Bericht der Arbeitsgemeinschaft Betriebsfestigkeit beim VDEh Nr. ABF 19: „Leitfaden für eine Betriebsfestigkeitsberechnung“.
Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf 1985, 2. Auflage.

[55] *Haibach, E.*, *Ostermann, H.*, u. *H.-G. Köbler*: Abdecken des Risikos aus den Zufälligkeiten weniger Schwingfestigkeitsversuche.
Lab. f. Betriebsfest. Darmstadt, TM Nr. 68/73.

[56] *Uebing, D.*, u. *P. Jaeger*: Bedeutung der Druckprüfung und des Sicherheitsbeiwertes für die Lebensdauer von Rohr-Fernleitungen.
3 R international, H. 3 (1973), S. 137/39.

[57] *Uebing, D.*: Neue Wege der Sicherheitsbetrachtung bei Pipelinesystemen.
3 R international, H. 1 (1976), S. 7/10.

[58] *Richter, F.*: Physikalische Eigenschaften von Stählen und ihre Temperaturabhängigkeit. Stahleisen-Sonderbericht Heft 10.
Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf 1983.

[59] *Dengel, D.*: Einige grundlegende Gesichtspunkte für die Planung und Auswertung von Dauerschwingversuchen.
Materialprüfung **13** (1971) Nr. 5, S. 145/80.

[60] DIN 50100 „Dauerschwingversuch“, Ausg. 2.78.

[61] VDI-Richtlinie 2227: „Festigkeit bei wiederholter Beanspruchung; Zeit- und Dauerfestigkeit metallischer Werkstoffe, insbesondere von Stählen“, Entwurf 4.74.

[62] *Haibach, E.*: Modifizierte lineare Schadens-Akkumulations-Hypothese zur Berücksichtigung des Dauerfestigkeitsabfalls mit fortschreitender Schädigung.
Lab. f. Betriebsfest. Darmstadt, TM Nr. 50/70.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

[63] *Neuber, H.*: Theory of Stress Concentration for Shear Strained Prismatical Bodies with Arbitrary Non-Linear Stress-Strain Law.
Trans. ASME, J. of. Appl. Mech. 1969, S. 544/50.

[64] *Saal, H.*: Näherungsformeln für die Dehnungsformzahl.
Z. Materialprüf. **17** (1975) Nr. 11, S. 395/98.

[65] *Kühnapfel, K.-F.*, u. *A. Troost*: Näherungslösungen zur rechnerischen Ermittlung von Kerbdehnungen und Kerbspannungen bei elastoplastischer Beanspruchung.
Z. Konstruktion **31** (1979) H. 5, S. 183/90.

[66] *Dahl, W.*: Das Verhalten von Stahl bei schwingender Beanspruchung; Bericht aus Kontaktstudium „Werkstoffkunde Eisen und Stahl III".
Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf 1978.

[67] *Hoffmann, G.*, u. *F. Huba*: Sichere Dimensionierung geschweißter Radiallüfter.
VDI-Zeitschr. **122** (1980) Nr. 5, S. 177/81.

[68] *Schütz, W.* u. a.: Berechnung von Wöhlerlinien für Bauteile aus Stahl, Stahlguss und Grauguss – Synthetische Wöhlerlinien. VDEh-Arbeitsgemeinschaft Betriebsfestigkeit, Bericht Nr. ABF 11, Düsseldorf (1983).

[69] *Boller, Chr.*, u. *T. Seeger*: Materials Data for Cyclic Loading; Part A, B, C, D u. E. Elsevier 1987.

[70] *Haibach, E.*: Betriebsfestigkeit. Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung.
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1989.

[71] *Olivier, R.*, u. *W. Ritter*: Wöhlerlinienkatalog für Schweißverbindungen aus Baustählen; Teil 1 bis 5.
Deutscher Verlag für Schweißtechnik (DVS) GmbH, Düsseldorf 1979.

[72] *Gurney, T. R.*, u. *S. J. Maddox*: A re-analysis of fatigue data for welded joints in steel.
Welding Research International, Volume 3 (1973) Nr. 4.

[73] *Maddox, S. J.*: Third Draft (June 1994) of proposed detailed Fatigue Assessment Method based on Draft Eurocode 3. CEN TC 54 WG C SG-DC.

[74] British Standard BS 5500/1994: Specification for unfired fusion welded pressure vessels.

[75] British Standard BS 7608/1993: Code of practice for Fatigue design and assessment of steel structures.

[76] Eurocode Nr. 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Deutsche Fassung der europäischen Vornorm ENV 1993-1-1.

[77] *Seeger, T.*, u. a.: Zulässige Spannungen für den Betriebsfestigkeitsnachweis bei wetterfesten Baustählen nach sechsjähriger Bewitterung.
Z. Stahlbau **60** (1991) H. 11.

[78] *Seeger, T.*, u. *R. Olivier*: Neigung und Abknickpunkt der Wöhlerlinie von schubbeanspruchten Kehlnähten.
Z. Stahlbau **61** (1992), H. 5.

[79] *Autrosson, B.*, u. a.: Simplified Elastoplastic Fatigue Analysis.
Int. J. Pres. Ves. & Piping **37** (1989).

[80] *Grandemange, J. M.*, u. a.: Corrections de plasticité dans les analyses de fatigue.
AFIAP-Conference, October 1992, Vol. 2, 109.

[81] *Hübel, H.*: Plastic Strain Concentration in a Cylindrical Shell Subjected to an Axial or a Radial Temperature Gradient.
Transactions of the ASME, Vol. 109, Mai 1987.

[82] *Hübel, H.*: Erhöhungsfaktor K_e zur Ermittlung plastischer Dehnungen aus elastischer Berechnung.
Z. TÜ Bd. **35** (1994) Nr. 6.

[83] *Sonsino, C. M.*, u. *D. Hanewinkel*: Schwingfeste Bauteilbemessung mit höherfesten Stählen. Teil 1: Hinweise zu Konstruktion und Bemessung
Z. Stahl u. Eisen **112** (1992) Nr. 1.

[84] *Dittmar, S.*: Lebensdauernachweise nach deutschen Regelwerken für druckbelastete Bauteile; Vorgehensweise, Lücken, Abhilfemaßnahmen.
Vortrag 18. MPA-Seminar, Oktober 1992.

[85] *Bucak, Ö.*: Ermüdung von Hohlprofilknoten.
Dissertation Univers. Karlsruhe, Fak. f. Bauing.- u. Vermessungswesen, 1990.

[86] *Kerkhoff, H.*, u. a.: Untersuchungen zur wasserstoffinduzierten Rissbildung im Schweißnahtbereich von Feinkornbaustahl bei low-cycle-Beanspruchung unter dem Einfluss von Druckwasserstoff.
VdTÜV-Forschungsvorhaben Nr. 250, Schlussbericht SB 2000/85, TÜV Rheinland 1990.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

[87] *Schlegel, D.*, u. a.: Sicherheitstechnisches Gutachten zum Betrieb von Wasserstofftransportbehältern und -Druckgasflaschen.
TÜV Rheinland 1981.

[88] *Maddox, S. J.*: Fatigue Aspects of Pressure Vessel Design. Auszug aus: Pressure Vessel Design Philosophy; a short Course.
Univ. Strathclyde, 1992.

[89] *Niemi, E.*: Recommendations Concerning Stress Determination for Fatigue Analysis of Welded Components.
IIW Doc. XIII-1458-92, Version 15.08.1994.

[90] *Radaj, D.*, *H. D. Gerlach* u. *B. Gorsitzke*: Experimentell-rechnerischer Kerbspannungsnachweis für eine geschweißte Kesselkonstruktion.
Z. Konstruktion **40** (1988), H. 11, S. 447/452.

[91] *Gorsitzke, B.*: Vorhersage der Ermüdungsfestigkeit druckführender Komponenten im Energie- und Chemieanlagenbau; Teil 1 u. Teil 2.
Z. TÜ Bd. **30** (1989) Nr. 2 u. Nr. 3.

[92] *Gorsitzke, B.*: Neuere Berechnungsvorschriften zur Ermüdungsfestigkeit von Druckbehältern.
Z. TÜ Bd. **36** (1995) Nr. 6 u. Nr. 7/8.

[93] *Dietmann, H.*, u. *H. Kockelmann*: Verwendung der Gestaltänderungsenergiehypothese im Anwendungsbereich der KTA-Regeln.
VGB Kraftwerkstechnik **74** (1994), H. 6, S. 498/508.

[94] *Iida, K.*: Application of hot spot strain to fatigue life prediction.
IIW-Doc. XIII-941-80.

[95] *Gorsitzke, B.*: Erläuterungen zu den Neuausgaben der AD-Merkblätter S 1 und S 2 (1998) und ergänzende Hinweise – Empfehlungen für sinngemäße Anwendung auf Bauteile außerhalb des Gültigkeitsbereiches dieser Blätter. Teil 1 u. Teil 2.
Z. TÜ Bd. **40** (1999) Nr. 3, S. 20–25 u. Nr. 4, S. 43–48.

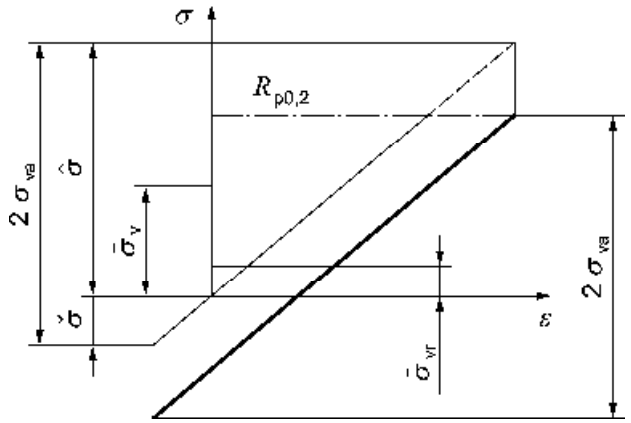


Bild A.1 — Reduzierte Mittelspannung $\bar{\sigma}_{vr}$ für $R_{p0,2} \leq 2\ \sigma_{va} < 2\ R_{p0,2}$

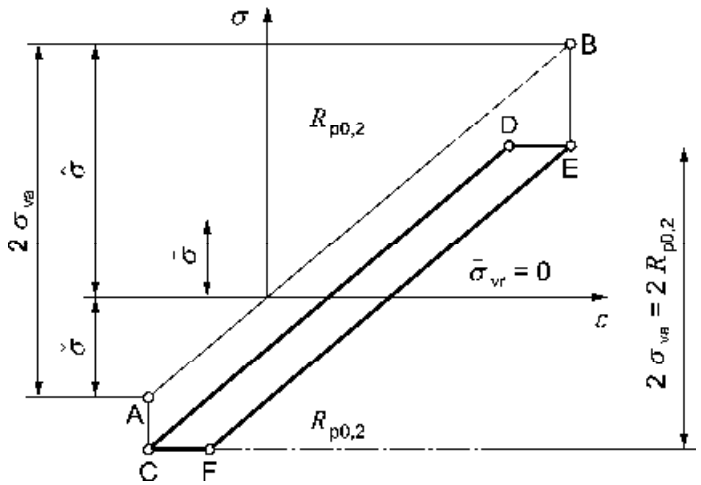
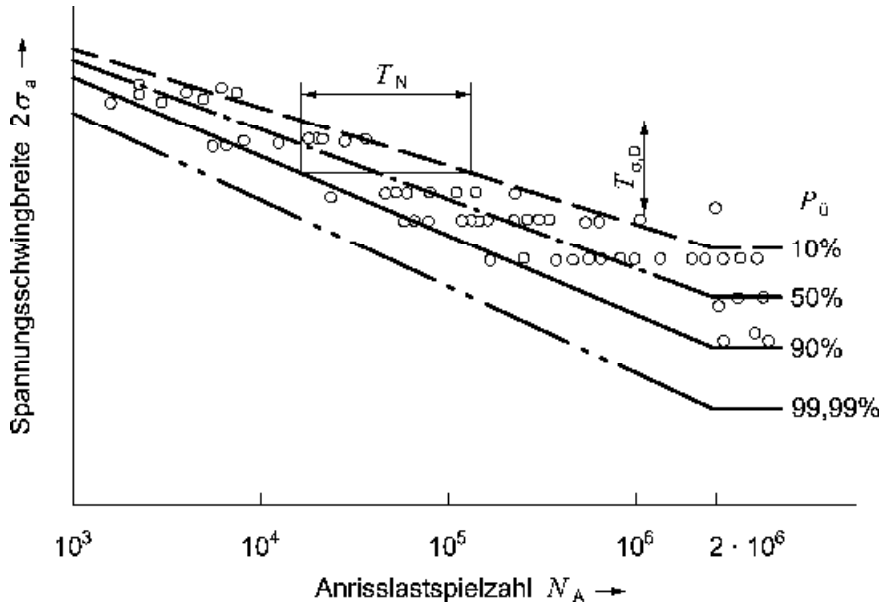


Bild A.2 — Reduzierte Mittelspannung $\bar{\sigma}_{vr} = 0$ für $2\ \sigma_{va} \geq 2\ R_{p0,2}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



$$\text{Streumaß } T_N = 1 : \frac{N_{(Pü = 10\,\%)}}{N_{(Pü = 90\,\%)}}$$

$$\text{Streumaß } T_{\sigma,D} = 1 : \frac{\sigma_{a,D\,(Pü = 10\,\%)}}{\sigma_{a,D\,(Pü = 90\,\%)}}$$

Bild A.3 — Beispiel einer statistisch abgesicherten Bauteil-Wöhlerkurve und Streubereiche (schematisch)

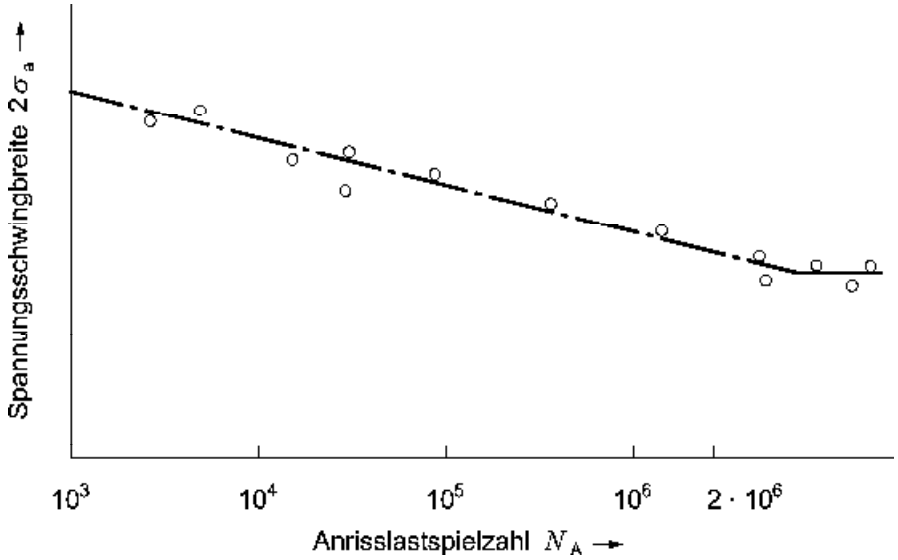


Bild A.4 — Beispiel einer statistisch nicht abgesicherten Bauteil-Wöhlerkurve (schematisch)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

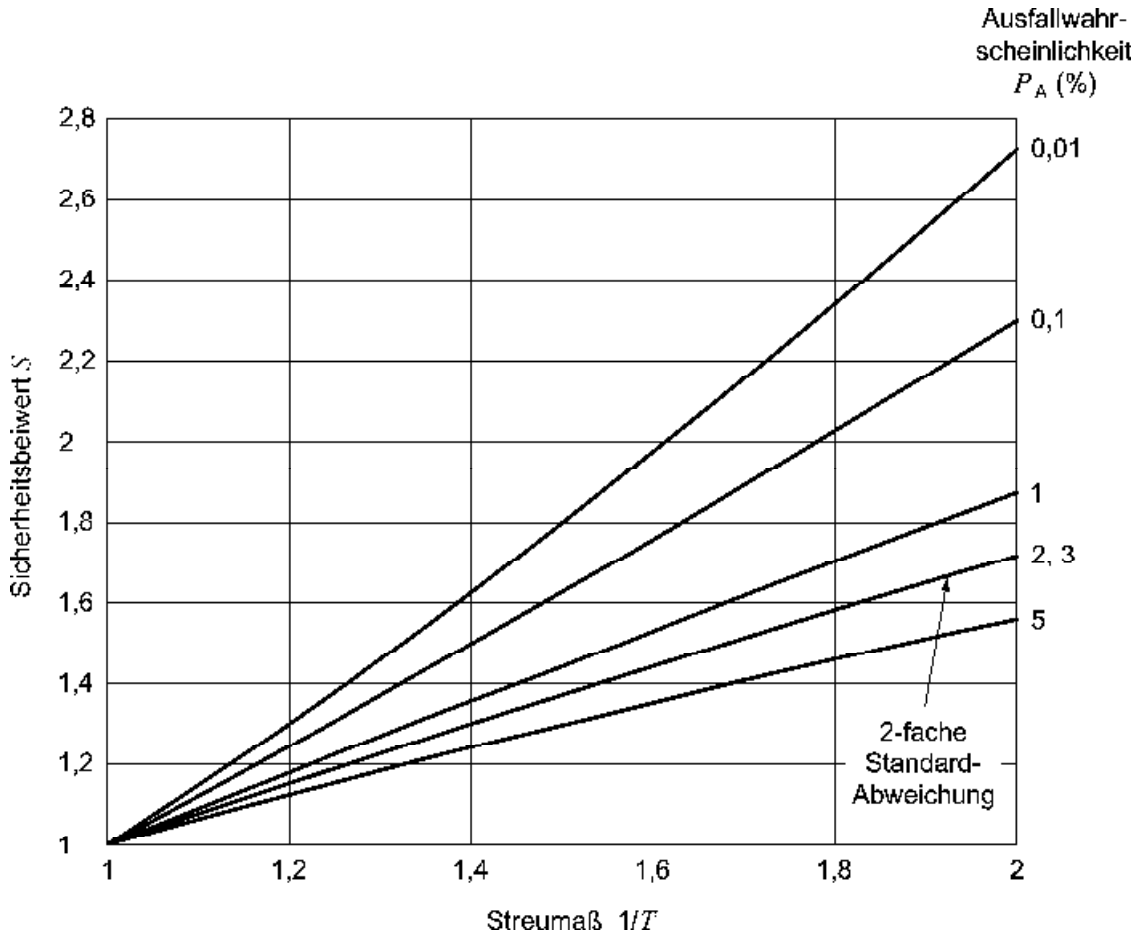


Bild A.5a — Bestimmung eines statistisch begründeten Sicherheitsbeiwertes bei bekanntem Streumaß

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

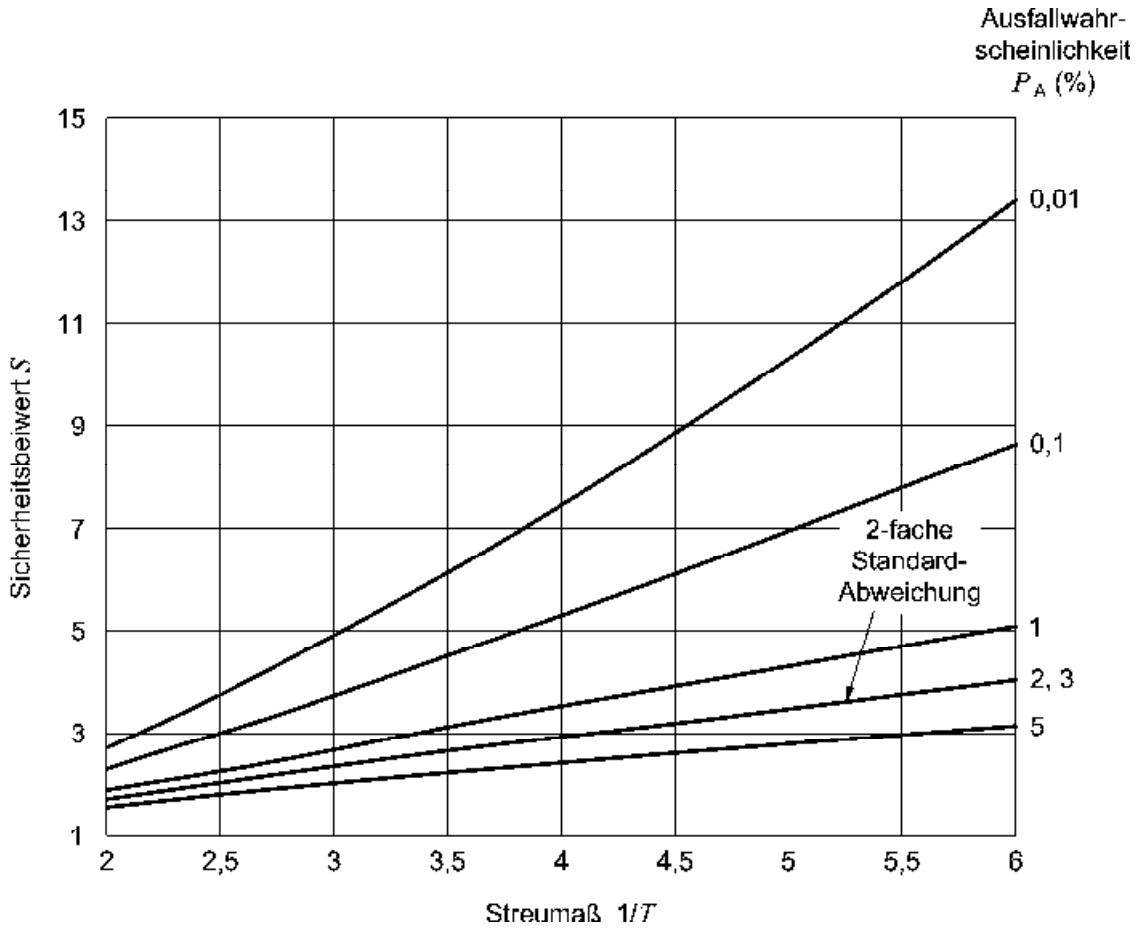


Bild A.5b — Bestimmung eines statistisch begründeten Sicherheitsbeiwertes bei bekanntem Streumaß

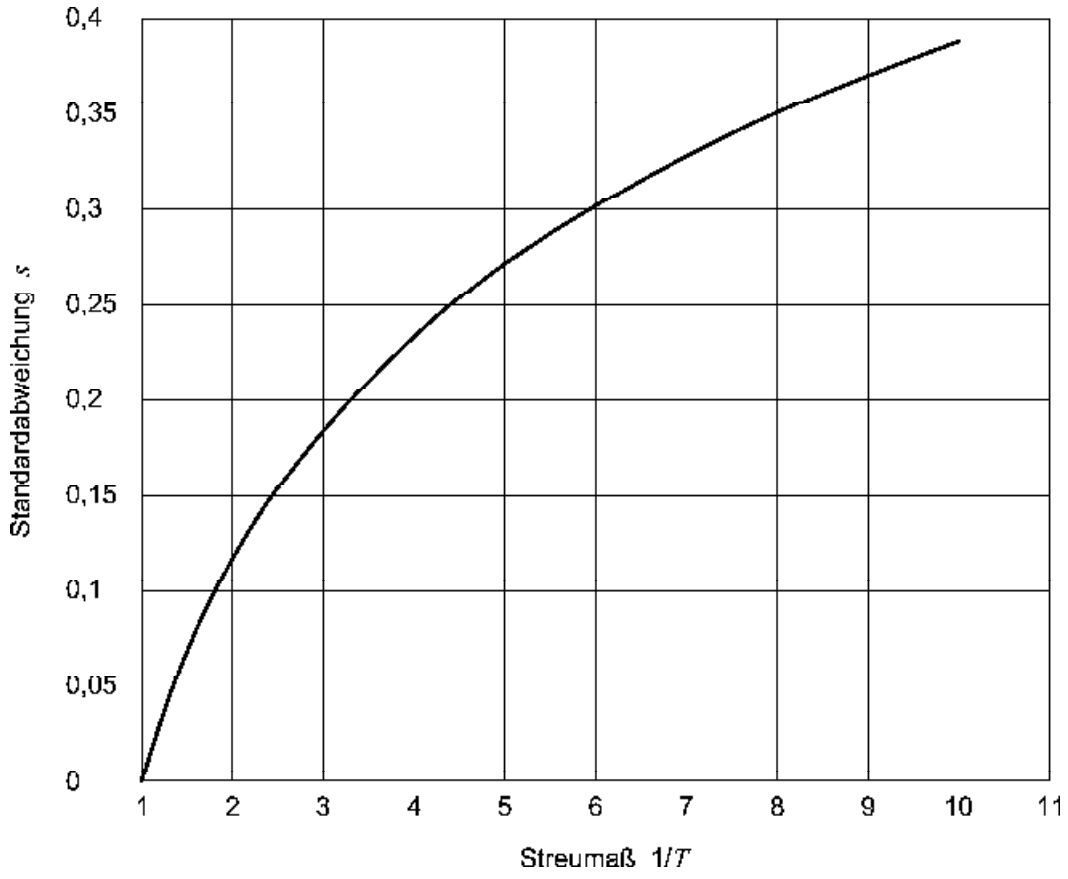


Bild A.6 — Zusammenhang zwischen Streumaß und Standardabweichung bei logarithmischer Normalverteilung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

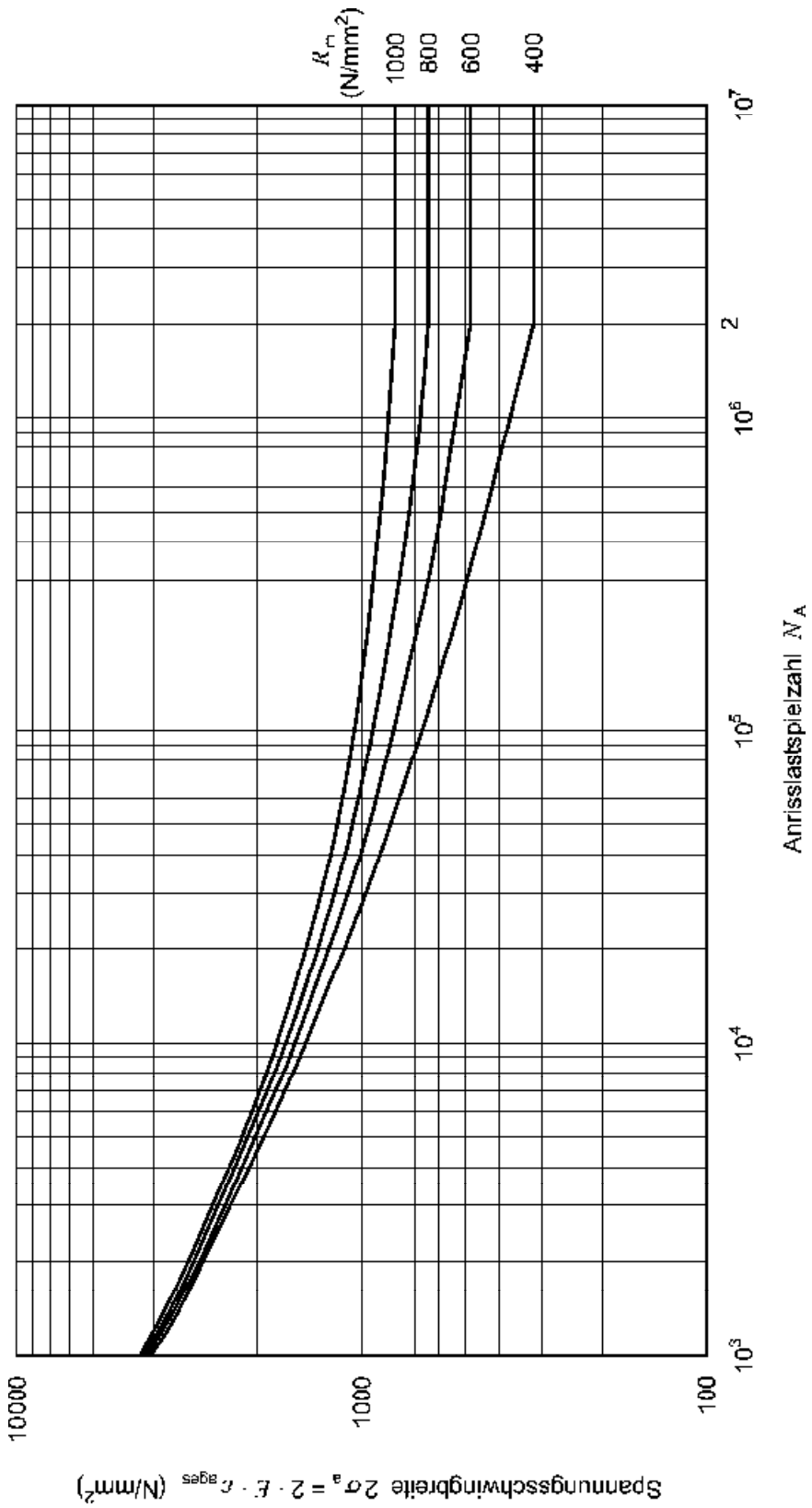


Bild A.7 — Anrisslastspielzahlen (Streuband-Mittelwert) in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite für ungekerbte Probestäbe aus warmfesten ferritischen Walz- und Schmiedestählen bei Raumtemperatur und $\bar{\sigma} = 0$ (AD-Merkblatt S 2, Ausg. 3.90)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

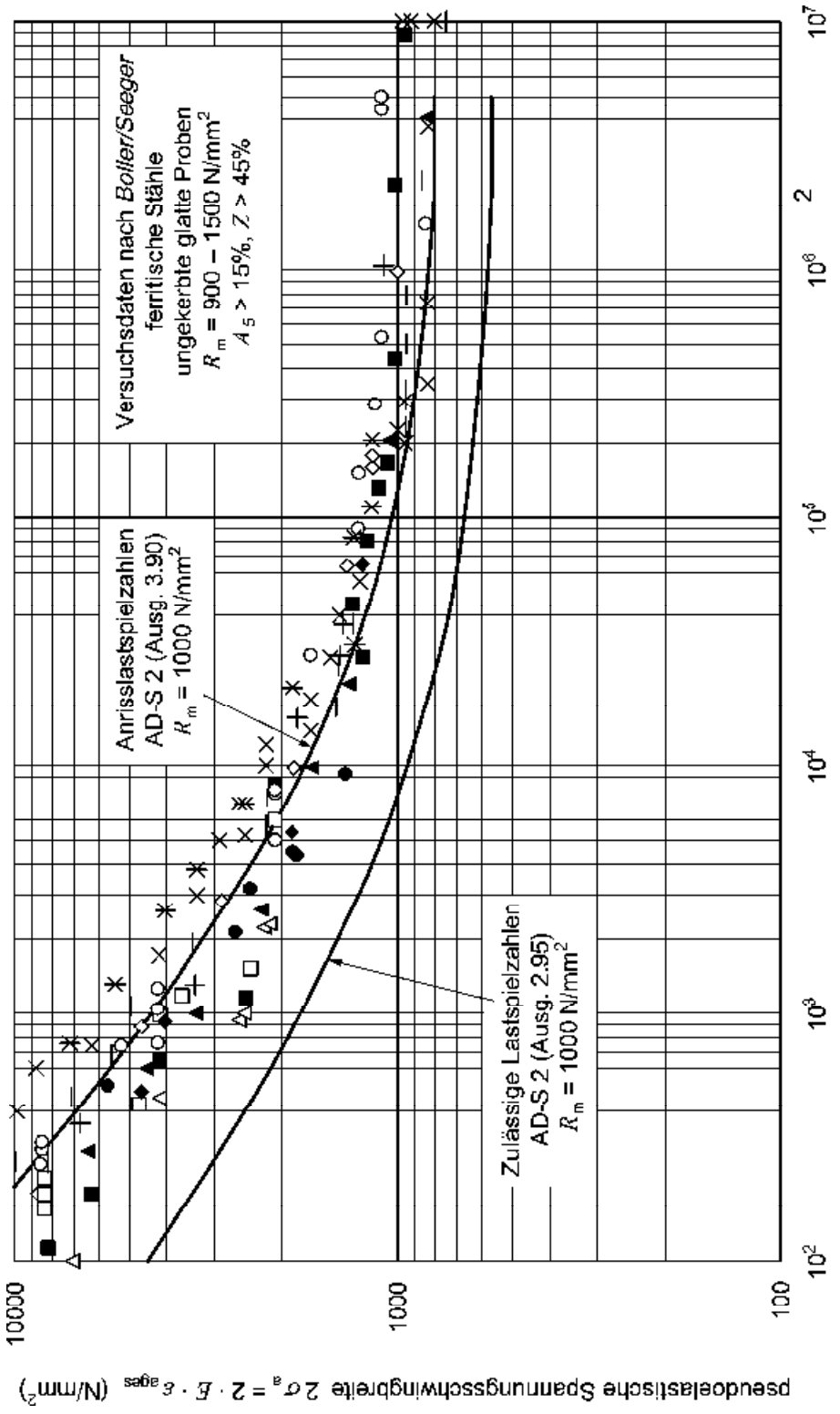


Bild A.8 — Vergleich zwischen Versuchsdaten und AD 2000-Merkblatt S 2

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

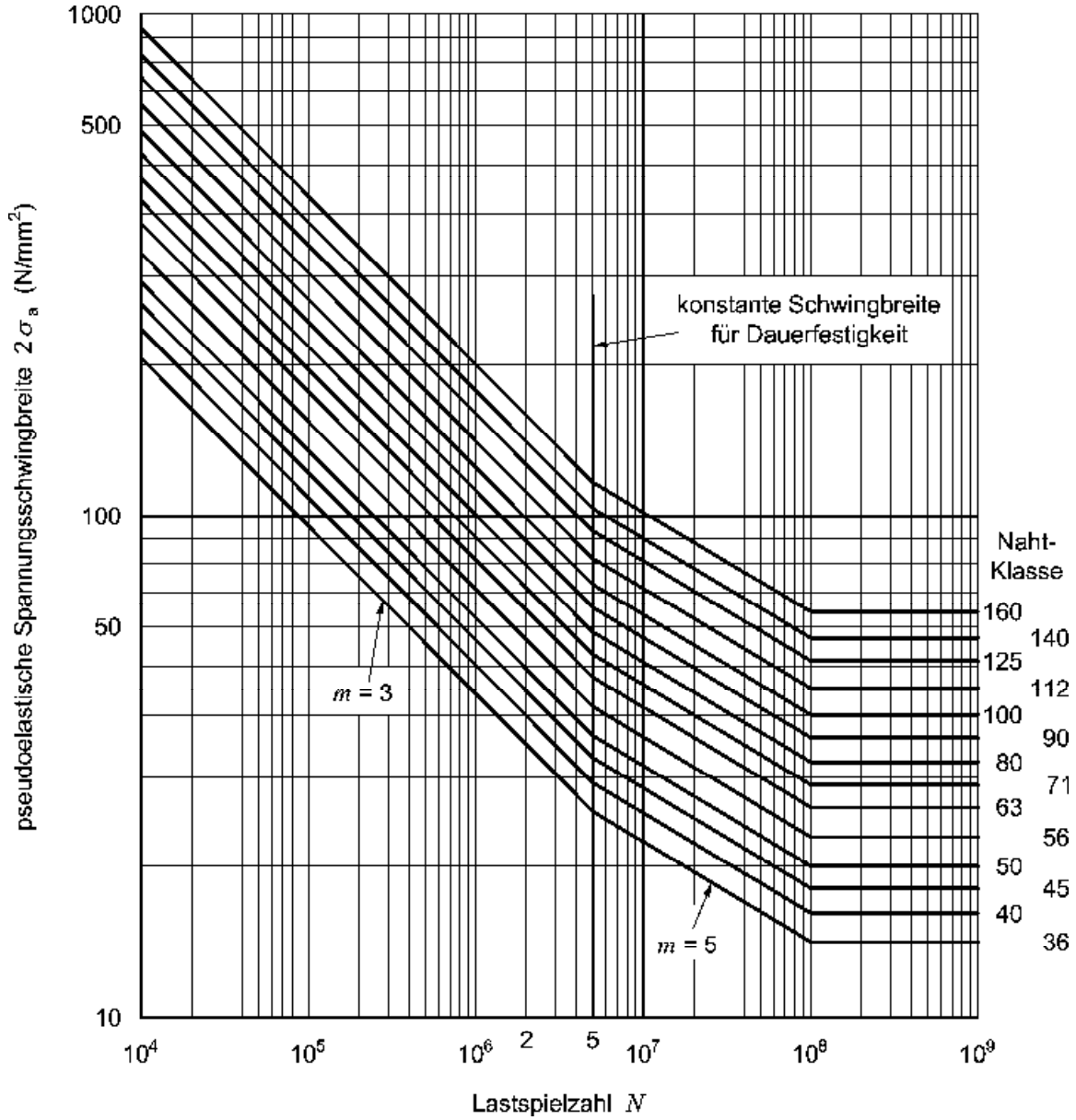


Bild A.9 — Ermüdungskurven für Schweißverbindungen unter Normalspannung nach Eurocode Nr. 3

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt S 2

Hinweise zur Beurteilung von Wechselbeanspruchung aus Schwingfestigkeitsversuchen

1 Festlegung der Prüflast

Die Prüflasten sind auf die jeweiligen Betriebsbedingungen abzustimmen. Wird ein warmbetriebenes Bauteil bei Raumtemperatur geprüft, so muss bei der Festlegung der Prüflast die temperaturbedingte Schwingfestigkeitsverminderung des Werkstoffs berücksichtigt werden. Hierzu kann näherungsweise die $\frac{1}{f_{T^*}}$fache Betriebslast angesetzt werden.

Sollen die Versuchsergebnisse auf geometrisch ähnliche, jedoch größere Bauteile oder auf Bauteile mit größeren Oberflächenrauheiten übertragen werden, sind ggf. Größen- und Oberflächeneinfluss bei der Prüflast zu berücksichtigen. Bei Schwingfestigkeitsversuchen im Bereich höherer Lastspielzahlen (etwa oberhalb 10^5) ist über die Ermittlung der Anrisslastspielzahl hinaus mit der 1,5fachen auf die Betriebsbedingungen abgestimmten Prüflast mit einer Prüflastspielzahl gleich der Betriebslastspielzahl zu prüfen, um die Spannungssicherheit $S = 1{,}5$ nach Abschnitt 7.1.1 dieses Merkblattes nachzuweisen.

2 Ermittlung einer Bauteil-Wöhlerkurve

Soll für ein Bauteil die zulässige Spannungs- oder Betriebslast-Schwingbreite für verschiedene Betriebslastspielzahlen aufgenommen werden, ist bei der Aufstellung des Versuchsprogramms zu berücksichtigen, dass die Streuung von Schwingfestigkeits-Wöhlerkurven im Allgemeinen sehr groß ist.

Zur quantitativen Erfassung dieser Streuung mit Hilfe statistischer Auswertungsmethoden muss das Streuband der Lebensdauerverteilung durch hinreichend viele Versuchspunkte belegt sein, wie im Bild A.3 des Anhangs 1 schematisch dargestellt ist. Auf mehreren Belastungshorizonten sollten mindestens sieben bis acht Bauteile geprüft werden, um für die jeweilige Prüflasthöhe eine statistische Auswertung hinsichtlich der Ausfallwahrscheinlichkeit durchführen zu können. Eine Belegung von Bauteil-Wöhlerkurven, wie in Bild A.4 des Anhangs 1 schematisch dargestellt, kann aufgrund zufallsbedingter Lage der Messpunkte zu keiner Aussage über die Streuung führen. Die durch die Punkte, evtl. durch Ausgleichsrechnungen gezogene „Mittelwert"-Kurve kann bestenfalls mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von $P_{ü} = 50$ % bewertet werden.

Bei Schwingfestigkeitsversuchen im Dauerfestigkeitsbereich oder bei Berücksichtigung eines Betriebslastkollektivs (Betriebsfestigkeitsversuch) wird es ratsam sein, wegen der zu beachtenden Prüftechnik noch weiteres Schrifttum heranzuziehen [59 bis 61].

3 Abschätzung des Risikos bei nur wenigen Versuchsergebnissen

In vielen Fällen ist zur Beurteilung eines Bauteils auf Wechselbeanspruchung ein rechnerischer oder experimenteller Nachweis nur für e i n e Belastungshöhe ausreichend, so dass bei Schwingfestigkeitsversuchen auf die aufwändige Ermittlung einer Bauteil-Lebensdauerkurve verzichtet werden kann. Liegen dann aber noch die beim Versuch ermittelten Anrisslastspielzahlen von nur wenigen Bauteilen derselben Größe vor, kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Mittelwert aus diesen wenigen Einzelergebnissen mit dem Mittelwert aller übrigen nichtgeprüften gleichartigen Bauteile (z. B. einer Baureihe) übereinstimmt.

Es besteht die Gefahr, dass aufgrund zufällig sehr günstiger Versuchsergebnisse die Schwingfestigkeits-Sicherheiten ü b e r schätzt werden. Über die auf den Mittelwert der Versuchsergebnisse N_{Versuch} bezogene Lastspielsicherheit $S_L = 10$ hinaus wird deshalb empfohlen, einen Risiko-Beiwert j_N [55] zu berücksichtigen, der das Risiko einer Fehleinschätzung aufgrund zufallsbedingter überdurchschnittlicher Ergebnisse abgrenzt.

Unter der Voraussetzung Gauß'scher Normalverteilung für die Streuung der Anrisslastspielzahlen und auf der Basis einer statistischen Sicherheit von 95 % kann der Risiko-Beiwert j_N in Abhängigkeit von der Anzahl n der geprüften Bauteile (Anzahl der Prüfergebnisse) und von der zu erwartenden Streuspanne $1/T_N$ aus Bild A.10 dieses Anhangs entnommen oder aus

$$j_N = \left(\frac{1}{T_N}\right)^{\frac{1}{1{,}56\sqrt{n}}} \tag{1}$$

berechnet werden.

Die zulässige Lastspielzahl N_{zul} aus nur wenigen Ergebnissen, die für eine statistische Auswertung nicht ausreichen, ist dann zu ermitteln aus:

$$N_{zul} = \frac{\overline{N}_{\text{Versuch}}}{S_L \cdot j_N} \tag{2}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

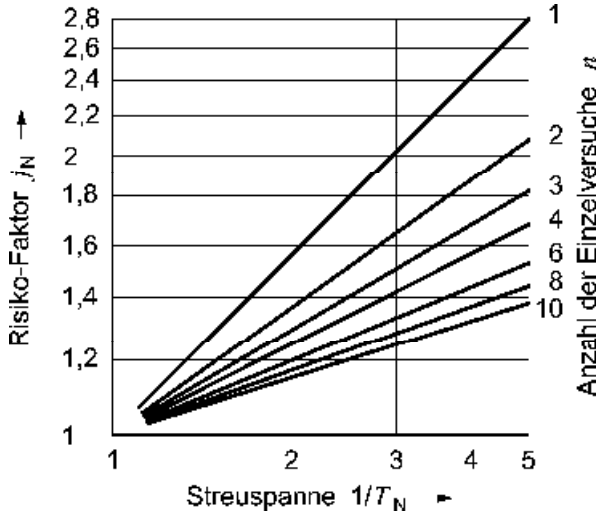


Bild A.10 — Risiko-Beiwert j_N auf der Basis einer statistischen Sicherheit von 95 %

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 3 zum AD 2000-Merkblatt S 2

Hinweise zur Durchführung der Spannungsberechnung

Inhalt

1 Allgemeines
2 Formelzeichen und Einheiten
3 Empfehlungen für Spannungsnachweise
3.1 Zylinderschale mit Ausschnitten
3.2 Verbindung Zylinderschale – Versteifungsring
3.3 Zylinderschale mit Formabweichungen
3.4 Verbindung Zylinderschale – Kegelschale
3.5 Gewölbter Boden mit Ausschnitten
3.6 Verbindung Zylinderschale – Tellerboden mit Eckring oder verstärktem Flansch
3.7 Verbindung Zylinderschale – unverankerter ebener Boden
3.8 Runde unverankerte ebene Platten mit Ausschnitten
3.9 Schraubverbindungen
4 Berechnungsbeispiel
5 Schrifttum

1 Allgemeines

Mit den nachstehenden Hinweisen werden einfache ingenieurmäßige Berechnungsmethoden angegeben, nach denen Struktur- und Kerbspannungen für häufig ausgeführte und lebensdauerrelevante Behälterstrukturen ermittelt werden können.

Die Berechnungsverfahren beschränken sich auf die alleinige Wirkung von innerem Überdruck. Zur Berechnung für andere Belastungsarten wie z. B. aus instationären Temperaturdehnungen wird z. B. auf die Quellen [1] und [4] hingewiesen.

Als Strukturspannung wird hier die nach technischen Tragwerkstheorien (z. B. Theorie der Schalen, Platten, Träger) berechnete Spannung auf der Oberfläche ohne Berücksichtigung der Kerbwirkung (Mikro-Kerben) bezeichnet. Die Strukturformzahl α_s drückt das Verhältnis der Strukturspannung σ_s zur Nennspannung σ_n aus, die in der Regel mit einer mittleren Spannung im Querschnitt einer betrachteten Stelle identisch ist. Die Kerbspannung σ_K ist die über die Strukturspannung hinausgehende maximale örtliche Spannung im Kerbgrund. Mit der Kerbformzahl α_k wird hier das Verhältnis von elastischer Kerbspannung σ_K zur Strukturspannung σ_s definiert. Für die Verknüpfung von Strukturformzahl und Kerbformzahl wird näherungsweise ein multiplikatives Überlagerungsgesetz angenommen, so dass gilt:

$$\sigma_K = \alpha_k \cdot \sigma_s = \alpha_k \cdot \alpha_s \cdot \sigma_n \tag{1}$$

Eine scharfe Abgrenzung zwischen Strukturspannung und Kerbspannung ist nicht immer möglich.

Bei der Beurteilung von Schweißnahtbereichen nach AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitt 7.2 ist die Schweißnahtkerbwirkung bereits in den Lastspielzahlkurven berücksichtigt. Im ungestörten Bereich ungeschweißter Bauteile entspricht α_k dem Oberflächen-Korrekturfaktor f_0.

Bei scharfen Kerben tritt ein von der Spannungsverteilung und vom Werkstoff abhängiger dynamischer Kerbstützeffekt auf, der zu etwas abgeminderteren Kerbspannungen als nach Formel (1) berechnet führt. Dieser Stützeffekt wird jedoch im Rahmen der hier angegebenen Näherungsberechnungen vernachlässigt.

Bei Berechnungen mit direkter Ermittlung der Vergleichsspannung (ohne Verwendung der Spannungskomponenten) sind unter Voraussetzung vernachlässigbarer Schubspannungen und bei Wirkung von nur einer Belastungsart die maximale Vergleichsspannung $\hat{\sigma}_v$, die Vergleichsspannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va}$ und die Vergleichsmittelspannung $\bar{\sigma}_v$ nach den allgemeinen Formeln (2) bis (4) zu bilden.

$$2\,\sigma_{va} = \left(\hat{B} \cdot \alpha_{S\hat{B}} - \check{B} \cdot \alpha_{S\check{B}}\right) \cdot G \tag{2}$$

$$\bar{\sigma}_v = f\left(\frac{\hat{B} \cdot \alpha_{S\hat{B}} + \check{B} \cdot \alpha_{S\check{B}}}{2} \cdot G\right) \tag{3}$$

$$\hat{\sigma}_v = f\left(\max\left\{|\hat{B}| \cdot \alpha_{S\hat{B}}; |\check{B}| \cdot \alpha_{S\check{B}}\right\} \cdot G\right) \tag{4}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Hierin bedeuten:

$\hat{B}, \check{B}$ Extremwerte einer Belastungsgröße, z. B. Innendruck p

$\alpha_{S\hat{B}}, \alpha_{S\check{B}}$ den Belastungsgrößen $\hat{B}$ und $\check{B}$ zugeordnete Strukturformzahlen (bei linearer Abhängigkeit von Belastung und Spannung ist $\alpha_{S\hat{B}} = \alpha_{S\check{B}}$).

G spezielle von geometrischen Größen abhängige Funktion, z. B. auf p bezogene mittlere Vergleichsspannung nach SSH für Zylinderschale

$$G = \frac{D_m}{20 \cdot s}$$

Die Formeln (4) bis (6) nach AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitt 5.2 zur Bildung der Vergleichsspannungsschwingbreite $2\,\sigma_{va}$ und der zugehörigen Vergleichsmittelspannung $\overline{\sigma}_v$ kommen dann nicht zur Anwendung. Liegt ein kombinierter Belastungszustand aus mehreren Belastungsarten vor, sind im Allgemeinen andere Berechnungsverfahren anzuwenden, nach denen die anteilmäßigen Spannungskomponenten zur Überlagerung und Bildung der Vergleichsspannungen ermittelt werden können. Entsprechende Literatur-Hinweise sind in den folgenden Abschnitten enthalten.

Die nachstehenden Berechnungsempfehlungen basieren auf der Grundlage der linearen Elastizitätstheorie (pseudoelastische Spannungen) und gelten für den Sonderfall $\nu = 0{,}3$ und gleichen E-Moduls von miteinander verbundenen Teilen.

2 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

d	Durchmesser eines Abzweiges	mm
f_u	Unrundheitsfaktor	–
h	Höhe eines Kantenversatzes, einer Aufdachung oder Einziehung	mm
s	Nennwanddicke abzüglich der Hälfte des Abnutzungszuschlages	mm
D	Durchmesser eines Grundkörpers	mm
a_b	Biegespannungsformzahl	–
α_k	Kerbformzahl	–
α_s	Strukturformzahl	–
α_{so}	Membranspannungsformzahl	–

Fußzeiger

a außen
i innen
k Kegelschale, Kugelschale
m mittlerer Wert
z Zylinderschale
A Abzweig
B Boden, z. B. gewölbter Boden, Platte
D Dichtung

3 Empfehlungen für Spannungsnachweise

3.1 Zylinderschale mit Ausschnitten

Bei Zylinderschalen mit rohrförmig verstärkten Ausschnitten im Geltungsbereich der AD 2000-Merkblätter B 1 bzw. B 9 liegt das Spannungsmaximum in vielen Fällen am Innenrand der Stutzen-Zylinder-Durchdringung in der Längsschnittebene. Bei relativ großen Ausschnitten und/oder großer Stutzenverstärkung kann sich die Stelle größter Spannung auf die Außenseite der Durchdringung in Richtung Querschnittsebene verlagern. Die aus der Literatur bekannten einschlägigen Formzahlgleichungen gestatten eine überschlägige Berechnung des Strukturspannungshöchstwertes, jedoch nicht die Bestimmung für dessen Lage und Richtung. Falls nicht durch andere Berechnungen nachgewiesen, ist deshalb unabhängig von der Art des Stutzen-Schweißnahtanschlusses an der Durchdringungsstelle (aufgesetzt oder durchgesteckt) die z. B. nach [3] zu berechnende Vergleichsspannung als maßgebende Strukturspannung sowohl für die Innen- als auch die Außenseite der Zylinderschale anzusetzen.

Liegen Ausschnitte im Bereich von elliptischen Formabweichungen (Unrundheiten U), ist außer der Formzahl α_{so} für Membranspannung ein Biegespannungsterm $f_u \cdot \alpha_b$ in Anlehnung an [1] zu berücksichtigen.

Bei Stutzen, die Schrägstellungen in Zylinderlängsrichtung aufweisen, ist die Strukturformzahl α_{so} in Anlehnung an [2] zu korrigieren.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei elliptischen rohrförmigen Ausschnitten, z. B. für Befahr- und Besichtigungsöffnungen mit einem Verhältnis von großer Achse zu kleiner Achse ≤ 1,5, kann sinngemäß wie bei kreisrunden Ausschnitten vorgegangen werden. Dabei ist der maßgebende mittlere Stutzendurchmesser d_m aus der in Längsrichtung des Zylindermantels liegenden Ausschnittsachse zu bestimmen.

Für andere Ausschnittsgeometrien, wie z. B. rechteckige Befüllöffnungen oder langlochartige Schauglaseinsätze, sind keine ausreichend genauen analytischen Berechnungsmethoden zur Ermittlung der Strukturformzahlen bekannt. Bekannte Lösungen für Scheiben oder Platten mit Ausschnitten, z. B. nach [4, 5], können auf Schalen nicht übertragen werden, da infolge der Schalenkrümmung den Strukturmembranspannungen zusätzliche Strukturbiegespannungen überlagert werden.

Bei Blockflanschen oder dickwandigen Einschweißringen (vgl. AD 2000-Merkblatt B 9, Bilder 3a/3b), die den Bedingungen

$$s_A \geq 2 \cdot s_z, \quad b \cdot s_A \geq d_i \cdot s_z \tag{5}$$

genügen, ist mindestens $\alpha_{so} = 2{,}5$ zu setzen.

Für kombinierte rohr- und scheibenförmige Verstärkungen sind keine geschlossenen analytischen Näherungslösungen bekannt. Eine komponentenspezifische Berechnung über Formzahldiagramme ist in [4] enthalten.

Bei unverstärkten kreisförmigen Ausschnitten kann die Strukturspannung nach [4] ermittelt werden.

3.2 Verbindung Zylinderschale – Versteifungsring

Bei Zylinderschalen, an deren Innen- oder Außenwandung Versteifungsringe (vgl. AD 2000-Merkblatt B 6, Bilder 2 und 3) oder Halterungsringe (z. B. für Einbauten) angeschlossen sind, bewirken diese Anschweißteile durch Dehnungsbehinderung Biegespannungen, die sich mit den Membranspannungen aus dem Innendruck überlagern. Die maximale Vergleichsspannung tritt auf der Innenseite auf und kann den rund doppelten Wert der Membranspannung im ungestörten Bereich annehmen. Im Falle von innen angeschweißten Ringen in Verbindung mit einer kerbintensiven Schweißnahtgestaltung können deshalb auch derartige „untergeordnete“ Bauteilbereiche lebensdauerbestimmend sein. Die Vergleichsspannung auf der Außenseite liegt stets unter der Membranspannung im ungestörten Bereich.

Die Berechnung kann nach [12] durchgeführt werden.

3.3 Zylinderschale mit Formabweichungen

Bei Zylinderschalen können auch fertigungsbedingte Formabweichungen mit den hierdurch verursachten Zusatzspannungen ermüdungsrelevante Auswirkungen haben (vgl. AD 2000-Merkblätter HP 1 und HP 5/1). Dies trifft insbesondere für Zylinderschalen ohne sonstige Störstellen zu (z. B. ohne Ausschnitte), deren Dimensionierung auf glatte Zylinderschalen abgestimmt ist und die Stelle maximaler Formabweichung mit einer voll beanspruchten Schweißnaht (Längsnaht) zusammenfällt.

Bei ovaler Formabweichung kann sinngemäß nach [1] vorgegangen werden, wobei $\alpha_{so} = 1$ und $\alpha_b = 1$ zu setzen ist.

Bei Kantenversatz der Längsnaht wird die Berechnung nach [4] empfohlen.

Bei Aufdachungen oder Einziehungen kann die Strukturspannung konservativ nach AD 2000-Merkblatt HP 1, Anhang 1 bestimmt werden.

Sofern im Einzelfall hierzu genauere Berechnungen durchgeführt werden sollen, können Berechnungen nach der Theorie 2. Ordnung vorgenommen werden [9], d. h. unter Berücksichtigung der sich einstellenden Verformung unter Druckbelastung und damit Verringerung der Biegespannungen. Auf die Notwendigkeit einer ausreichenden Anzahl der Fourieramplituden (Stützstellen) zur Erzielung realer Spannungswerte wird hingewiesen.

3.4 Verbindung Zylinderschale – Kegelschale

Der Übergang kegelförmiger Mäntel zum zylindrischen Teil kann entweder als Eckstoß oder als Torus ausgebildet sein. Die maximale Strukturspannung tritt im Eckstoß bzw. in der Krempe auf.

Der eckgeschweißte Kegelmantel ist für Ermüdungsbeanspruchung sehr ungünstig, da bei dieser Ausführung die höchsten Strukturspannungen auftreten und an der Stelle maximaler Strukturspannung zusätzlich Schweißnahtkerbspannungen wirken.

Die Berechnung kann auf der Grundlage des Anhanges zu AD 2000-Merkblatt B 2 durchgeführt werden.

Bei unmittelbarem Anschluss von Böden, insbesondere von ebenen Böden, sind infolge gegenseitiger Beeinflussung deutlich höhere Spannungen gegenüber dieser Berechnung zu erwarten.

Kegelausschnitte sind unter Beachtung von AD 2000-Merkblatt B 2, Abschnitt 6 sinngemäß nach Abschnitt 3 dieses Anhanges zu berechnen.

3.5 Gewölbter Boden mit Ausschnitten

Bei gewölbten Böden mit Ausschnitten kann sowohl die Bodenkrempe als auch der Kalottenbereich mit Ausschnitten lebensdauerbestimmend sein. Es sind deshalb beide Bereiche einer Spannungsberechnung zu unterziehen.

Die für Ausschnitte in Zylinderschalen in Abschnitt 3.2 angegebenen Hinweise gelten grundsätzlich auch für Ausschnitte im Kalottenbereich von gewölbten Böden. Die örtlichen Spannungen wirken jedoch hier am gesamten Ausschnittsrand.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Strukturspannung an der Bodenkrempe kann nach [4] oder über die α-Kurven in den Bildern 2 und 3 im Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt B 3 ermittelt werden.

Die Bodenkalotte mit rohrförmig verstärktem oder unverstärktem Ausschnitt kann nach [6] berechnet werden. Die Berechnung gilt jedoch nicht für Ausschnitte im Krempenbereich (außerhalb $0{,}6 \cdot D_a$, vgl. AD 2000-Merkblatt B 3, Abschnitt 8.1.4 und Bild 2).

Bei Blockflanschen oder dickwandigen Einschweißringen kann mit einer Strukturformzahl $\alpha_s = 2{,}0$ gerechnet werden, sofern die Bedingungen sinngemäß nach Formel (5) erfüllt sind.

Detailliertere analytische Berechnungsverfahren, die auch eine Ermittlung der Strukturspannungen im Stutzen an der Durchdringung gestatten, sind in [4] und [7] angegeben.

3.6 Verbindung Zylinderschale – Tellerboden mit Eckring oder verstärktem Flansch

Die Strukturspannungen für Tellerböden, die über einen Eckring oder eine verstärkte Flanschverbindung mit durchgehender Dichtung an eine Zylinderschale angeschlossen sind, können nach [4] berechnet werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Flanschverbindung ausreichend vorgespannt ist und nicht im Zyklus der Wechselbelastung gelöst wird. Spannungsmaxima treten auf der Innenseite auf, und zwar im Übergangsbereich von Tellerboden bzw. Zylindermantel zum Eckring oder zu den Flanschblättern, an der in vielen Fällen auch die Anschlussschweißnähte liegen.

3.7 Verbindung Zylinderschale – unverankerter ebener Boden

Die Verbindungsstelle eines ebenen Bodens an einen Zylindermantel ist ebenfalls ein ermüdungskritischer Bereich. Im Falle eines Vollbodens mit $s_B/s_z > 1$ tritt die maximale Vergleichsspannung immer in der Zylinderwandung (Innenseite) an der Anschlussstelle auf, die z. B. nach [11] ermittelt werden kann. Detailliertere Berechnungen können auch nach [4] durchgeführt werden. Die Berechnungen setzen voraus, dass die ebenen Böden volltragend an- oder eingeschweißt sind (vgl. AD 2000-Merkblatt B 5, Tafel 1, Ausführungen c, f und h).

3.8 Runde unverankerte ebene Platten mit Ausschnitten

Als ermüdungskritische Stelle bei Platten mit Ausschnitten ist in der Regel der Ausschnittsbereich anzusehen. Bei verstärkten Ausschnitten kann dabei das Spannungsmaximum je nach den Abmessungsverhältnissen sowohl im Stutzenrohr als auch in der Platte liegen.

Liegen Abmessungs-Randbedingungen nach Formel (6) vor,

$$0{,}05 \leq \frac{d_a}{d_D} \leq 0{,}3, \quad 0{,}1 \leq \frac{s_A}{s_B} \leq 0{,}3 \tag{6}$$

liegt die maximale Vergleichsspannung immer an der Anschlussstelle des Stutzenrohres an die Platte, so dass das Stutzenrohr lebensdauerbestimmend für die Platte ist. Eine Berechnungsmethode ist in [4] angegeben.

Zur Berechnung von ebenen Platten für andere Lastfälle und Lastkombinationen wird auf die Literatur [4], [13] und [14] hingewiesen.

3.9 Schraubverbindungen

Schraubverbindungen als lösbare Verbindungselemente von Druckbehälterteilen können lebensdauerrelevanten Beanspruchungen ausgesetzt sein, wenn bei veränderlicher Betriebsbelastung hohe wechselnde Schraubenkräfte wirksam werden wie z. B. bei nicht oder nicht ausreichend vorgespannten Verbindungen sowie beim häufigen Lösen der Verschraubung.

Bei üblicherweise ungleichartiger Beanspruchung von Schrauben- und Mutterteil (Schraube: Zug; Mutter: Druck) befindet sich die höchstbeanspruchte Stelle im Allgemeinen im Bereich des ersten tragenden Gewindeganges. Die extreme Spannungsüberhöhung an dieser Stelle ist bedingt durch die Kerbwirkung des Gewindes und die Krafteinleitung in die Gewindeflanke sowie durch die zusätzliche Biegebeanspruchung infolge der Flankenbelastung. Die Lastverteilung im Gewindeeingriff sowie die Gewindekerbwirkung hängen im Wesentlichen von der Gewindeform und der Nachgiebigkeit der Gewindeträger (Abmessungsverhältnisse) ab. Die Spannungserhöhungsfaktoren (Kerbformzahlen α_k) liegen bei üblichen Gewindeträgerabmessungen für Spitzgewinde (metrisches ISO-Gewinde, Whitworth-Gewinde) am niedrigsten. Für Sägen- oder Trapezgewinde können zwei- bis dreifache Werte gegenüber Spitzgewinde auftreten.

Zur analytischen Berechnung der Gewindelastverteilung und der Kerbformzahl α_k wird auf die Literatur [16] bis [19] hingewiesen. Zur Optimierung einer Schraubverbindung sind wegen der vielfältigen Einflussgrößen detaillierte Berechnungen mit großem Berechnungsaufwand erforderlich [20].

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4 Berechnungsbeispiel

Druckbehälter für Kohlestaubeinblasanlage

1 Angaben zur Konstruktion

Siehe Bild A.11

Zylindermantel, Kegelmantel, Korbbogenboden, Deckel und Stutzenbleche aus P265GH

Stutzenrohre aus P235GH

Flansche aus P250GH, Druckstufe PN 16

Blinddeckel mit durchgehender Dichtung

Gestaltung der Schweißverbindungen von drucktragenden Wandungen (Längs-, Rundnähte und Stutzenanschlussnähte) entsprechend Schweißnahtklasse K 1, von Anschweißteilen Klasse K 2

Spezifischer Abnutzungszuschlag für Mäntel und Böden: 2 mm (Wanddicken sind Nennwanddicken)

2 Betriebsdaten

Maximal zulässiger Druck	16 bar
Betriebstemperatur	50 °C
Innendruckschwankungsbreite	$\hat{p} - \check{p} = 12 - 0 = 12$ bar
Betriebslastspielzahl	$N = 250000$

(entsprechend 3 Zyklen/h, 3-Schichtbetrieb, 10 Jahre)

3 Zulässige Spannungsschwingbreiten nach AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitt 7

3.1 Ungeschweißter Bereich, Walzhaut

P265GH $\Rightarrow$ $R_m = 410$ N/mm^2

$R_{p0,2/T^*} = 255$ N/mm^2

Spannungsschwingbreite, polierte Oberfläche nach Formel (14)

$$2\,\sigma_a = \frac{4 \cdot 10^4}{\sqrt{250000}} + 0{,}55 \cdot 410 - 10 = 296 \text{ N/mm}^2$$

Oberflächenfaktor nach Tafel 3, Formeln (15), (16)

$$F_o = 1 - 0{,}056 \cdot (\ln 200)^{0{,}64} \cdot \ln 410 + 0{,}289 \cdot (\ln 200)^{0{,}53} = 0{,}72$$

$$f_0 = (0{,}72)^{\frac{0{,}4343 \cdot \ln 250000 - 2}{4{,}301}} = 0{,}77$$

Wanddickenfaktor nach Formeln (17), (18)

$$F_d = \left(\frac{25}{30}\right)^{\frac{1}{10}} = 0{,}982$$

$$f_d = 0{,}982^{\frac{0{,}4343 \cdot \ln 250000 - 2}{4{,}301}} = 0{,}986$$

Mittelspannungsfaktor nach Formeln (19), (21)

$\hat{\sigma}_v = 2\,\sigma_{va} = 119$ N/mm^2 (siehe 4.2.1)

$\overline{\sigma}_v = 59{,}5$ N/mm^2

$M = 0{,}00035 \cdot 410 - 0{,}1 = 0{,}0435$

$$f_M = \sqrt{1 - \frac{0{,}0435\,(2 + 0{,}0435)}{1 + 0{,}0435} \cdot \frac{59{,}5}{148}} = 0{,}98$$

Temperatureinflussfaktor $f_{T^*} = 1$

Zulässige Spannungsschwingbreite nach Formel (13) für Walzhautoberfläche (WH)

$$2\,\sigma_{azul/WH} = 296 \cdot 0{,}77 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}986 \cdot 1 = 220 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2 Geschweißter Bereich, Klassen K 1 und K 2

Spannungsschwingbreiten nach Tafel 4, Formel (27)

$$2\,\sigma_{a/K\,1} = \left(\frac{5 \cdot 10^{11}}{250000}\right)^{\frac{1}{3}} = 126\ (\text{N/mm}^2)$$

$$2\,\sigma_{a/K\,2} = \left(\frac{2{,}5 \cdot 10^{11}}{250000}\right)^{\frac{1}{3}} = 100\ (\text{N/mm}^2)$$

Wanddickenfaktor

$$F_d = \left(\frac{25}{30}\right)^{\frac{1}{4}} = 0{,}955$$

$$f_d = 0{,}955^{\frac{0{,}4343 \cdot \ln 250000 - 2}{4{,}301}} = 0{,}97$$

Zulässige Spannungsschwingbreiten nach Formel (26) für Klassen K 1 und K 2

$$2\,\sigma_{azul/K\,1} = 126 \cdot 0{,}97 = 122\ \text{N/mm}^2$$

$$2\,\sigma_{azul/K\,2} = 100 \cdot 0{,}97 = \ \ 97\ \text{N/mm}^2$$

4 Vergleichsspannungsschwingbreiten

Bei reiner Schwellbeanspruchung und alleiniger Wirkung von Innendruck können die Vergleichsspannungsschwingbreiten vereinfacht nach der allgemeinen Formel (2) mit $\breve{B} \cdot \alpha_{S\breve{B}} = 0$ gebildet werden.

4.1 Zylinderschale mit Formabweichungen (Aufdachung)

Spannungsschwingbreite nach [8]

$$2\,\sigma_{va} \mathrel{\hat{=}} \sigma_u = \frac{D_i \cdot p}{20 \cdot s_z} + 6 \cdot \frac{D_i \cdot h \cdot p}{20 \cdot s_z^2}$$

$$= \frac{2942 \cdot 12}{20 \cdot 29} + 6 \cdot \frac{2942 \cdot 5 \cdot 12}{20 \cdot 29^2} = 124\ \text{N/mm}^2$$

$$\approx 2\,\sigma_{azul/K\,1} = 122$$

4.2 Gewölbter Boden mit Ausschnitten

4.2.1 Bodenkrempe

Strukturformzahl nach AD 2000-Merkblatt B 3, Anhang 1

$$\alpha_s \mathrel{\hat{=}} \alpha = 3{,}9$$

Spannungsschwingbreite

$$2\,\sigma_{va} = \alpha_s \cdot \frac{D_i \cdot p}{40 \cdot s_k}$$

$$= 3{,}9 \cdot \frac{2942 \cdot 12}{40 \cdot 29} = 119\ \text{N/mm}^2$$

$$< 2\,\sigma_{azul/WH} = 220$$

4.2.2 Bodenkalotte mit Ausschnitt, Stutzen Pos. 6

Strukturformzahl nach [6], Abschnitt G.2.5.2

$$\alpha_s \mathrel{\hat{=}} \text{s.c.f.} = 2{,}0$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Spannungsschwingbreite

$$2\,\sigma_{va} = \alpha_s \cdot \frac{(R_i + s_k/2)\cdot p}{20 \cdot s_k}$$

$$= 2{,}0 \cdot \frac{(2400 + 29/2)\cdot 12}{20 \cdot 29} = 100 \text{ N/mm}^2$$

$$< 2\,\sigma_{azul/K\,1} = 122$$

4.3 Kegelschale

4.3.1 Krempe am oberen Kegelschuss

Spannungsschwingbreite nach AD 2000-Merkblatt B 2, Anhang

$$\frac{e^z}{10} = 6{,}83$$

$$2\,\sigma_{va} \mathrel{\hat{=}} \sigma_{vg} = \frac{e^z}{10} \cdot p$$

$$= 6{,}83 \cdot 12 = 82 \text{ N/mm}^2 < 2\,\sigma_{azul/K\,1} = 122$$

4.3.2 Ausschnitt im mittleren Kegelschuss, Stutzen Pos. 8

Strukturformzahl nach [3] unter Berücksichtigung eines Zylinder-Ersatzdurchmessers $D_i = 2200$ mm nach AD 2000-Merkblatt B 2

$$\alpha_s = 2{,}61$$

Hier im speziellen Fall keine Formabweichung berücksichtigt ($\alpha_s = \alpha_{so}$).

Spannungsschwingbreite

$$2\,\sigma_{va} = \alpha_s \cdot \frac{D_m \cdot p}{20 \cdot s_k}$$

$$= 2{,}61 \cdot \frac{2229 \cdot 12}{20 \cdot 29} = 120 \text{ N/mm}^2$$

$$< 2\,\sigma_{azul/K\,1} = 122$$

4.4 Ebene Platten

Blinddeckel Pos. 9 mit Stutzen Pos. 10

Strukturformzahl aus BR-E13 [4]

$$\alpha_s \mathrel{\hat{=}} K_5 = 2{,}85$$

Spannungsschwingbreite

$$2\,\sigma_{va} \mathrel{\hat{=}} \sigma_v = 0{,}31 \cdot \left(\frac{d_D}{s_B}\right)^2 \cdot \frac{p}{10} \cdot \alpha_s$$

$$= 2{,}85 \cdot 0{,}31 \cdot \left(\frac{370}{35}\right)^2 \cdot \frac{12}{10} = 118 \text{ N/mm}^2$$

$$< 2\,\sigma_{azul/K\,1} = 122$$

4.5 Zylinderschale mit Tragpratzen

Tragpratzenkonstruktion mit Verstärkungsblech, Stege und Auflagerblech im Hinblick auf dehnungsbehindernde Wirkung für Zylinderschale konservativerweise als rechteckförmigen „Kern“ in Scheibe unter zweiachsiger Zugbeanspruchung betrachtet.

Berechnung der Strukturformzahl nach [5], Abschnitt 2.4, Formeln (51) bis (54) mit Polynomkoeffizienten nach Tabelle 4 oder aus Bild 36.

Strukturformzahl $\alpha_s = 2{,}1$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Spannungsschwingbreite

$$2\,\sigma_{va} \mathrel{\hat{=}} \sigma_u = \alpha_s \cdot \frac{D_m \cdot p}{20 \cdot s_z}$$

$$= 2{,}1 \cdot \frac{2942 \cdot 12}{20 \cdot 29} = 128 \text{ N/mm}^2$$

$$> 2\,\sigma_{azul/K\,2} = 97$$

Die zulässige Spannungsschwingbreite wird überschritten. Die Zulässigkeit der vorgesehenen Konstruktion kann ggf. durch genauere Spannungsberechnung nachgewiesen werden. Anderenfalls ist eine Konstruktionsänderung erforderlich.

5 Schrifttum

[1] TRD 301 Anlage 1: Berechnung auf Wechselbeanspruchung durch schwellenden Innendruck bzw. durch kombinierte Innendruck- und Temperaturänderungen.
Ausgabe April 1975. Heymanns Verlag, Köln; Beuth Verlag, Berlin.

[2] KTA 3211.2: Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises. Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung, 6/1992.

[3] *Duan-Shou Xie* u. *Yong-Guo Lu*: Prediction of Stress Concentration Factors for Cylindrical Pressure Vessels with Nozzles.
Int. J. Pressure Vessel & Piping **21** (1985).

[4] Richtlinienkatalog Festigkeitsberechnungen (RKF), Behälter und Apparate Teil 6.
Ausgabe 1986. Linde-KCA-Dresden GmbH.

[5] *Radaj, D.*, u. *G. Schilberth*: Kerbspannungen an Ausschnitten und Einschlüssen.
Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf 1977.

[6] BS 5500:1994 Specification for Unfired fusion welded pressure vessels. British Standard Institution: London 1994.

[7] *Varga, L.*: Bestimmung der in der Umgebung der Ausschnitte von innendruckbeanspruchten Druckbehälterdeckeln auftretenden Spannungen.
Forsch. Ing.-Wes. **29** (1963).

[8] *Schmidt, K.*: Beanspruchung unrunder Druckbehälter.
VDZ-Z. (1960) Nr. 1, S. 11/15.

[9] *Pich, R.*: Der Zusammenhang zwischen der Unrundheit von Kesseltrommeln und den zugehörigen Biegezusatzspannungen.
Mitt. VGB (1966) H. 103, S. 270/279.

[10] *John H. H.*, *G. Lässig* u. *D. Niedermeyer*: Ursache für Rissschäden im Längsnahtbereich von zylindrischen Apparatemänteln.
Chem. Techn. (1990) H. 6, S. 242/245.

[11] *Sterr, G.*: Die genaue Ermittlung des C-Wertes für die am Rande mit einem Schuss verschweißte Kreisvollplatte unter Berücksichtigung der im Schuss auftretenden Spannungen.
Techn. Überwach. **4** (1963) Nr. 4, S. 140/143.

[12] *Zellerer E.*, u. *H. Thiel*: Beitrag zur Berechnung von Druckbehältern mit Ringversteifungen.
Die Bautechnik **44** (1967) H. 10, S. 333/339.

[13] *Warren C. Young*: Roark's Formulas for Stress and Strain.
MCGraw-Hill Book Company 1989, 6. Edition.

[14] DIN 3840 „Armaturengehäuse – Festigkeitsberechnung gegen Innendruck". Entwurf August 1989.
Beuth Verlag GmbH, Berlin.

[15] VDI-Richtlinie 2230 „Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen".
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1986.

[16] *Maduschka, L.*: Beanspruchung von Schraubenverbindungen und zweckmäßige Gestaltung der Gewindeträger.
Forschung **7** (1936) H. 6, S. 299–304.

[17] *Hase, R.*: Verformung der Gewindegänge bei Belastung der Gewindeverbindung.
Werkstatt und Betrieb **111** (1978) H. 12, S. 813–815.

[18] *Neuber, H.*, *J. Schmidt* u. *K. Heckel*: Ein dauerschwingfestes Gewindeprofil.
Konstruktion **27** (1975) H. 11, S. 419–421.

[19] *Neuber, H.*: Kerbspannungslehre.
3. Aufl., Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1985.

[20] *Gorsitzke, B.*: Kerbspannungsberechnung von Schraubverbindungen.
Interner Berechnungsbericht des RWTÜV (1994).

[21] *Zeman, J. L.*: Aufdachung an Längsnähten zylindrischer Schüsse.
Techn. Überwach. **34** (1993) Nr. 7/8, S. 292/295.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

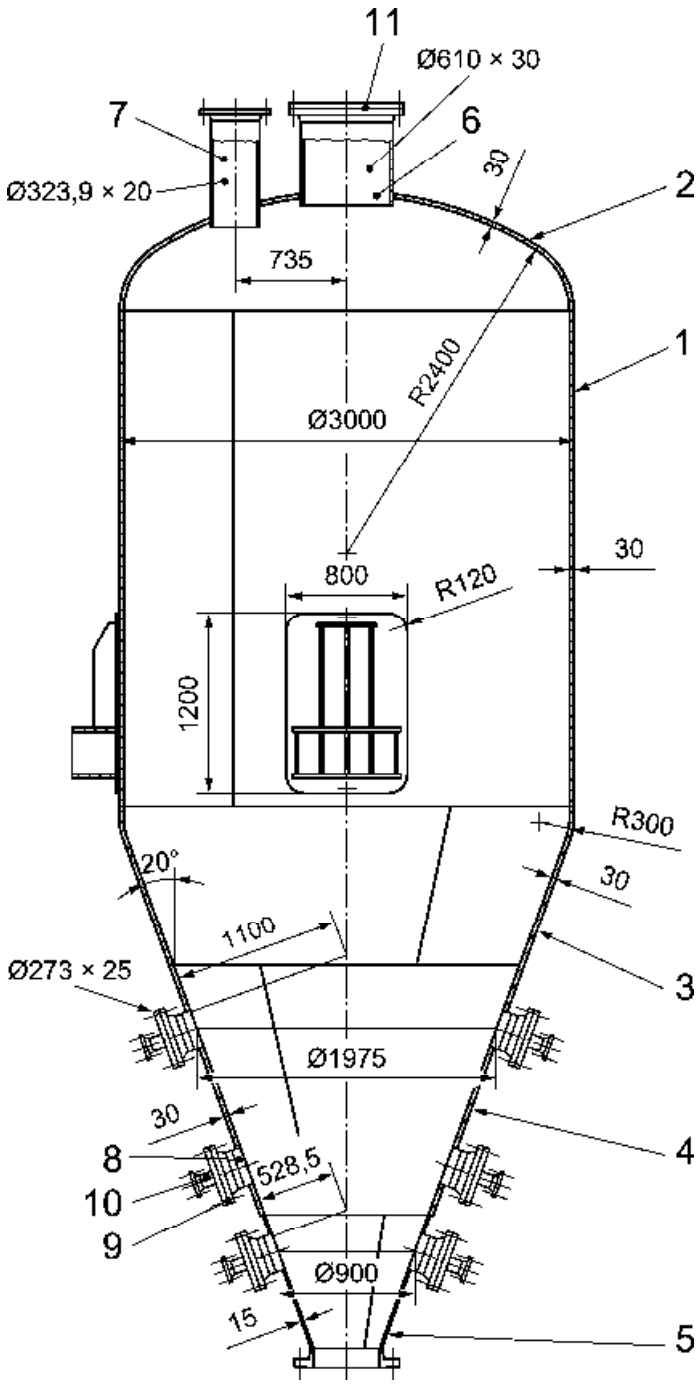


Bild A.11 — Druckbehälter für Kohlestaubblasanlage (Berechnungsbeispiel)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 4 zum AD 2000-Merkblatt S 2

Alternative Berechnung für höhere zulässige Spannungsschwingbreiten oder Lastspielzahlen bei verkürzten Prüffristen

1 Geltungsbereich

Die nachstehende alternative Berechnungsmethode kann angewendet werden, wenn die Prüfintervalle für die Prüfungen während des Betriebes und nach Erreichen der rechnerischen Lebensdauer gemäß den Abschnitten 12.3 und 14.2 dieses AD 2000-Merkblattes von 50 % der festgelegten Lastspielzahl auf 25 % verkürzt werden.

2 Allgemeines

Die Lastspielzahlkurven nach den Bildern A.12 und A.13 sind nach wirtschaftlichen Aspekten unter Zugrundelegung kleinerer Lastspielzahlsicherheit S_N bzw. größerer Ausfallwahrscheinlichkeit P_A unter Beibehaltung der zulässigen Spannungsschwingbreiten im Dauerfestigkeitsbereich nach höheren zulässigen Spannungen bzw. Lastspielzahlen angehoben worden.

Die Lastspielzahl, von der ab die Lastspielzahlkurven horizontal verlaufen („Ecklastspielzahl“), wurde einheitlich von $2 \cdot 10^6$ auf $5 \cdot 10^6$ (Bilder A.12 und A.13) verschoben.

Diese alternative Berechnungsmethode kann im Hinblick auf das rechtzeitige Erkennen von eventuell auftretenden Ermüdungsanrissen als sicherheitstechnisch gleichwertig mit der Berechnung nach dem Hauptteil dieses Merkblattes betrachtet werden.

Bei ungünstiger Lage der realen Werkstoffkennwerte im Streufeld der Lebensdauerkurven kann sich jedoch die Gebrauchsdauer nach Überschreitung der rechnerischen Lebensdauer ggf. verkürzen.

Wenn in diesem Anhang nicht anders angegeben, gelten alle anderen Regelungen im Hauptteil dieses Merkblattes.

3 Zulässige Spannungsschwingbreite bei bekannter Lastspielzahl

3.1 Ungeschweißte Bauteilbereiche

Die zulässige Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_{azul}$ ist nach Formel (13) zu berechnen, wobei die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ für ungekerbte, polierte Probestäbe nach Formel (A.1) im Geltungsbereich $10^2 \le N \le 5 \cdot 10^6$ zu ermitteln oder aus Bild A.12 zu entnehmen ist.

Die Kurven enthalten gegenüber den mittleren Anrisskurven eine Lastspielzahlsicherheit von $S_N = 3$ bis 5 und eine Spannungssicherheit von ca. $S_\sigma = 1{,}5$.

$$2\,\sigma_a = \frac{6{,}7 \cdot 10^4}{\sqrt{N}} + 0{,}55 \cdot R_m - 10 \qquad \text{(A.1)}$$

Die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ für den Dauerfestigkeitsbereich ($N \ge 5 \cdot 10^6$) kann auch aus Tafel A.1 entnommen werden.

Tafel A.1 — Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ im Dauerfestigkeitsbereich für ungekerbte Probestäbe

Zugfestigkeit R_m [N/mm²]	$2\,\sigma_a$ = konst. [N/mm²]	
	$N \ge 5 \cdot 10^6$	$N \ge 10^8$ bei Lastkollektiv
400	240	178
600	350	259
800	460	341
1000	570	422

3.2 Geschweißte Bauteilbereiche

Die zulässige Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_{azul}$ ist nach Formel (26) zu berechnen. Dabei ist die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ aus Bild A.13 zu entnehmen.

Die Kurven des Bildes A.13 sind durch die Formel (27) im Bereich $10^2 \le N \le 5 \cdot 10^6$ und Konstanten der Tafel A.2 beschrieben.

Den Lastspielzahlkurven liegt eine Ausfallwahrscheinlichkeit von $P_A = 2{,}3$ % zugrunde.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel A.2 — Konstanten B 1, B 2 und Spannungsschwingbreite 2 σ_a im Dauerfestigkeitsbereich für Schweißverbindungen

Klasse	Konstante		Spannungsschwingbreite 2 σ_a = konst. [N/mm²]	
	B 1 $10^2 \le N \le 5 \cdot 10^6$	B 2 $5 \cdot 10^6 \le N \le 10^8$	$N \ge 5 \cdot 10^6$	$N \ge 10^8$ bei Lastkollektiv
K 0	$3{,}89 \cdot 10^{12}$	$3{,}30 \cdot 10^{16}$	92	51
K 1	$1{,}25 \cdot 10^{12}$	$4{,}96 \cdot 10^{15}$	63	35
K 2	$6{,}25 \cdot 10^{11}$	$1{,}56 \cdot 10^{15}$	50	28
K 3	$3{,}2 \cdot 10^{11}$	$5{,}12 \cdot 10^{14}$	40	22

4 Zulässige Lastspielzahl bei bekannter Spannungsschwingbreite

4.1 Ungeschweißte Bauteile

Die zulässige Lastspielzahl ist aus Formel (A.2) zu berechnen oder aus Bild A.12 zu entnehmen.

$$N_{zul} = \left(\frac{6{,}7 \cdot 10^4}{2\,\sigma_a^* - 0{,}55 \cdot R_m + 10} \right)^2 \qquad \text{(A.2)}$$

Hierbei ist 2 σ_a^* die Spannungsschwingbreite nach Formel (30).

Bei Werten für 2 σ_a^* unterhalb der Kurven nach Bild A.12 im Bereich $N \ge 5 \cdot 10^6$ oder bei 2 $\sigma_a^* \le 2\ \sigma_a$ für $N \ge 5 \cdot 10^6$ nach Tafel A.1 liegt Dauerfestigkeit vor.

4.2 Geschweißte Bauteile

Die zulässige Lastspielzahl wird nach Formel (31) mit den Konstanten B 1 aus Tafel A.2 und der Spannungsschwingbreite 2 σ_a^* aus Formel (32) oder aus Bild A.13 ermittelt.

5 Berücksichtigung eines Betriebslastkollektivs

Der Berechnungsgang ist sinngemäß nach AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitt 9 durchzuführen, wobei die entsprechenden Lastspielzahlkurven aus Bild A.12 bzw. Bild A.13 anzuwenden sind. Die fiktiven Lastspielzahlkurven können für ungeschweißte Bauteile nach Formel (A.3)

$$N_{zulk} = \left(\frac{2{,}57 \cdot R_m + 95}{2\,\sigma_a^*} \right)^2 \qquad \text{(A.3)}$$

und für Schweißverbindungen nach Formel (36) mit den in Tafel A.2 angegebenen Konstanten B 2 beschrieben werden.

6 Prüfungen während des Betriebes

Die Prüfintervalle für die Prüfungen nach AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitt 12.3 sind von der Hälfte auf ein Viertel der festgelegten Lastspielzahl zu verkürzen.

Bei tiefen zulässigen Temperaturen unterhalb von −200 °C sind die Prüfintervalle auf ein Achtel zu verkürzen.

7 Berücksichtigung besonderer Betriebsbedingungen

7.1 Für Stahlflaschen und nahtlos hergestellte Druckgasbehälter aus Vergütungsstählen zum Transport von kaltem Druckwasserstoff gilt sinngemäß AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitt 13.2, wobei die reduzierte Lastspielzahl N^*_{zul} nach Formel (39) mit N_{zul} nach Formel (A.2) und f_N = 1/10 zu berechnen ist.

7.2 Bei geschweißten Behältern entsprechend AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitt 13.3 ist die nach Formel (31) unter Anwendung der Konstanten B 1 bzw. B 2 nach Tafel A.2 berechnete Lastspielzahl mit einem Abminderungsfaktor nach Formel (40) herabzusetzen, sofern $K_{20} \le 355$ N/mm² beträgt.

Für Behälter mit Festigkeitskennwerten K_{20} von $355 < K_{20} \le 500$ N/mm² sind nur 50 % der unter Verwendung der Formel (40) ermittelten Lastspielzahlen als zulässig anzusetzen.

Bei ungeschweißten Bauteilen oder kerbfrei geschliffenen Nähten an der wasserstoffbenetzten Wandungsseite kann die zulässige Lastspielzahl nach Abschnitt 3.1 bzw. 3.2 unter Anwendung von Formeln (39) und (41) bestimmt werden. Eine weitere Abminderung bei $K_{20} > 355$ N/mm² ist nicht erforderlich.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8 Maßnahmen bei Erreichen der rechnerischen Lebensdauer

Werden bei den Prüfungen gemäß AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitt 14.1 keine Risse gefunden, so ist ein Weiterbetrieb bis zum Erreichen des 5fachen Wertes der rechnerischen Lastspielzahl N_{zul} oder der Schädigungssumme nach Formel (34) zulässig. Voraussetzung hierfür ist, dass bei den zerstörungsfreien Prüfungen mit Prüfintervallen von 25 % von N_{zul} keine Ermüdungsschäden festgestellt werden. Für das weitere Vorgehen gelten die Regelungen nach AD 2000-Merkblatt S 2, Abschnitte 14.3 bis 14.5.

Bei tiefen zulässigen Temperaturen unterhalb von -200 °C verkürzen sich die Prüfintervalle für die zerstörungsfreien Prüfungen von 25 % auf 12,5 % von N_{zul}.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

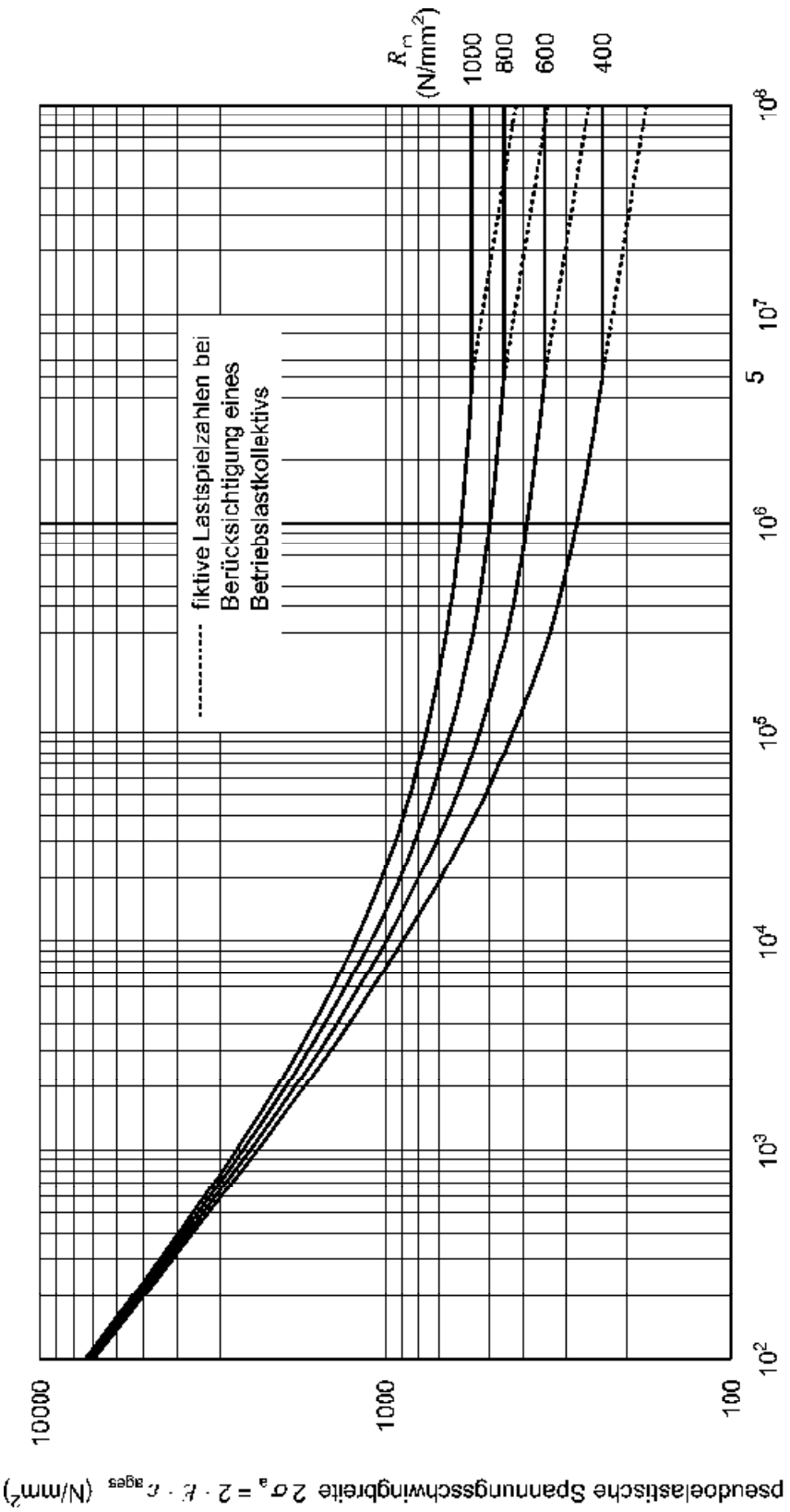


Bild A.12 — Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite für ungekerbte Probestäbe aus warmfesten ferritischen und austenitischen Walz- und Schmiedestählen bei Raumtemperatur und $\bar{\sigma} = 0$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

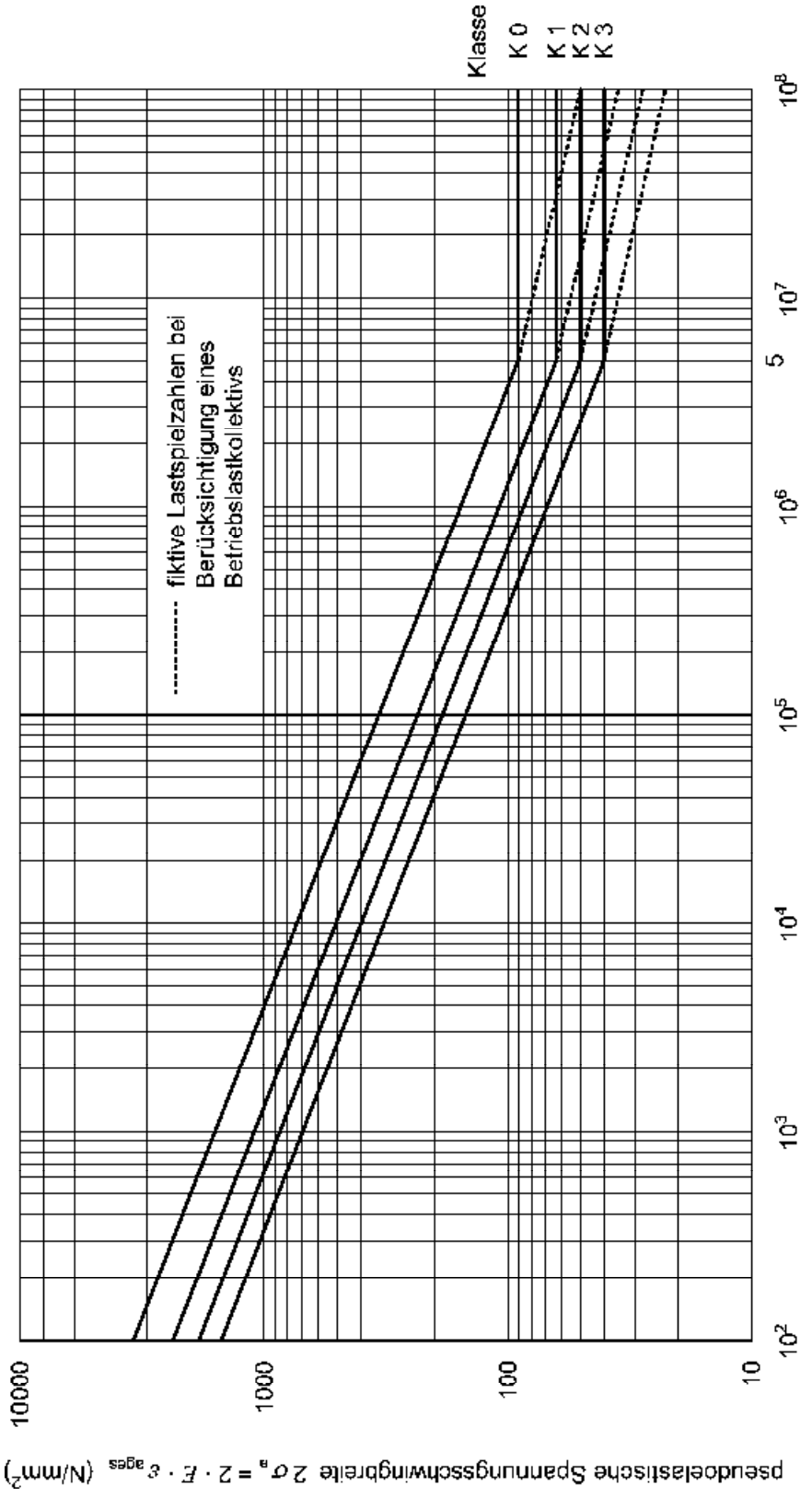


Bild A.13 — Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite für Schweißverbindungen aus warmfesten ferritischen und austenitischen Walz- und Schmiedestählen bei Raumtemperatur ($\bar{\sigma}$-unabhängig)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 5 zum AD 2000-Merkblatt S 2

Berechnung auf Wechselbeanspruchung für Gusseisen mit Kugelgraphit

1 Geltungsbereich

1.1 Die nachstehenden Regeln einer ausführlichen Berechnung auf Wechselbeanspruchung gelten für drucktragende ungeschweißte Teile von Druckbehältern aus Gusseisen mit Kugelgraphit nach DIN EN 1563 mit Beschränkung auf die Sorten EN-GJS-400-15/15U, EN-GJS-400-18/U-LT und EN-GJS-350-22/22U-LT, die nach AD 2000-Merkblatt W 3/2 hergestellt und geprüft werden.

1.2 Dieser Anhang braucht nicht angewendet zu werden, wenn die Bedingungen nach AD 2000-Merkblatt S 1, Anhang 3 erfüllt sind.

1.3 An die äußere und innere Beschaffenheit der Gussteile sind erhöhte Anforderungen zu stellen, die den Festlegungen der Qualitätsklasse A oder B nach DIN 1690-10 genügen (siehe Abschnitt 8.2.1).

2 Allgemeines

2.1 Die Lastspielzahlkurven nach Bild A.14 sind auf eine Ausfallwahrscheinlichkeit von ca. 2,3 % abgestimmt.

Die Abknickpunkt-Lastspielzahl N_D, von der ab die Lastspielzahlkurven für Einstufenbelastung horizontal verlaufen (Schwingfestigkeitswerte lastspielzahlunabhängig), ist auf $2 \cdot 10^6$ festgelegt.

Wenn in diesem Anhang nicht anders angegeben, gelten alle anderen Regelungen im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes.

3 Spannungsberechnung

Die Spannungsermittlung für die ungeschweißten Gussstrukturen ist auf der Basis eines Kerbspannungsnachweises durchzuführen (vgl. Abschnitt 4.2 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes). In Sonderfällen kann hierbei die bei Kugelgraphitguss gegenüber Stählen niedrigere Kerbempfindlichkeit berücksichtigt werden. Bei Kerbformzahlen $\alpha_K \geq 5$ (vgl. Anhang 3, Abschnitt 1) kann hierbei die Kerbspannung um den Faktor 1,3 vermindert werden.

Für die Ermittlung der Kerbformzahl aus einem nichtlinearen Spannungsverlauf einer FE-Berechnung bietet sich z. B. das Hot-spot-Verfahren an (siehe Abschnitt 4.1 und Bild 1 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes). Die Kerbformzahl α_K ist dabei aus dem Verhältnis der Höchstwerte von Kerbspannung zu Strukturspannung zu bestimmen.

Vergrößerungsfaktoren k_e oder k_ν für mechanische Spannungen bzw. Wärmespannungen im überelastischen Bereich brauchen nicht in die Rechnung eingesetzt zu werden, da der Einfluss überelastischer Verformungen in den Lastspielzahlkurven bereits berücksichtigt ist.

4 Zulässige Spannungsschwingbreite bei bekannter Lastspielzahl

4.1 Zulässige Spannungsschwingbreite für ungekerbte Probestäbe

Die zulässige Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_{azul}$ ist nach Formel (13) zu berechnen. Dabei ist die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ für Bauteile der Qualitätsklasse A aus Bild A.14 zu entnehmen. Für Qualitätsklasse B sind die $2\,\sigma_a$-Werte auf 90 % abzumindern.

Die Kurven des Bildes A.14 sind durch die Formel (A.4) mit den Konstanten B aus Tafel A.3 beschrieben.

$$2\,\sigma_a = B/N^{0,1} \qquad \text{(A.4)}$$

Die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ für $N \geq 2 \cdot 10^6$ bei Einstufenbelastung oder für $N = 10^8$ bei Betriebslastkollektiv kann auch aus Tafel A.3 entnommen werden.

Der Korrekturfaktor f_d ist nach Abschnitt 7.1.3, Formeln (17) und (18), der Korrekturfaktor f_{T*} nach Abschnitt 7.1.5 Formel (24) im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes zu bilden. Die Korrekturfaktoren f_0 und f_M sind den folgenden Abschnitten zu entnehmen.

4.2 Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Oberflächeneinflusses

Der Oberflächen-Korrekturfaktor f_0 ist analog Abschnitt 7.1.2 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes zu ermitteln, wobei F_o anstelle nach Formel (16) nach Formel (A.5)

$$F_o = 1 - 0{,}03 \cdot \ln(R_Z) \cdot \ln(R_m/200) \qquad \text{(A.5)}$$

zu berechnen ist.

Falls nicht anders spezifiziert, ist für Gusshaut-Oberfläche eine Rautiefe $R_Z = 200$ mm einzusetzen.

4.3 Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Mittelspannungseinflusses

Zur Ermittlung des Mittelspannungs-Korrekturfaktors f_M sind Abschnitt 7.1.4 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes, ausschließlich Formel (21), und Bild 9 heranzuziehen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die größere Mittelspannungsempfindlichkeit von Kugelgraphitguss gegenüber Stählen wird durch Formel (A.6) berücksichtigt.

$$M = 0{,}00035 \cdot R_m + 0{,}08 \qquad \text{(A.6)}$$

5 Zulässige Lastspielzahl bei bekannter Spannungsschwingbreite

Die zulässige Lastspielzahl wird nach Formel (A.7) mit der Konstante B aus Tafel A.3 und der Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a^*$ nach Formel (30) berechnet.

$$N_{zul} = (B/2\,\sigma_a^*)^{10} \qquad \text{(A.7)}$$

6 Berücksichtigung eines Betriebslastkollektivs

Der Berechnungsgang ist sinngemäß nach Abschnitt 9 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes mit den entsprechenden Lastspielzahlkurven aus Bild A.14 durchzuführen. Die im Bereich $2 \cdot 10^6 \leq N \leq 10^8$ des Bildes A.14 gestrichelt angegebenen fiktiven Kurvenverläufe können ebenfalls nach Formel (A.7) beschrieben werden, wobei die Berechnungskonstanten B in Tafel A.3 auch für diesen Lastspielzahlbereich gelten.

7 Konstruktive Voraussetzungen

Sinngemäß gelten die Hinweise nach Abschnitt 10 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes.

Bei schroffen Querschnittsänderungen drucktragender Wandungen muss der Übergang mit einer Neigung von max. 1:3 ausgeführt werden.

Übergangsradien von angegossenen Stutzen, Stützfüßen usw. dürfen nicht kleiner als das 1,5fache der dünnsten angrenzenden Wand betragen.

8 Prüfungstechnische Voraussetzungen

Für wechselbeanspruchte Gussstücke ist die einwandfreie Beschaffenheit des Bauteils von besonderer Bedeutung. Insbesondere wirken sich Oberflächenfehler ungünstig auf die Lebensdauer aus. Aus diesen Gründen kommt der zerstörungsfreien Prüfung im Rahmen der Herstellung und bei wiederkehrenden Prüfungen besondere Bedeutung zu.

8.1 Entwurfsprüfung

Im Rahmen der Entwurfsprüfung sind die hoch beanspruchten Bauteilbereiche festzulegen, die bei der Herstellung sowie den wiederkehrenden Prüfungen an jedem Druckgerät zerstörungsfrei zu prüfen sind. Die zu prüfenden Bauteilbereiche sind zwischen Hersteller und der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen.

8.2 Prüfung während der Fertigung

8.2.1 An den hochbeanspruchten Stellen sind Oberflächenrissprüfungen, vorzugsweise nach dem Magnetpulverprüfverfahren, durchzuführen. Für zulässige Oberflächenfehler durch Sand-, Schlacken- und Gaseinschlüsse gelten sinngemäß die Festlegungen nach DIN 1690-10, Qualitätsklasse A oder B. Hierzu können Eindringprüfungen erforderlich sein. Rissartige Oberflächenfehler sind nicht zulässig.

8.2.2 Zusätzlich sind diese hochbeanspruchten Stellen einer Volumenprüfung an mindestens 10 % der Bauteile eines jeden Loses mittels einer Durchstrahlungsprüfung zu unterziehen. Dabei sind die höchstzulässigen Anzeigenmerkmale nach Qualitätsklasse A oder B nach DIN 1690-10 einzuhalten.

8.2.3 Für jedes Los ist die Graphitausbildung mittels mikroskopischer Untersuchung zu prüfen. Die Graphitausbildung muss DIN EN 1563, Abschnitt 7.5 entsprechen.

8.3 Prüfungen während des Betriebes

8.3.1 Die Prüfintervalle für Prüfungen während des Betriebes und nach Erreichen der rechnerischen Lebensdauer sind abweichend von Abschnitt 12.3.1 bzw. 12.3.4 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes wegen der in den Lastspielzahlkurven nach Bild A.14 zugrunde liegenden höheren Ausfallwahrscheinlichkeit auf 25 % der berechneten zulässigen Lastspielzahl verkürzt. Hierbei ist bei Bauteilen, die für eine Betriebslastspielzahl $\geq 2 \cdot 10^6$ berechnet sind, $N = 2 \cdot 10^6$ einzusetzen.

8.3.2 Wenn die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a^*$ abweichend von Tafel A.3 80 N/mm^2 nicht übersteigt, kann auf die Prüfungen aufgrund der Wechselbeanspruchung verzichtet werden.

9 Reparaturen von festgestellten Oberflächenfehlern

Eine Beseitigung von Oberflächenfehlern an wechselbeanspruchten Druckgeräten ist ausschließlich durch Beschleifen durchzuführen. Die zulässige Schleiftiefe ist erforderlichenfalls im Rahmen einer Entwurfsprüfung zu ermitteln.

Druckgeräte, an denen Schweißarbeiten (Fertigungsschweißungen oder Reparaturschweißungen) durchgeführt werden, können bis zum Vorliegen gesicherter Erkenntnisse über zulässige Lastspielzahlen nur für vorwiegend ruhende Beanspruchung verwendet werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

10 Schrifttum

[1] *Gorsitzke, B.*: Berechnung der Ermüdungslebensdauer wechselbeanspruchter Druckbehälter aus Gusseisen mit Kugelgrafit.

Empfehlungen zur Ermüdungsfestigkeitsberechnung in Anlehnung an die AD-Merkblätter S 1/S 2 und DIN EN 13445-3, 17/18:1999 – Vorschläge zum Europäischen Norm-Entwurf prEN 13445 Teil 7 (12.99): Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter und Druckbehälterteile aus Gusseisen mit Kugelgrafit.

Z. TÜ **41** (2000) Nr. 11/12, S. 46–52.

[2] *Hück, M.*; *Schütz, W.*; *Walter, H.*: Moderne Schwingfestigkeitsunterlagen für die Bemessung von Bauteilen aus Sphäroguss und Temperguss.

ATZ **86** (1984) Nr. 7/8, S. 325–331 und Nr. 9, S. 385–388.

Tafel A.3 — Berechnungskonstante B und Spannungsschwingbreiten bei $N \geq 2 \cdot 10^6$

	Berechnungs-konstante B		**Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ = konstant [N/mm²]**			
Lastspielzahlbereich	**$10^3 \leq N \leq 10^8$**		**Einstufenlast $N \geq 2 \cdot 10^6$**		**Lastkollektiv $N = 10^8$**	
Qualitätsklasse	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**
Werkstoffsorte						
EN-GJS-400-15/15U EN-GJS-400-18/18U-LT	1173	1056	275	247	186	167
EN-GJS-350-22/22U-LT	1091	982	256	230	173	156

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

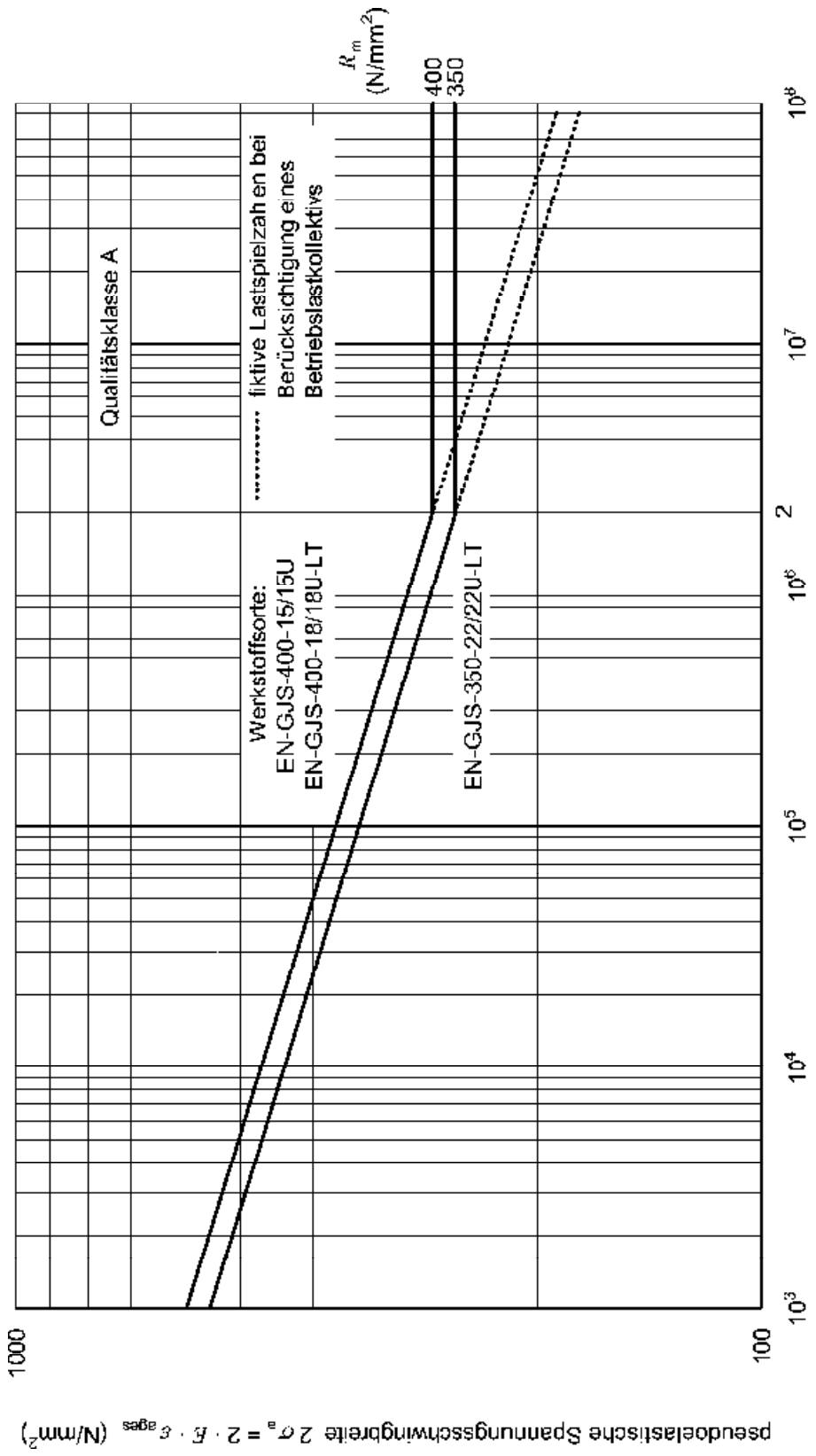


Bild A.14 — Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite für Gusseisen mit Kugelgraphit bei Raumtemperatur ($\bar{\sigma}$-unabhängig)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 6 zum AD 2000-Merkblatt S 2

Berechnung auf Wechselbeanspruchung für Behälter aus Aluminiumlegierungen – Knetwerkstoffe

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Regeln einer ausführlichen Berechnung auf Wechselbeanspruchung gelten für drucktragende Teile von Druckbehältern aus Aluminiumlegierungen als Knetwerkstoffe, die nach AD 2000-Merkblatt W 6/1 hergestellt und geprüft werden, und für maßgebliche Temperaturen $T^* \leq 100$ °C.

2 Allgemeines

2.1 Wenn in diesem Anhang nichts anderes angegeben, gelten alle anderen Regelungen im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes.

2.2 Die Lastspielzahlkurven nach den Bildern A.15 und A.16 sind auf eine Ausfallwahrscheinlichkeit von ca. 2,3 % abgestimmt.

2.3 Die Abknickpunkt-Lastspielzahl N_D, von der ab die Lastspielzahlkurven für Einstufenbelastung horizontal verlaufen (Schwingfestigkeitswerte lastspielzahlunabhängig), ist auf $5 \cdot 10^6$ festgelegt.

2.4 Wechselnde thermische Belastungen sind von dieser Berechnung ausgeschlossen.

3 Maßgebende Vergleichsspannungsschwingbreite im überelastisch beanspruchten Bereich

Der Vergrößerungsfaktor k_e für mechanische Belastungen im überelastischen Bereich ist analog Abschnitt 6 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes zu ermitteln, wobei die Werte A 1, A 2 und A 3 aus Tafel 1 für Austenite zu entnehmen sind.

4 Zulässige Spannungsschwingbreite bei bekannter Lastspielzahl

4.1 Ungeschweißte Bauteilbereiche

Die zulässige Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_{azul}$ ist sinngemäß nach Abschnitt 7.1, Formel (13) im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes zu ermitteln.

4.1.1 Die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ für ungekerbte, polierte Probestäbe bei Raumtemperatur und reiner Wechselbeanspruchung (Mittelspannung $\overline{\sigma} = 0$) ist nach Formel (A.8) im Geltungsbereich $10^3 \leq N \leq 5 \cdot 10^6$ zu berechnen oder aus Bild A.15 zu ermitteln. In den Kurven ist ein Spannungssicherheitsbeiwert von $S_\sigma = 1{,}5$ bzw. ein Lastspielsicherheitsbeiwert $S_N \geq 3{,}5$ gegenüber den mittleren Schädigungskurven berücksichtigt.

$$2\,\sigma_a = 2{,}01 \cdot 10^4/N^{0{,}7} + 2{,}18 \cdot R_m/N^{\,0{,}1} \qquad \text{(A.8)}$$

Die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ für $N_D \geq 5 \cdot 10^6$ kann auch aus Tafel A.4 entnommen werden.

4.1.2 Zur Berechnung der Oberflächen- und Wanddicken-Korrekturfaktoren f_0 und f_d gelten ausschließlich der Bilder 6 und 7 sinngemäß die Abschnitte 7.1.2 bzw. 7.1.3 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes, wobei anstelle des Exponenten

$(0{,}4343 \cdot \ln N - 2) / 4{,}301$

in den Formeln (15) und (17) der Exponent

$(0{,}4343 \cdot \ln N - 2) / 4{,}699$

zu setzen ist.

Für $N \geq 5 \cdot 10^6$ ist $f_0 = F_o$ bzw. $f_d = F_D$.

Falls nicht anders spezifiziert, ist für die Oberfläche von gewalzten oder gepressten Teilen eine Rautiefe von $R_Z = 100$ µm einzusetzen.

4.1.3 Zur Ermittlung des Mittelspannungs-Korrekturfaktors f_M sind Abschnitt 7.1.4 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes, ausschließlich der Formel (21), und Bild 9 heranzuziehen. Die größere Mittelspannungsempfindlichkeit von Aluminiumlegierungen gegenüber Stählen ist durch Formel (A.9) zu berücksichtigen.

$$M = 0{,}74 \cdot 10^{-3} \cdot R_m + 0{,}025 \qquad \text{(A.9)}$$

4.1.4 Bei Lastzyklustemperatur $T^* > 50$ °C ist der temperaturbedingte Abfall der Schwingfestigkeit nach

$$f_{T^*} = 1 - 0{,}003\,(T^* - 50) \qquad \text{(A.10)}$$

zu bestimmen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.2 Geschweißte Bauteilbereiche

4.2.1 Die zulässige Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_{azul}$ ist ausschließlich des Abschnittes 7.2.7 sinngemäß nach Abschnitt 7.2 Formel (26) im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes zu berechnen. Dabei ist die Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a$ in Abhängigkeit von der Schweißnahtgestaltung bei Raumtemperatur aus Bild A.16 zu entnehmen. Die Kurven des Bildes A.16 können durch die Formel (A.11) im Bereich $10^3 \leq N \leq 5 \cdot 10^6$ und Konstanten der Tafel A.5 beschrieben werden.

$$2\,\sigma_a = (B1/N)^{1/m1} \qquad \text{(A.11)}$$

4.2.2 Übersteigt die zulässige Spannungsschwingbreite für den geschweißten Bauteilbereich die zulässige Spannungsschwingbreite nach Abschnitt 4.1, so ist diese auf den Wert nach Abschnitt 4.1 zu begrenzen.

5 Zulässige Lastspielzahl bei bekannter Spannungsschwingbreite

Bei der Ermittlung der zulässigen Lastspielzahl N_{zul} ist sinngemäß nach Abschnitt 8 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes vorzugehen.

5.1 Bei ungeschweißten Bauteilen ist die zulässige Lastspielzahl iterativ aus Formel (A.8) zu berechnen oder aus Bild A.15 zu entnehmen.

5.2 Bei geschweißten Bauteilen wird die zulässige Lastspielzahl nach

$$N_{zul} = B1/(2\,\sigma_a^*)^{m1} \qquad \text{(A.12)}$$

mit den Konstanten aus Tafel A.5 oder aus Bild A.16 ermittelt.

Hierbei bleiben die Formeln (28), (28a) und (33) im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes zur Berechnung der Spannungsschwingbreite $2\,\sigma_a^*$ im Fall verringerter Schweißeigenspannungen unberücksichtigt.

5.3 Übersteigt die zulässige Lastspielzahl für den geschweißten Bereich die zulässige Lastspielzahl nach Abschnitt 5.1, so ist diese auf den Wert nach Abschnitt 5.1 zu begrenzen.

6 Berücksichtigung eines Betriebslastkollektivs

Der Berechnungsgang ist sinngemäß nach Abschnitt 9 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes mit den entsprechenden Lastspielzahlkurven der Bilder A.15 und A.16 unter Ausschluss der Überlagerung von Kriechschädigung nach den Abschnitten 9.3 und 9.4 durchzuführen.

Die in den Bildern A.15 und A.16 im Bereich $5 \cdot 10^6 \leq N \leq 10^8$ gestrichelt angegebenen fiktiven Kurvenverläufe können für ungeschweißte Bauteile ebenfalls nach Formel (A.8) und für Schweißverbindungen nach Formel (A.13)

$$N_{zul\,k} = B2/(2\,\sigma_a^*)^{m2} \qquad \text{(A.13)}$$

mit den in Tafel A.5 angegebenen Konstanten B2 und Exponenten m2 beschrieben werden.

7 Konstruktive, herstellungstechnische und prüftechnische Voraussetzungen

7.1 Für die konstruktiven, herstellungstechnischen und prüftechnischen Voraussetzungen gelten sinngemäß die Regelungen nach den Abschnitten 10, 11 und 12 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes.

7.2 Wegen hoher Kerbempfindlichkeit von Aluminium wirken sich Riefen besonders lebensdauerabmindernd aus und sind deshalb zu vermeiden.

7.3 Bei Schweißnähten sind die Anforderungen der Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 10042 einzuhalten.

7.4 Die Prüfintervalle für die Prüfungen nach Abschnitt 12.3 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes sind auf 25 % von N_{zul} festzulegen. Hierbei ist bei Bauteilen, die für eine Betriebslastspielzahl $\geq 5 \cdot 10^6$ berechnet sind, $N = 5 \cdot 10^6$ einzusetzen.

7.5 Für die Maßnahmen bei Erreichen der rechnerischen Lebensdauer gelten die Regelungen nach Anhang 4, Abschnitt 8 dieses AD 2000-Merkblattes.

8 Berücksichtigung besonderer Betriebsbedingungen

Für den Schwingfestigkeitsabfall bei ausgeprägtem Korrosionsangriff gelten die allgemeinen Hinweise nach Abschnitt 13.1 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes.

Bei allen Arten des Zusammenwirkens von Wechselbeanspruchung und Korrosion ist die Lebensdauer nicht nur von der Lastspielzahl, sondern auch von der Zeit der Korrosionseinwirkung abhängig.

Bei Behältern mit feuchten Schüttgütern (z. B. Zement) und zyklischer Innendruck-Beanspruchung beim Füllen und Entleeren kommt auf Grund von Erkenntnissen aus Schadensfällen konstruktiven und fertigungstechnisch spannungsvermindernden Maßnahmen besondere Bedeutung zu.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

9 Schrifttum

[1] *Hobbacher, A.*: Empfehlungen zur Schwingfestigkeit geschweißter Verbindungen und Bauteile. IIW-Dokument XIII-1359-96/XV-845-96, DVS-Verlag, Düsseldorf 1997.

[2] European Recommendations for Aluminium Alloy Structures Fatigue Design. ECCS-TC2-TG4/ERAAS 1992.

[3] British Standard 8118: Part 1: 1991, Section 7.

[4] *Bäumel, A.*; *Seeger, T.*: Materials Data for Cyclic Loading. Supplement 1. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1990.

[5] *Hobbacher, A.*; *Neumann, A.*: Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure; Teil 4 – Geschweißte Aluminiumkonstruktionen. DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf 1993.

[6] *Haibach, E.*: Betriebsfestigkeit – Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1989.

[7] FKM-Richtlinie: Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile aus Stahl, Eisenguss- und Aluminiumwerkstoffen. VDMA-Verlag GmbH, Frankfurt/Main, 4., erweiterte Ausgabe 2002.

10 Erläuterungen

Zu Abschnitt 1

Für Druckbehälter kommen üblicherweise Aluminiumlegierungen als Knetwerkstoffe zur Anwendung. Reinaluminium mit relativ niedrigen Festigkeiten hat kaum Bedeutung. Der Anhang wird deshalb auf o. a. Werkstoffe beschränkt. Der Anwendungsbereich wird vorerst auf 100 °C beschränkt, da bei Aluminiumwerkstoffen im Allgemeinen temperaturbedingte Kriecherscheinungen bereits wenig oberhalb der Raumtemperatur auftreten.

Zu Abschnitt 2.3

Eine klassische Dauerfestigkeit ist bei Aluminiumwerkstoffen nicht gegeben. Zum ingenieurmäßigen Ermüdungsfestigkeitsnachweis wird in Anlehnung an [1; 2] die Abknickpunkt-Lastspielzahl bei Einstufenbelastung sowohl für ungeschweißte als auch geschweißte Bauteile einheitlich auf $5 \cdot 10^6$ festgelegt.

Zu Abschnitt 3 und Bildern A.15, A.16

Abgestimmt auf die Anforderungen im Maschinenbau und Stahlbau beginnen die Wöhlerkurven in [1; 2; 7] erst bei 10000 Lastspielen. Hierbei sind plastische Ermüdungs-Verformungen praktisch ausgeschlossen.

Im Hinblick auf die Belange einiger Druckbehälterarten wie z. B. Fahrzeugbehälter ist eine Ermüdungsfestigkeitsbeurteilung aber auch für nur wenige Tausend Lastzyklen erforderlich. Die untere Lastspielzahl in den Bildern A.15 und A.16 wurde deshalb auf 1000 Lastspiele (wie auch in [3]) festgelegt. Hierbei sind wie bei Stählen Korrekturfaktoren für überelastische Beanspruchungen in Rechnung zu setzen.

Stichprobenartige Nachrechnungen mit zyklischen Werkstoffkennwerten für einige Aluminiumlegierungen führten zu dem Ergebnis, dass man in erster Näherung wie bei austenitischen Werkstoffen vorgehen kann.

Zu Formel (A.8)

Die Ermüdungsfestigkeit von Aluminiumlegierungen hängt neben verschiedenen Einflussfaktoren wie z. B. Legierungszusammensetzung, Zustand und Herstellungsart ähnlich wie bei Stahl primär von der Zugfestigkeit ab. In Abweichung von [1] und [2], in denen für ungeschweißte Bauteile aus Legierungen der Registriernummern der Reihe 6000 zusammenfassend nur eine Wöhlerkurve enthalten ist, werden hier zugfestigkeitsabhängige Auslegungskurven angegeben, wie sinngemäß auch in [7] vorgegangen wird. Die Auslegungskurven beruhen auf dehnungsbasierten Werkstoff-Wöhlerlinien in der Darstellung von *Manson*, *Coffin*, *Morrow* mit Richtwerten für die das zyklische Werkstoffverhalten beschreibenden Parameter.

$\varepsilon_a = \sigma f'/E \cdot (2N)^b + \varepsilon f' \cdot (2N)^c$ Dehnungsamplitude aus plastischer und elastischer Wechseldehnung

Der Formel (A.8) liegen folgende Kennwerte (Richtwerte) zugrunde:

$\sigma f' = 1{,}75 \cdot R_m$ [N/mm²]	Schwingfestigkeitskoeffizient
$b = -0{,}1$	Schwingfestigkeitsexponent
$\varepsilon f' = 0{,}35$	Duktilitätskoeffizient
$c = -0{,}7$	Duktilitätsexponent

Hiermit ergibt sich mit $E = 7 \cdot 10^5$ N/mm² eine zugfestigkeitsbezogene Schädigungs-Spannungsamplitude bei einer Bezugslastspielzahl $N = 1 \cdot 10^6$ von $\sigma_a/R_m \approx 0{,}42$, die mit dem in [4] angegebenen Richtwert übereinstimmt. Bei Berücksichtigung einer Spannungssicherheit $S_\sigma = 1{,}5$ und einer Lastspielzahlsicherheit von mindestens $S_N = 3{,}5$ analog AD 2000-Merkblatt S 2, Anhang 4 wird wegen des bei Aluminiumwerkstoffen typischen flachen Wöhlerlinien-Verlaufs die Spannungssicherheit über dem gesamten Lastspielzahlbereich ($N \geq 10^3$) maßgebend, die schließlich zu Formel (A.8) führt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Zu Abschnitt 4.1.2

Zur sinngemäßen Berechnung der Oberflächen- und Wanddicken-Korrekturfaktoren nach Abschnitt 7.1.2 bzw. 7.1.3 im Hauptteil dieses AD 2000-Merkblattes wurden die Exponenten auf die Abknickpunkt-Lastspielzahl $N_D = 5 \cdot 10^6$ abgestimmt.

Zu Formel (A.9)

Formel (A.9) wurde aus Versuchsdaten zur Mittelspannungsempfindlichkeit M von Aluminiumwerkstoffen nach *Haibach*/*Schütz* ([6], Bild 2.1–9) abgeleitet.

Zu Formel (A.10)

Der temperaturbedingte Abfall der Ermüdungsfestigkeit wurde als unterer Grenzwert des Temperaturverhaltens einiger Aluminiumlegierungen bei Wechselbeanspruchung festgelegt.

Zu Abschnitt 4.2

Die Wöhlerkurven für geschweißte Bauteilbereiche sind wie bei Stahl nahezu mittelspannungs- und zugfestigkeitsunabhängig. Die Klassifizierung der verschiedenen Schweißnahtausführungen erfolgt wie für Stahl-Schweißverbindungen nach Tafel 5 dieses AD 2000-Merkblattes, wobei die zulässigen Spannungsschwingbreiten bei $2 \cdot 10^6$ Lastspielen sinngemäß den in [1; 2; 3] enthaltenen FAT- bzw. Class-Festigkeitswerten zugeordnet sind. Die Neigung der Wöhlerlinien für die verschiedenen Nahtklassen wurde in Anlehnung an [3] festgelegt. Für kerbspannungsarme Verbindungen verlaufen die Wöhlerlinien flacher als bei kerbintensiveren. Der Neigungsexponent m1 reicht von 4 bis 3. Es wird unterstellt, dass Schweißeigenspannungen entsprechend einem Spannungsverhältnis $R = 0{,}5$ vorliegen.

Bei niedrigfesten Legierungen können sich nach Abschnitt 4.1 (ungeschweißte Bereiche) niedrigere zulässige Spannungsschwingbreiten ergeben als für kerbspannungsarme Schweißverbindungen. In diesen Fällen ist der kleinere Spannungswert maßgebend.

Zu Abschnitt 6

Zur Berücksichtigung eines Betriebslastkollektivs werden die Wöhlerkurven für Schweißverbindungen ab der Abknickpunkt-Lastspielzahl $N_D = 5 \cdot 10^6$ bei Einstufenbelastung mit der üblichen flacheren Steigung m2 = m1 + 2 fortgesetzt. Die Wöhlerkurven für ungeschweißte Teile werden wegen des flachen Verlaufs im Bereich hoher Lastspielzahlen nach Formel (A.8) weitergeführt.

Tafel A.4 — Spannungsschwingbreite 2 σ_a bei Abknickpunkt-Lastspielzahlen für ungekerbte Probestäbe aus Aluminium-Knetlegierungen bei Raumtemperatur und Mittelspannung $\overline{\sigma} = 0$

Zugfestigkeit R_m [N/mm²]	2 σ_a = konst. [N/mm²]	
	$N \geq 5 \cdot 10^6$	$N \geq 10^8$ Lastkollektiv
300	140	104
250	117	86
200	94	69
150	70	52

Tafel A.5 — Konstanten B1, B2, m1, m2 und Spannungsschwingbreiten 2 σ_a bei Abknickpunkt-Lastspielzahlen für Schweißverbindungen aus Aluminium-Knetlegierungen bei Raumtemperatur

Klasse	Konstanten				Spannungsschwingbreite 2 σ_a = konst. [N/mm²]	
	$10^3 \leq N \leq 5 \cdot 10^6$		$5 \cdot 10^6 \leq N \leq 10^8$		$N \geq 5 \cdot 10^6$	$N \geq 10^8$ Lastkollektiv
	m1	B1	m2	B2		
K 0	4,0	$1{,}25 \cdot 10^{13}$	6,0	$1{,}98 \cdot 10^{16}$	40	24
K 1	3,5	$5{,}07 \cdot 10^{11}$	5,5	$3{,}68 \cdot 10^{14}$	27	16
K 2	3,25	$1{,}01 \cdot 10^{11}$	5,25	$4{,}50 \cdot 10^{13}$	21	12
K 3	3,0	$2{,}13 \cdot 10^{10}$	5,0	$5{,}60 \cdot 10^{12}$	16	9

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

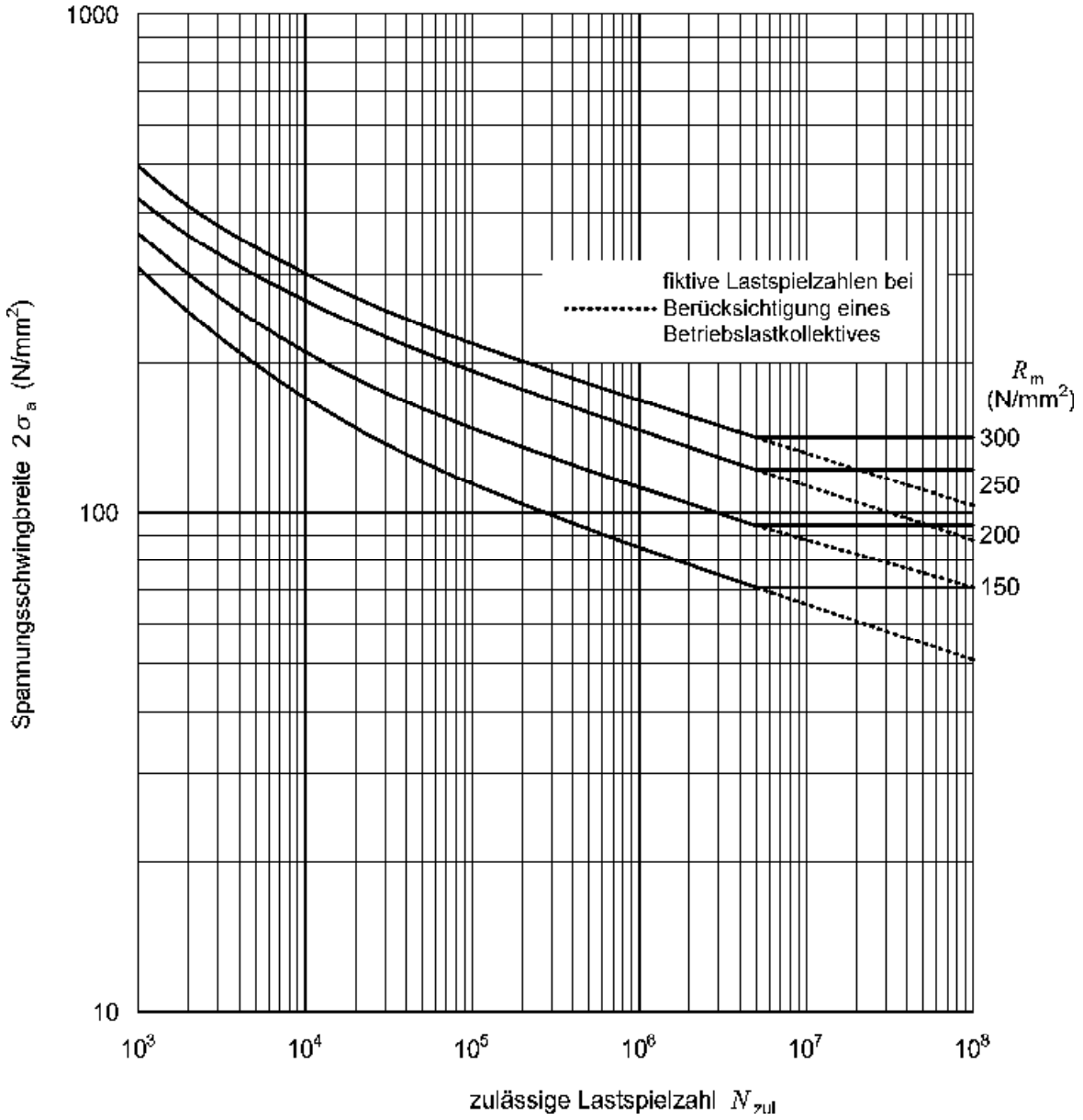


Bild A.15 — Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite für ungekerbte Probestäbe aus Aluminium-Knetlegierungen bei Raumtemperatur ($\bar{\sigma} = 0$)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

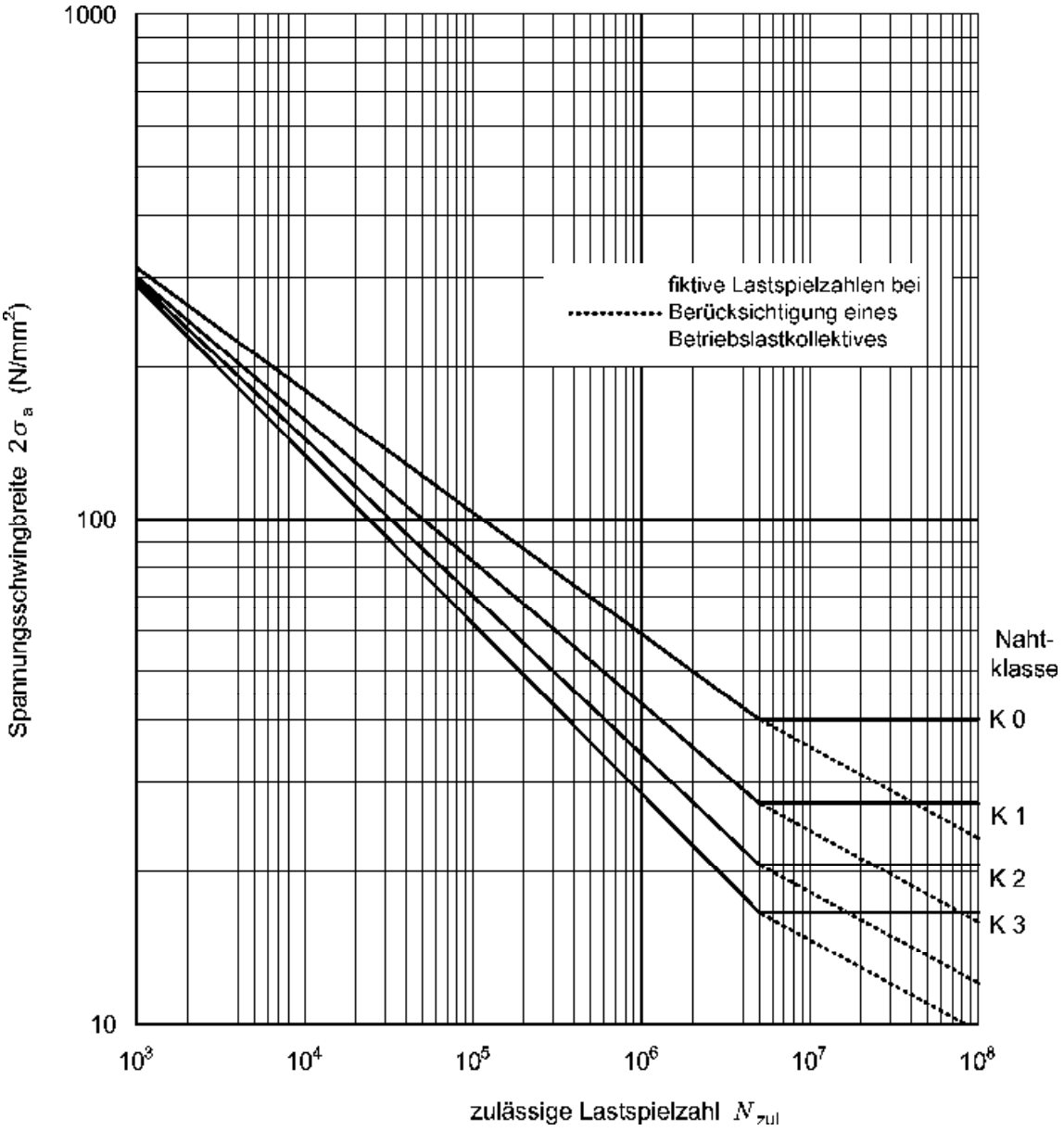


Bild A.16 — Zulässige Lastspielzahlen in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite für Schweißverbindungen aus Aluminium-Knetlegierungen bei Raumtemperatur ($\bar{\sigma}$-unabhängig)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2016**

Sonderfälle	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter **Grundsätze**	AD 2000-Merkblatt **S 3/0**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Allgemeines 2
3 Formelzeichen und Einheiten 3
4 Festlegungen für einen Festigkeitsnachweis unter Einschluss der Standsicherheit 3
5 Schrifttum 12
Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt S 3/0 13
Anhang 2 zu AD 2000-Merkblatt S 3/0 14
Anhang 3 zu AD 2000-Merkblatt S 3/0 20

Ersatz für Ausgabe Februar 2013; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die AD 2000-Merkblätter der Reihe S 3 geben Hinweise für die Berücksichtigung von Zusatzkräften in Druckbehälterwandungen; siehe auch AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 4.5. Darüber hinaus enthalten sie Angaben für solche Fälle, bei denen für den Nachweis der Standsicherheit neben den Einwirkungen auf die druckbelasteten Bauteile des Druckbehälters selbst auch die auf die Halterungs- oder Auflagerungskonstruktionen einzuschließen sind. Hierzu wird die Vorgehensweise in diesem AD 2000-Merkblatt geregelt. Darüber hinaus werden Lösungsmöglichkeiten für einige häufig vorkommende Konstruktionsformen angegeben.

2 Allgemeines

2.1 Die AD 2000-Merkblätter der Reihe S 3 sind nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Die AD 2000-Merkblätter der Reihe S 3 umfassen folgende Blätter:

S 3/.. – Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter
S 3/0 –, Grundsätze
S 3/1 –, Behälter auf Standzargen
S 3/2 –, Liegende Behälter auf Sätteln
S 3/3 –, Behälter mit gewölbten Böden auf Füßen
S 3/4 –, Behälter mit Tragpratzen
S 3/5 –, Behälter mit Ringlagerung
S 3/6 –, Behälter mit Stutzen unter Zusatzbelastung
S 3/7 –, Berücksichtigung von Wärmespannungen bei Wärmeaustauschern mit festen Rohrplatten

2.3 Sind für einen Behälter über die Nachweise nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe B hinaus zusätzliche Anforderungen an Festigkeitsnachweise und Standsicherheitsnachweise gestellt, so kann nach den nachfolgenden Festlegungen verfahren werden. Die in den AD 2000-Merkblättern S 3/1 bis S 3/7 enthaltenen Lösungsmöglichkeiten berücksichtigen diese Festlegungen.

2.4 Im Abschnitt 4.1 dieses AD 2000-Merkblattes sind die für einen Standsicherheitsnachweis wesentlichen Belastungen zusammen mit Hinweisen zur Ermittlung der Belastungsgrößen enthalten. Für den aktuellen Anwendungsfall können hiernach die zutreffenden Belastungen bestimmt werden. Die entsprechenden gemeinsam wirkenden Belastungen werden gemäß den Vorgaben im Abschnitt 4.2 unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für den Druckbehälter zu Lastfällen zusammengefasst. Nach der Lastfallart richtet sich dann beim Festigkeitsnachweis die Höhe der zulässigen Beanspruchung. Abschnitt 4.3 enthält Hinweise zu den Festigkeitsnachweisen einschließlich der für die zulässigen Beanspruchungen erforderlichen Festlegungen, soweit sie über die im AD 2000-Merkblatt B 0 hinausgehen.

2.5 Liegen für Druckbehälter oder Teile von Druckbehältern Normen mit definierten Abmessungen, Anschlussgeometrien und Angaben zu den zulässigen Belastungen vor (zum Beispiel Pratzen nach DIN 28083-1 und -2), so sind keine zusätzlichen Festigkeitsnachweise erforderlich. Es genügt dann ein Vergleich der auftretenden Lasten mit den zulässigen.

2.6 Die Anschlussteile der Tragelemente an Gerüste, Bühnen usw. sind so zu gestalten, dass eine Krafteinleitung möglich ist und dabei ein Verrutschen, Kippen oder Abheben ausgeschlossen wird. Werden Bühnen angebracht, die nicht DIN 28017 entsprechen, so ist deren Standsicherheit gesondert nachzuweisen.

2.7 Die Nachweise nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe S 3 umfassen nicht die der Lastableitung dienenden Stahl- oder Massivbaukonstruktionen. Zur Beschreibung der gemeinsamen Schnittstelle müssen je Lastfallart (vgl. Abschnitt 4.2.1) die maximalen Lasten, Ankerkräfte sowie Anzahl, Größe und Qualität der Ankerschrauben und die der Berechnung zugrunde gelegte maximale Betonpressung in einer gesonderten Bescheinigung dokumentiert werden, z. B. nach Anhang 1.

2.8 Bei der Verwendung von Werkstoffen nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W zur Herstellung von Trag- und Halterungselementen kann abweichend von den dortigen Festlegungen der Werkstoffnachweis mit Werkszeugnis 2.2 gemäß DIN EN 10204 erfolgen, sofern nicht durch mitgeltende Regelwerke höherwertig gefordert.

Für Anschweißteile an die Druckbehälterwand sollen artgleiche Werkstoffe verwendet werden. Bei Verwendung von nicht artgleichen Werkstoffen ist die Zulässigkeit der Abweichungen zu belegen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.9 Mit Hilfe der AD 2000-Merkblätter der Reihen B und S kann der Nachweis der Standsicherheit nach den Anforderungen der Landesbauordnungen für den Behälter selbst sowie für seine Trag- und Halterungselemente erbracht werden.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus bzw. abweichend von diesen gilt

a	Faktor zum Sicherheitsbeiwert nach Abschnitt 4.3.4.1 (3) bzw. (4)	–
c_f	Windkraftbeiwert	–
$c_{f\,korr}$	korrigierter Windkraftbeiwert	–
d	Behälterdurchmesser einschließlich Isolierung	mm
d_F	Teilkreisdurchmesser der Auflagerelemente	mm
e	die der Berechnung zugrunde zu legende Wanddicke nach Abzug der Wanddickenzuschläge c_1, c_2, ...	mm
e_Z	Wanddicke der Standzarge	mm
f	zulässige Berechnungsspannung nach Abschnitt 4.3.4	MPa
f_P	zulässige Berechnungsspannung für den Prüffall	MPa
f_M	zulässige Berechnungsspannung für Montagefälle	MPa
f_S	zulässige Berechnungsspannung für Sonderfälle	MPa
n	Anzahl der Auflagerelemente	–
w	Abstand zwischen den Behältern bzw. zwischen Behälter und Gebäude	mm
A_n	Projektionsfläche	mm^2
D	Behälterdurchmesser	mm
G_d	betrieblich mögliches maximales Gesamtgewicht des Behälters in der betrachteten Schnittebene	N
G_z	betrieblich mögliches minimales Gesamtgewicht des Behälters in der betrachteten Schnittebene	N
H	Behälterhöhe über Grund	mm
M	Gesamtmoment in der betrachteten Schnittebene der Auflagerelemente aus äußeren Lasten	Nmm
N_{Fd}	Druckkraft an Auflagerelementen	N
N_{Fz}	maximale Zugkraft an Auflagerelementen	N
S_M	Sicherheitsbeiwert bei Montagefällen	–
S_S	Sicherheitsbeiwert bei Sonderfällen	–

Formelzeichen und Einheiten zu Stutzenzusatzlasten werden im Anhang 2 festgelegt.

4 Festlegungen für einen Festigkeitsnachweis unter Einschluss der Standsicherheit

4.1 Belastungen

4.1.1 Unter Belastungen werden Einwirkungen auf den Druckbehälter und seine Halterungs- oder Auflagerungskonstruktionen verstanden, die eine Beanspruchung in diesen hervorrufen.

4.1.2 Bei der Bestimmung der Belastungen sind Zwangskräfte und Zwangsmomente infolge Behinderungen von Verformungen (zum Beispiel durch Stützkonstruktionen, An- und Einbauten sowie Rohrleitungsanschlüsse) zu berücksichtigen.

4.1.3 Für Lastfälle, die in die Ermüdungsanalyse einzubeziehen sind, sind die spezifizierten Lastwechselzahlen zu berücksichtigen.

4.1.4 Es ist für jeden Lastfall zu prüfen, ob die nachfolgend aufgezählten Belastungen auftreten und ob noch andere Belastungen hinzukommen. Solche Belastungen sind zum Beispiel:

4.1.4.1 Eigenlast

Hierbei kommen in Frage die Eigenlast des Druckbehälters, die Eigenlast der mit ihm verbundenen Bauteile, die Füllung des Druckbehälters und sonstige ständig vorhandene Lasten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.1.4.2 Drücke

Hierbei kommen in Frage Drücke in örtlicher und zeitlicher Abhängigkeit einschließlich örtlicher Beaufschlagung (zum Beispiel bei Schließ- und Öffnungsvorgängen von Armaturen).

4.1.4.3 Temperaturen

Hierbei kommen in Frage der örtliche und zeitliche Temperaturverlauf einschließlich örtlich begrenzter Temperaturfelder (zum Beispiel bei Ein- und Ausspeisevorgängen) sowie von Temperaturgradienten im Bauteilquerschnitt. Der Einfluss von Wärmeisolierungen ist zu berücksichtigen.

4.1.4.4 Statische und dynamische Lasten aus An- und Einbauten und Füllungslasten.

4.1.4.5 Verkehrslasten/Nutzlasten

Verkehrslasten/Nutzlasten können auf Bühnen, An- und Einbauten wirksam werden. Die Ermittlung erfolgt für An- und Einbauten nach DIN EN 1991-1-1 [1]. Für Bühnen und Laufstege sind Verkehrslasten/Nutzlasten nach DIN EN 13084-1 [2] mit mindestens 2 kN/m^2 anzunehmen.

Der Einzelnachweis für die einzelnen Bühnen (Laufstege) sowie die lokale Lasteinleitung in die Druckbehälterwand erfolgen jeweils mit der gesamten der Bühne zugehörigen Verkehrslast.

4.1.4.6 Windlasten

Die Windlasten werden nach DIN EN 1991-1-4 [3] und DIN EN 1991-1-4/NA [4] bestimmt. Als Fläche wird die Projektionsfläche (senkrecht zur Windrichtung) der jeweils betrachteten Teile eingesetzt.

Bei benachbarten Behältern oder Behältern neben Gebäuden ist der Windkraftbeiwert c_f nach DIN EN 1991-1-4 und DIN EN 1991-1-4/NA in Abhängigkeit vom Abstand der Behälter zu wählen.

Steigleitern, Bühnen, anschließende Rohrleitungen usw. dürfen durch einen Zuschlag bei der Ermittlung der Windlasten pauschal berücksichtigt werden. Sofern nichts anderes vorgegeben ist und die zusätzliche Projektionsfläche < 15 % der Behälterprojektionsfläche beträgt, darf die Windkrafterhöhung durch eine pauschale Erhöhung des Staudruckes um 25 % abgeschätzt werden. Voraussetzung dafür ist, dass die zusätzliche Projektionsfläche gleichmäßig über die Höhe des Behälters verteilt ist.

Alternativ zur vorstehenden Abschätzung dürfen die Windlasten von Steigleitern, Bühnen und anschließenden Rohrleitungen nach den folgenden Angaben bestimmt werden:

(1) Der Windkraftbeiwert c_f ist

$c_f =$ 0,7 für zylindrische Behälter und deren parallel verlaufende Rohre, sofern der Mittenabstand Rohrleitung/Zylinder $\geq$ dem 1,2-Fachen der Summe ihrer Durchmesser einschließlich Isolation ist

$c_f =$ 0,7 für zylindrische Behälter und 1,5 für die benachbarten Rohre, sofern der Mittenabstand Rohrleitung/Zylinder $<$ dem 1,2-Fachen der Summe ihrer Durchmesser einschließlich Isolation ist

$c_f =$ 1,2 für Stahlkonstruktionen wie Leitern und Montagegerüste aus Rohren

$c_f =$ 1,4 für Stahlkonstruktionen wie Bühnen und Laufstege

Der Windkraftbeiwert $c_f = 0{,}7$ gilt nur für freistehende zylindrische Behälter. Sind die örtlichen Gegebenheiten nicht bekannt oder bei nicht freistehenden Behältern kann pauschal mit einem Windkraftbeiwert $c_f = 1{,}1$ gerechnet werden.

(2) Als Projektionsfläche A_n sind anzusetzen für

— runde Vollbühnen (Umfangswinkel 360°): Bühnenaußendurchmesser $\times$ 0,5 m. Bei Kolonnen beträgt der Bühnenaußendurchmesser bei einer effektiven Bühnenbreite von 1000 mm (Regelbreite nach DIN 28017-1): Durchmesser der Kolonne mit Isolierung + 2,4 m

— Bühnen, rund mit einem Umfangswinkel $>$ 100°: Wie runde Vollbühnen

— Bühnen, rund mit Umfangswinkel $\leq$ 100°: (Behälterdurchmesser mit Isolierung + einfache Bühnenbreite) $\times$ 0,5 m

— Bühnen, eckig: Diagonalmaß $\times$ 0,5 m

— Laufstege: Länge $\times$ 0,5 m

— Leitern mit Sicherheitsanbauten: Senkrechte Höhe der Leitern $\times$ 0,33 m

Anstelle der vereinfachten Ermittlung der Windlasten nach den vorstehenden pauschalen Vorgaben darf die detaillierte Ermittlung der Windlasten nach DIN EN 1991-1-4 und DIN EN 1991-1-4/NA erfolgen. Abschattungseffekte dürfen in der Lastermittlung nicht berücksichtigt werden.

4.1.4.7 Schwingungen infolge Windlast

Schwingungen in Windrichtung infolge der dynamischen Wirkung von Windböen sind bei schwingungsanfälligen Behältern (mit $T \geq 0{,}5$ s) nach DIN EN 1991-1-4 und DIN EN 1991-1-4/NA zu berücksichtigen. Dieses ist in der Regel bei sehr hohen und sehr schlanken Behältern der Fall. Ein Ermüdungsnachweis braucht für diese Beanspruchung nicht erbracht zu werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Schwingungen quer zur Windrichtung infolge Wirbelablösungen sind auch bei hohen schlanken Behältern, wie z. B. bei Kolonnen, nicht zu erwarten, wenn Bühnen, Leitern, parallel geführte Rohrleitungen, seitliche Mannlochstutzen etc. über die gesamte Höhe verteilt angebracht sind. Auch wirken innere Einbauten wie Flüssigkeitsverteilerböden oder insbesondere Füllkörperpackungen, sofern sie auch im oberen Teil der Kolonne vorhanden sind, den Querschwingungen entgegen.

Sind bei sehr schlanken und hohen schornsteinähnlichen Behältern ohne nennenswerte An- und Einbauten Querschwingungen zu erwarten, ist für diese Beanspruchung ein Ermüdungsnachweis zu führen. Dieses kann auch je nach Montageart und Fertigungszustand für Kolonnen im Montagezustand gelten, wobei hier auch andere temporär oder ständig wirkende konstruktive Maßnahmen, die Querschwingungen verhindern, möglich sind. Letzteres kann auch erforderlich sein, wenn bei Betriebsstillständen (Kolonne ohne Flüssigkeitsfüllung, Füllkörper, Einbauten etc.) Querschwingungen beobachtet werden.

Bei der Möglichkeit des Auftretens von Querschwingungen kann nach DIN EN 1991-1-4, Kapitel 2 in Verbindung mit den Anhängen B, C und E die Beanspruchung ermittelt werden. Ein ggf. erforderlicher Ermüdungsnachweis kann für die Tragstruktur nach DIN EN 1993-1-9 [5] und DIN EN 1993-1-9/NA [6] durchgeführt werden. Für die drucktragenden Elemente kann ein Ermüdungsnachweis nach AD 2000-Merkblatt S 2 durchgeführt werden.

4.1.4.8 Schneelasten

Schneelasten werden nach DIN EN 1991-1-3 [7] und DIN EN 1991-1-3/NA [8] bestimmt. Als belastete Fläche wird in der Regel die Projektionsfläche senkrecht zur vertikalen Richtung zugrunde gelegt. Für Bühnen und Laufstege sind Schneelasten durch die im Abschnitt 4.1.4.5 genannten Verkehrslasten enthalten.

4.1.4.9 Sonstige dynamische Lasten (zum Beispiel Erdbeben, Prozesse mit schnellen Drucksteigerungen)

Angaben über die Fußpunktanregung bei Erdbeben und die Festlegung/Berechnung statischer Ersatzlasten können der DIN EN 1998-1 [9] und DIN EN 1998-1/NA [10], DIN EN 1998-6 [11], dem VCI-Leitfaden [12] und, falls zutreffend, der DIBT-Berechnungsempfehlung 40-B3 [13] entnommen werden.

Zu möglichen Prozessen mit schnellen Drucksteigerungen und damit verbundenen Belastungen sind Angaben des Betreibers erforderlich.

4.1.4.10 Stutzenzusatzlasten

Stutzenzusatzlasten sind über die Stutzen in die Behälterwandung eingeleitete äußere Kräfte und Momente. Der lokale Spannungsnachweis erfolgt gemäß den Festlegungen des AD 2000-Merkblattes S 3/6. Stutzenzusatzlasten sind vom Hersteller inklusive der Darstellung der zugehörigen Koordinatensysteme auf der Zeichnung anzugeben.

Stutzenzusatzlasten mit Einfluss auf die Standsicherheit sind vom Besteller separat anzugeben und im Standsicherheitsnachweis zu berücksichtigen.

Belastungen aus Stutzen mit Nennweiten $\leq$ DN 50 können im Rahmen des Standsicherheitsnachweises vernachlässigt werden.

Hinsichtlich der Berücksichtigung von Stutzenzusatzlasten sind folgende Arten von Stutzen zu unterscheiden:

4.1.4.10.1 Stutzen ohne Stutzenzusatzlasten

Für Stutzen, die nicht zum Anschluss an Rohrleitungen vorgesehen sind und die keine Zusatzlasten von Anbauteilen (z. B. Armaturen, Rührwerk) aufzunehmen haben, sind keine zusätzlichen Nachweise erforderlich. Beispiele sind Besichtigungsöffnungen oder Messstutzen.

4.1.4.10.2 Stutzen mit Belastungen aus angeschlossenen Rohrleitungen mit Auslegung nach AD 2000-Merkblatt HP 100 R

Für alle Anschlussstutzen von Rohrleitungen, für die keine expliziten Zusatzlasten (z. B. in Form von Stutzenlasttabellen) angegeben sind, ist davon auszugehen, dass bei der Planung der angeschlossenen Rohrleitungen die Kriterien nach AD 2000-Merkblatt S 3/6, Abschnitt 1 erfüllt sind. Die Verlegung der Rohrleitungen erfolgt auf Basis der Stützweitentabellen und der Flexibilitätsnomogramme nach AD 2000-Merkblatt HP 100 R bzw. nach DIN EN 13480-3, Anhang Q.

Zur Berücksichtigung der Stutzenzusatzlasten erfolgt die Auslegung im Bereich der Stutzenverschneidung einschließlich Stutzenrohr mit einem um 10 % erhöhten Berechnungsdruck ($P_{\text{Ber}} = 1{,}1 \cdot PS$). Flansche mit Nennweiten ab DN 600 sind ebenfalls mit einem um 10 % erhöhten Berechnungsdruck ($P_{\text{Ber}} = 1{,}1 \cdot PS$) nachzuweisen. Die geringe Zusatzbeanspruchung darf bei der Dimensionierung der übrigen Apparateteile inkl. der Tragelemente vernachlässigt werden.

4.1.4.10.3 Stutzen mit Belastungen nach Stutzenlasttabellen (Planzahlenverfahren)

Die Herstellung von Druckbehältern erfolgt in der Regel zeitlich vor der Erstellung der Rohrstatik. Daher sind zum Zeitpunkt der Behälterauslegung noch keine berechneten Stutzenzusatzlasten bekannt. Für die benötigten Festigkeitsreserven werden dem Hersteller Lasten in Form von Stutzenlasttabellen (Planzahlen) vorgegeben, die er bei der Dimensionierung von Stutzen und Flanschverbindungen sowie von Druckgeräten ggf. inkl. der Tragelemente zu berücksichtigen hat. Dabei handelt es sich pro Stutzen um drei Kräfte und drei Momente (ohne Angabe des Vorzeichens), die in einem lokalen Koordinatensystem z. B. am Verschneidungspunkt Stutzen – Zylinder angreifen (siehe Anhang 2, Bild 1).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Für die lokale Dimensionierung ist die ungünstigste Wirkrichtung der Kräfte und Momente für die Stutzenauslegung anzunehmen. Bei der globalen Betrachtung mehrerer Stutzen wird durch die quadratische Überlagerung und den Abminderungsfaktor α berücksichtigt, dass nicht alle Stutzenlasten gleichzeitig die ungünstigste Wirkung aufweisen (siehe Anhang 2, Abschnitt 5.3). Stutzenzusatzlasten und die Lastangriffspunkte der betroffenen Stutzen sind vom Hersteller auf der Zeichnung anzugeben.

4.1.4.10.4 Stutzen mit realen Lasten

Aus rohrstatischen Berechnungen bzw. aus den Angaben der Lasten von Anbauteilen (z. B. Armaturen, Rührwerk) sind die realen Beanspruchungen der Stutzen bekannt (inkl. der Wirkrichtungen von Kräften und Momenten). Diese Beanspruchungen sind durch den Druckgerätehersteller bei der Dimensionierung von Stutzen und Flanschverbindungen sowie der betroffenen Druckgeräteteile inkl. der Tragelemente zu berücksichtigen. Die Zusatzlasten sind inkl. der Darstellung der zugehörigen Koordinatensysteme auf der Zeichnung anzugeben.

4.2 Lastfälle

Die zu berücksichtigenden Lastfälle sind die Zustände im Druckbehälter bzw. in der den Druckbehälter einschließenden Anlage. Sie sind unabhängig vom Aufstellungsort, den verfahrenstechnischen Bedingungen sowie gegebenenfalls von den Anforderungen zutreffender Rechts- und Vorschriftengrundlagen anzugeben und entsprechend den Vorgaben in diesem Abschnitt zu klassifizieren.

Die Lastfälle stellen dabei eine Kombination gleichzeitig wirkender Belastungen oder entsprechender Belastungsabläufe dar. Die einzelnen Belastungen sind dabei entsprechend den Angaben im Abschnitt 4.1 zu ermitteln und entsprechend dem Beispiel in Tafel 1 zu Lastfällen zu kombinieren. Dabei brauchen stets nur die Belastungen miteinander kombiniert zu werden, die zeitlich gemeinsam auftreten können. Bei den Sonderfällen sind jeweils die gemeinsamen Betriebsbelastungen mit nur einer Sonderlast zu kombinieren.

Für alle Lastkombinationen gilt, dass die Überlagerung stets so zu wählen ist, dass die größtmögliche Schnittkraft in dieser Kombination bestimmt wird.

Alle zu berücksichtigenden Belastungen und Lastfälle sind anzugeben.

4.2.1 Benennung der Lastfälle

Lastfälle können sein:

- Betriebsfälle (BF)
- Prüffälle (PF)
- Montagefälle (MF)
- Sonderfälle (SF)

4.2.1.1 Betriebsfälle (BF)

Betriebsfälle sind solche Lastfälle, für die die Anlage bei funktionsfähigem Zustand der Systeme (ungestörter Zustand) bestimmt und geeignet ist. Weitere Betriebsfälle sind Lastfälle, die bei Fehlfunktion von Anlagenteilen oder Systemen (gestörter Zustand) auftreten, soweit hierbei einer Fortführung des Betriebes sicherheitstechnische Gründe nicht entgegenstehen.

4.2.1.2 Prüffälle (PF)

Prüffälle sind die Druckprüfung und die Dichtheitsprüfung. Hierunter fallen die Prüfungen im Herstellerwerk oder nach Montage beim Betreiber sowie die wiederkehrenden Prüfungen unter Berücksichtigung der jeweiligen Auflagerung und des örtlich auftretenden Druckes.

4.2.1.3 Montagefälle (MF)

Die während der Montage, des Transports und der Errichtung bedingten Belastungen (zum Beispiel Massenkräfte, Windlasten) sind als Montagefälle für den jeweiligen Montagezustand zu berücksichtigen.

4.2.1.4 Sonderfälle (SF)

Sonderfälle sind Ereignisabläufe, bei deren Eintreten der Betrieb der Anlage aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann, die aber im Falle des Eintretens beherrscht werden müssen.

4.3 Festigkeitsnachweise und Standsicherheitsnachweis

4.3.1 Allgemeines

Die Art und der Umfang der erforderlichen Festigkeitsnachweise richten sich nach der Bauteilart, für die der Nachweis zu führen ist, und nach den zu berücksichtigenden Belastungen (vgl. Abschnitt 4.1) bzw. den durch diese hervorgerufenen Beanspruchungen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Für die im Abschnitt 4.2 genannten Lastfälle sind in der Regel die in den AD 2000-Merkblättern der Reihen B und S enthaltenen Festigkeitsnachweise unter Berücksichtigung der im Abschnitt 4.3.4 enthaltenen zulässigen Berechnungsspannungen durchzuführen. Bei darüber hinausgehenden erforderlichen Nachweisen ist gemäß AD 2000-Merkblatt G 1, Abschnitt 4.2 und 4.3 zu verfahren.

Die Bewertung von in Spannungsanalysen ermittelten Beanspruchungen erfolgt nach AD 2000-Merkblatt S 4.

4.3.2 Bauteilart

4.3.2.1 Druckbelastete Teile

Für alle drucktragenden Teile sowie alle fest mit dem Druckbehälter verbundenen Teile gelten (soweit zutreffend) die AD 2000-Merkblätter der Reihen B und S. Bei angeschweißten Halterungskonstruktionen ist der integral mit dem Druckbehälter verbundene Teil nach den AD 2000-Merkblättern der Reihen B und S (soweit zutreffend) zu berechnen. Die Abgrenzung zwischen integralem Halterungsteil und der Halterungskonstruktion erfolgt mit Hilfe der Bedingung über die Abklinglänge, zum Beispiel bei Standzargen (Bild 1) mit

$$x \geq \sqrt{D_a \cdot e_z} \tag{1}$$

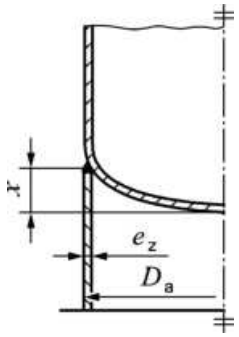


Bild 1

4.3.2.2 Tragelemente

Tragelemente wie Halterungen, Unterstützungen können nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe S 3 nachgewiesen werden.

4.3.2.3 Ankerschrauben

Maßgebend für die Bemessung ist der Kernquerschnitt der Schraube (A_{d3} nach DIN 13-28).

4.3.3 Belastungsart

4.3.3.1 Druckbelastete Bauteile

Für druckbelastete Bauteile sind ergänzend zur Bemessung nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe B insbesondere für Krafteinleitungsbereiche sowie für die wesentlichen tragenden Querschnitte die bei den einzelnen Belastungen (siehe Abschnitt 4.1) auftretenden Spannungen, getrennt nach Membran- und Biegespannungen, zu bestimmen. Die für die einzelnen Belastungen ermittelten Spannungen werden dann, getrennt nach Membran- und Biegespannungen, gemäß den vorgegebenen Lastfällen (siehe Abschnitt 4.2) für jeden betrachteten Ort vorzeichengerecht aufaddiert und mit den zulässigen Berechnungsspannungen nach Abschnitt 4.3.4 verglichen. Dabei dürfen die globalen Membranspannungen aus mechanischen Lasten die in Abschnitt 4.3.4 angegebenen Beanspruchungsgrenzen nicht überschreiten. Für überlagerte Spannungen aus mechanischen und thermischen Lasten dürfen höhere Beanspruchungsgrenzen in Anspruch genommen werden. Für die Membranspannungen in örtlich eng begrenzten Bereichen wie zum Beispiel Lasteinleitstellen sowie für die Gesamtspannungen aus Membran- und Biegespannungen können die zulässigen Berechnungsspannungen erhöht werden entsprechend den Angaben im AD 2000-Merkblatt S 4.

Treten bei den ermittelten Spannungen außerhalb von lokalen Stellen Druckmembranspannungen auf, so sind zusätzlich Stabilitätsnachweise für diesen Lastfall durchzuführen. Hierbei kommt neben den AD 2000-Merkblättern der Reihe B ein Stabilitätsnachweis nach DIN EN 1993-1-6 [14] in Betracht.

4.3.3.2 Tragelemente

Für Tragelemente aus schalenförmigen Bauteilen gelten die Ausführungen für druckbelastete Bauteile in Abschnitt 4.3.3.1 sinngemäß.

Für Tragelemente aus stabförmigen Bauteilen sind ausgehend von den Lastkombinationen für die einzelnen Lastfälle die Spannungen (Zug, Druck, Biegung und deren Kombinationen) zu ermitteln und abhängig vom Lastfall und der Lastkombination mit den zulässigen Berechnungsspannungen nach Abschnitt 4.3.4 zu begrenzen. Treten in diesen Bauteilen bei den einzelnen Lastkombinationen Druck- oder Biegedruckspannungen auf, so sind diese nach DIN EN 1993-1-1 [15] und DIN EN 1993-1-1/NA [16] zu begrenzen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.3.3.3 Lastfallkombinationen

Die zu berücksichtigenden Lastfälle sind je nach Bemessungskonzept gemäß Tafel 1 oder Tafel 2 nach Abschnitt 4.3.4 zu kombinieren.

4.3.4 Zulässige Berechnungsspannung

Die zulässigen Berechnungsspannungen richten sich nach dem Lastfall, der Bauteilart und dem Bemessungskonzept.

Bemessungskonzept 1: Nachweisverfahren für Tragelemente, deren Einwirkung auf die lokale Behälterschale und den Festigkeitsnachweis der Gesamtstruktur nach den AD 2000-Merkblättern S 3/1 bis S 3/6.

Das Bemessungskonzept 1 liefert keinen globalen Stabilitätsnachweis für die Behälterschale bei kombinierten Belastungen.

Bemessungskonzept 2: Nachweisverfahren für Tragelemente und globale Standsicherheit nach den Festlegungen des Eurocodes.

4.3.4.1 Zulässige Spannungen für das Bemessungskonzept 1

Die zulässigen Spannungen für das Bemessungskonzept 1 sind beispielhaft in Tafel 1 aufgenommen.

Zugrunde liegt dafür:

4.3.4.1.1 Druckbehälter

(1) Die zulässige Berechnungsspannung f wird bestimmt aus dem Werkstoffkennwert K und dem Sicherheitsbeiwert S nach AD 2000-Merkblatt B 0 bzw. nach den entsprechenden Berechnungsblättern zu

$$f = K/S.$$

(2) Für die Prüffälle wird abweichend zu (1) der Sicherheitsbeiwert S' verwendet zur Festlegung der zulässigen Berechnungsspannung

$$f_{\mathrm{P}} = K/S'.$$

(3) Bei den Montagefällen wird zwischen kurzzeitig wirkenden (zum Beispiel Absetzvorgang beim Transport) und länger wirkenden Montagebelastungen unterschieden.

Die zulässigen Berechnungsspannungen

$$f_{\mathrm{M}} = K/S_{\mathrm{M}}$$

werden dabei durch Anpassen der Sicherheitsbeiwerte gemäß AD 2000-Merkblatt B 0 aus den Sicherheitsbeiwerten für den Betriebs- und den Prüffall abgeleitet zu

$$S_{\mathrm{M}} = S - \boldsymbol{a} \cdot (S - S'), \tag{2}$$

wobei

$\boldsymbol{a} = 1{,}0$ bei kurzfristiger,

$\boldsymbol{a} = 0{,}5$ bei länger andauernder Beanspruchung zu wählen ist.

(4) Bei Sonderfällen wird die zulässige Berechnungsspannung

$$f_{\mathrm{S}} = K/S_{\mathrm{S}}$$

wie beim Montagefall festgelegt unter Berücksichtigung von $\boldsymbol{a} = 1{,}25$. Dabei darf S_{S} jedoch nicht kleiner als 1,0 sein.

4.3.4.1.2 Tragelemente

(1) Die zulässige Berechnungsspannung für Betriebsfälle

$$f = K/S$$

kann für Werkstoffe der Reihe W in den AD 2000-Merkblättern der Festigkeitskennwert K mit dem Sicherheitsbeiwert für den Auslegungsfall nach AD 2000-Merkblatt B 0 zugrunde gelegt werden.

(2) Für die Montage- und Prüffälle darf der Sicherheitsbeiwert um den Faktor 1,1 reduziert werden.

(3) Für die Sonderfälle darf der Sicherheitsbeiwert um den Faktor 1,5 reduziert werden.

(4) Stabilitätsnachweise, die nicht in den AD 2000-Merkblättern S 3/1 bis S 3/5 geregelt sind, sind nach DIN EN 1993-1-5 [17] und DIN EN 1993-1-5/NA [18] durchzuführen. Dabei sind die in DIN EN 1990 [19] und DIN EN 1990/NA [20] festgelegten Teilsicherheitsbeiwerte zu berücksichtigen, siehe auch Tafel 2. Dabei ist zu beachten, dass für austenitische Werkstoffe die abgeminderten Werkstoffkennwerte nach Tabelle 1 und Tabelle 2 aus Anhang 3 zu verwenden sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(5) Abweichend von AD 2000-Merkblatt B 0 kann für die Teile des Tragelementes die Umgebungstemperatur zugrunde gelegt werden, wenn diese sich außerhalb der Wärmeisolierung des Behälters befinden.

Tafel 1 — Beispielhafte Zuordnung der Belastungen und Lastfälle zu den Beanspruchungsstufen und zulässigen Berechnungsspannungen

Lastfall[1] nach Abschnitt 4.2	Belastungen nach Abschnitt											zulässige Berechnungsspannung nach Abschnitt 4.3	
	4.1.4.1	4.1.4.2			4.1.4.3	4.1.4.4	4.1.4.5	4.1.4.6	4.1.4.8	4.1.4.9	4.1.4.10		
	Eigenlast	Innendruck	Unterdruck oder äußerer Überdruck	örtlicher Druckaufbau	Temperatur[2]	äußere Lasten und Lastmomente (statisch, dynam.)	Verkehrslasten	Windlasten[3]	Schneelasten	dynam. Lasten/ Erdbeben	äußere Lasten aus Stutzenzusatzlasten	Druckbehälter	Tragelemente[5]
BF1	x	x			x	x	x	x	x		x	f	f
BF2	x		x	x	x	x	x	x	x		x		
...													
PF1	x	x				x		x			x[4]	f_P	$1{,}1 \cdot f$
PF2	x		x			x		x			x[4]		
...													
MF1	x					x		x			x[4]	f_M	$1{,}1 \cdot f$
MF2	x					x		x			x[4]		
...													
SF1	x	x				x				x	x[6]	f_S	$1{,}5 \cdot f$
SF 2	x		x			x				x	x[6]		
...													

1) Die hier aufgeführten Lastfälle zeigen beispielhaft die Zuordnung und sind für den jeweiligen Anwendungsfall entsprechend vorzugeben.

2) Die zugehörige Temperatur ist generell für die Bestimmung der zulässigen Spannungen maßgebend. Bei den hier in dieser Spalte angekreuzten Lastfällen sind zusätzlich Wärmespannungen anteilig zu berücksichtigen.

3) Windlasten können in den Lastfällen PF1, PF2, MF1 und MF2 bei Belastungszeiträumen < 12 Monate um den Faktor 0,7 reduziert werden.

4) Für die Lastfälle PF1, PF2, MF1 und MF2 sind Stutzenzusatzlasten zu berücksichtigen, falls relevant.

5) Gilt nur für das Nachweiskonzept nach AD 2000-Regelwerk.

6) Einwirkungen, die aus Massenkräften resultieren, sind zu berücksichtigen.

4.3.4.2 Zulässige Spannungen für das Bemessungskonzept 2

Bei der Anwendung des Bemessungskonzeptes 2 nach Eurocode ist das dort geforderte Teilsicherheitskonzept vollständig anzuwenden, siehe Tafel 2.

4.3.4.2.1 Festigkeitsnachweis

Der Festigkeitsnachweis nach dem Bemessungskonzept 2 ist nach DIN EN 1993-1-1, Abschnitt 5.4.1 (1) „Elastische Tragwerksberechnung“ zu führen.

4.3.4.2.2 Stabilitätsnachweis

Stabilitätsberechnungen von Schalen mit kombinierten Belastungen sind nach DIN EN 1993-1-6 zu führen. Dabei ist zu beachten, dass für austenitische Werkstoffe die abgeminderten Werkstoffkennwerte nach Tabelle 1 und Tabelle 2 im Anhang 3 zu verwenden sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Beispielhafte Zuordnung der Teilsicherheitsbeiwerte und Lastfälle für den Nachweis nach DIN EN 1990/NA

	4.1.4.1	4.1.4.2		4.1.4.3	4.1.4.4	4.1.4.5	4.1.4.6 + 7	4.1.4.8	4.1.4.9	4.1.4.10		
Lastfälle[1]	Eigenlast	Innendruck	Unterdruck oder äußerer Überdruck	Temperatur[2]	äußere Lasten und Lastmomente[3]	Verkehrslasten	Windlasten[4]	Schneelasten[4]	dynam. Lasten/ Erdbeben	äußere Lasten aus Stutzenzusatzlasten[5]	Druckbehälter	Tragelemente
BF1	1,35	1,35		1,00	1,50	1,50	1,50	1,50		1,35		
BF2	1,35		1,50	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50		1,35	K/1,1	K/1,1
...												
PF1	1,00	1,00			1,00		1,50			1,35		
PF2	1,00		1,10		1,00		1,50			1,35	K/1,05	K
...												
MF1	1,00				1,00		1,50			1,35		
MF2	1,00				1,00		1,50			1,35	K/1,05	K
...												
SF1	1,00	1,00			1,00				1,00	1,00[6]		
SF2	1,00		1,00		1,00				1,00	1,00[6]	K	K
...												

1) Die hier aufgeführten Lastfälle zeigen beispielhaft die Zuordnung und sind für den jeweiligen Anwendungsfall entsprechend vorzugeben.

2) Die zugehörige Auslegungstemperatur ist generell für die Bestimmung der zulässigen Spannungen maßgebend. Bei den hier in dieser Spalte angekreuzten Lastfällen sind zusätzlich Wärmespannungen zu berücksichtigen.

3) Bei detaillierter Berechnung der Zusatzlasten kann bei BF1 und BF2 der Wert 1,35 anstelle von 1,5 verwendet werden (siehe VGB R602).

4) Für Wind- und/oder Schneelasten wird in Kombination mit allen Belastungen, außer Belastungen unter Abschnitt 4.1.4.1 bis 4.1.4.3, ein Kombinationsbeiwert von 0,9 zugelassen. Windlasten können in den Lastfällen PF1, PF2, MF1 und MF2 bei Belastungszeiträumen $<$ 12 Monate um den Faktor 0,7 abgemindert werden.

5) Für die Lastfälle PF1, PF2, MF1 und MF2 sind Stutzenzusatzlasten zu berücksichtigen, falls relevant.

6) Einwirkungen, die aus Massenkräften resultieren, sind zu berücksichtigen.

4.3.4.3 Ankerschrauben

Für Schraubenwerkstoffe der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 sowie für Ankerschrauben aus den Werkstoffen 1.0038 und 1.0570 ist für die Lastfälle Betrieb bei Umgebungstemperatur der Festigkeitskennwert K die in der DIN 28082-2 angegebene Streckgrenze. Für höhere Temperaturen gelten die in dem AD 2000-Merkblatt W 13 für diese Werkstoffe festgelegten Kennwerte.

Die Lastermittlung für die Ankerschrauben erfolgt grundsätzlich über die Berechnung der Gebrauchslasten. Dies erfolgt direkt nach dem Bemessungskonzept 1 oder durch die Rückrechnung aus dem Bemessungskonzept 2.

In den Lastfällen Betrieb beträgt der Sicherheitsbeiwert $S = 2{,}2$ gegen die Streckgrenze. Darüber hinaus gelten die zutreffenden Regelungen in Abschnitt 4.3.4.1.2 (2), (3) und (5).

Für den Lastfall Erdbeben ist sicherzustellen, dass sich plastische Verformungen ausschließlich in der Komponente selbst oder ihrer Unterkonstruktion ausbilden, nicht aber in den Ankerschrauben bzw. Verankerungen. Wird die Beanspruchung für den Nachweis der Ankerschrauben durch Ansatz einer Ersatzkraft ermittelt (siehe auch [9], Absatz 4.4.2.6 (2)P; [12]), muss der Verhaltensbeiwert q auf 1,0 begrenzt werden.

4.3.5 Prüfung des Standsicherheitsnachweises

Die Prüfung des Standsicherheitsnachweises setzt die Prüfung der Bemessung der drucktragenden Behälterteile (vgl. Abschnitt 4.2.1 und 4.2.2 des AD 2000-Merkblattes HP 511) voraus.

Für die Prüfung des Standsicherheitsnachweises sind eine Darstellung des gesamten statischen Systems, die erforderlichen Konstruktionszeichnungen und die erforderlichen Berechnungen einschließlich der Berechnung gegen Innendruck vorzulegen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Über die mit positivem Ergebnis abgeschlossene Prüfung ist ein Prüfbericht zu erstellen und die geprüften Nachweise sind mit einem Prüfvermerk zu versehen.

4.4 Überlagerung von Stutzenzusatzlasten für den Standsicherheitsnachweis

Ein Verfahren für die Berücksichtigung von Stutzenzusatzlasten ist im Anhang 2 geregelt.

4.5 Lastaufteilung bei mehreren Auflagerpunkten

Ist ein Behälter auf mehreren Füßen oder Pratzen mit gleichmäßiger Teilung aufgelagert, so darf bei gleicher Teilung die an jedem Einzelelement wirkende maximale Druckkraft errechnet werden zu

$$N_{\mathrm{Fd}} = \frac{1}{n}\left(\frac{4\,M}{d_{\mathrm{F}}} + G_{\mathrm{d}}\right). \tag{3}$$

Eine Verankerung gegen Abheben ist notwendig, falls

$$\frac{4\,M}{d_{\mathrm{F}}} > 0{,}7\;G_{\mathrm{z}} \text{ ist.} \tag{4}$$

Als maximale Zugkraft zur Bestimmung von Ankerschrauben ist

$$N_{\mathrm{Fz}} = \frac{1}{n}\left(\frac{4\,M}{d_{\mathrm{F}}} - 0{,}9 \cdot G_{\mathrm{z}}\right) \tag{5}$$

für $n \geq 4$ zugrunde zu legen.

Für $n = 3$ Einzelstützen ergibt sich die maximale Zugkraft aus

$$N_{\mathrm{Fz}} = \frac{1}{3}\left(\frac{6\,M}{d_{\mathrm{F}}} - G_{\mathrm{z}}\right). \tag{6}$$

Die Bestimmung der einzelnen Ankerschraubenkräfte hängt von den konstruktiven Verhältnissen im Fußpunkt ab (siehe AD 2000-Merkblatt S 3/3, Abschnitt 6.2).

Sofern keine gleichmäßige Lastverteilung durch Sicherstellung einer gleichmäßigen Auflagerung gewährleistet werden kann, darf höchstens mit $n = 3$ gerechnet werden. Bei zwei Auflagerpunkten ist in der Regel kein stabiler Auflagerzustand gewährleistet. Dem ist gegebenenfalls durch zusätzliche Abstützungen in horizontaler Richtung Rechnung zu tragen.

Bei der Bestimmung der Schraubenkraftanteile infolge der Momentenbelastung ist die Drehachse durch die Behältermitte zu legen.

Zur Berücksichtigung der Schraubenvorspannung sind die errechneten Schraubenkräfte um 10 % zu erhöhen.

4.6 Berücksichtigung von Längskräften

Im Rahmen des Standsicherheitsnachweises ist zu prüfen, ob die aus den äußeren und den Gewichtslasten resultierenden Längskräfte in der Druckbehälterwand zu einer Erhöhung der Gesamtbeanspruchung führen und damit ggf. eine Vergrößerung der Wanddicke erfordern. Treten hierbei Druckspannungen in Längsrichtung in der Behälterwand auf, ist zusätzlich ein Stabilitätsnachweis z. B. nach DIN EN 1993-1-6 erforderlich.

Dabei ist zu beachten, dass für austenitische Werkstoffe die abgeminderten Werkstoffkennwerte nach Tabelle 1 und Tabelle 2 im Anhang 3 zu verwenden sind.

4.7 Bewertung von Schweißnähten an Tragelementen

Die Gestaltung von Schweißnähten muss mit DIN EN 1708-1 vereinbar sein. Auf den rechnerischen Nachweis von Kehlnähten kann verzichtet werden, wenn die Schweißnahtdicke mindestens das 0,7-Fache der kleinsten Wanddicke der beteiligten Bleche aufweist und beidseitig geschweißt wird. Bei der Berechnung einseitig geschweißter Kehlnähte sind die Schweißnahtdicke g und ein Verschwächungsbeiwert $v = 0{,}6$ zugrunde zu legen. Einseitig geschweißte Stumpfnähte sind bei Vorliegen von Zugmembranspannungen mit $v = 0{,}7$ zu bewerten.

Beidseitig geschweißte Stumpfnähte sind bei Vorliegen von Zugmembranspannungen mit $v = 0{,}85$ zu bewerten.

Die Verschwächungsbeiwerte v sind nur beim Membranspannungsnachweis zu berücksichtigen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5 Schrifttum

[1] DIN EN 1991-1-1, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

[2] DIN EN 13084-1, Freistehende Schornsteine – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

[3] DIN EN 1991-1-4, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten

[4] DIN EN 1991-1-4/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten

[5] DIN EN 1993-1-9, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung

[6] DIN EN 1993-1-9/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung

[7] DIN EN 1991-1-3, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten

[8] DIN EN 1991-1-3/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten

[9] DIN EN 1998-1, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten

[10] DIN EN 1998-1/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau

[11] DIN EN 1998-6, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine

[12] VCI-Leitfaden und Erläuterungen zum VCI-Leitfaden, Ausgabe 10/2012

[13] DIBT-Berechnungsempfehlungen im Zusammenhang mit Zulassungsverfahren für zylindrische Behälter und Silos, Berücksichtigung des Lastfalls Erdbeben 40-B3

[14] DIN EN 1993-1-6, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen

[15] DIN EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

[16] DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Paramter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

[17] DIN EN 1993-1-5, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile

[18] DIN EN 1993-1-5/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile

[19] DIN EN 1990, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

[20] DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt S 3/0

Muster einer Bescheinigung nach Abschnitt 2.7

Anschlusslasten (Gebrauchslasten) des Behälters, bezogen auf Systemachse und
[ ] Unterkante Standzarge/Tragring, Tragpratzenebene
[ ] Unterkante Profil-/Rohrstütze
[ ] Unterkante Sattellager
in kN und kNm:

Betriebslasten	**V**	**H**		**M**		
	z	x	y	x	y	z
Leergewicht						
Betriebsgewicht						
Prüfgewicht						
Stutzenzusatzlasten						
äußere Lasten	**V**	**H**		**M**		
	z	x	y	x	y	z
Verkehr						
Wind						
Schnee						
Erdbeben						
Lasten je Stütze – max V	**V**	**H**		**M**		
	z	x	y	x	y	z
Betrieb						
Verkehr						
Wind						
Schnee						
Erdbeben						
– min V						
Betrieb						
Verkehr						
Wind						
Schnee						
Erdbeben						
maximale Verankerungskraft [kN]						
maximale Flächenpressung [MPa]						

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

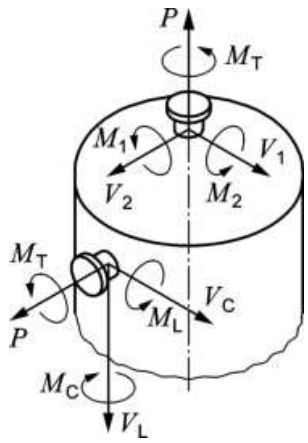
Anhang 2 zu AD 2000-Merkblatt S 3/0

Überlagerung von Stutzenzusatzlasten nach Planzahlen für den Standsicherheitsnachweis

1. Definition der Lastrichtungen bei Stutzenzusatzlasten

Alle Lastangaben beziehen sich auf den Verschneidungspunkt zwischen Stutzen und Grundkörper (außen) und die in Tabelle 1 angegebenen Bezeichnungen. Das Koordinatensystem gilt immer lokal zum Stutzen.

Tabelle 1 — Lastrichtung der Stutzenzusatzlasten mit Beispielen von Stutzenzusatzlasten für Apparatestutzen (Planzahlen)



DN	N			Nm		
	P	V_L V_1	V_C V_2	M_L M_1	M_C M_2	M_T
50	2300	3100	2300	500	400	800
80	3500	4100	3000	1400	900	1800
100	4300	4800	3500	2100	1400	2600
150	6700	6800	4800	4000	2600	4800
200	9500	9300	6300	6400	4200	7300
250	12600	12200	8000	9100	6100	10200
300	16200	15500	9800	12200	8300	13400
350	20100	19300	11900	15700	10900	16900
400	24300	23400	14000	19600	13800	20900
450	29000	28000	16400	23900	17000	25200
500	34000	33000	18900	28500	20500	29800
600	45200	44300	24500	39000	28600	40100
700	57900	57200	30700	51000	38000	51800
800	72100	71800	37600	64600	48700	65000
900	87700	88100	45200	79700	60600	79600
1000	104900	106100	53500	96300	73900	95500

Der lokale Spannungsnachweis bezieht sich auf die Bauteile des Stutzens und dessen Anschluss zum Grundkörper. Für die Nachweise sind, sofern nicht anders angegeben, alle Stutzenzusatzlasten und der Druck zu berücksichtigen. Für Punkte außerhalb des Verschneidungspunktes (z. B. Flanschanschluss) kann eine Transformation der Lasten vorgenommen werden oder es können vereinfacht die gleichen Stutzenzusatzlasten angenommen werden (zulässige Stutzenlänge: Maximum aus 200 mm oder 1 × DN).

2. Lokaler Nachweis

Der lokale Spannungsnachweis ist für folgende Bauteile, soweit vorhanden, durchzuführen:

- Stutzenanschluss zum Grundkörper und Stutzenrohr (siehe auch AD 2000-Merkblatt S 3/6)
- Stutzenflansch, falls mindestens eine der folgenden Bedingungen zutrifft
  - Stutzenflanschausführung entspricht nicht der Ausführung Typ 11 der DIN EN 1092-1
  - Stutzenzusatzlasten sind höher als die in der DIN EN 1092-1 berücksichtigten
  - ab Nenndurchmesser DN 600

3. Globaler Nachweis

Der globale Nachweis berücksichtigt die Auswirkung der Stutzenzusatzlasten auf den gesamten Apparat und dessen Tragkonstruktionen und umfasst sowohl einen Spannungs- als auch Stabilitätsnachweis. Dabei sind z. B. folgende Einzelnachweise erforderlich:

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

- Nachweis der Behälterflansche
- Nachweis der Behälterschale
- Nachweis der Wärmetauscherrohre (z. B. bei Wärmeaustauscher mit Kompensator im Mantelraum)
- Nachweis der Tragkonstruktion

Falls zutreffend, muss die Überlagerung der Lasten aus mehreren Stutzen berücksichtigt werden.

Sind bei einem Apparat für mehrere Stutzen Zusatzlasten zu berücksichtigen, erfolgt für den globalen Nachweis die Überlagerung quadratisch.

Die so ermittelten Schnittgrößen aller Stutzen sind zu summieren. Die Schnittgrößen aus quadratisch überlagerten Lasten sind sowohl mit positivem als auch negativem Vorzeichen den Schnittgrößen aus Lasten mit korrektem Vorzeichen zu überlagern. Die Schnittgrößen aus den Stutzenzusatzlasten sind stets mit den Schnittgrößen aus gleichzeitig wirkenden anderen Lasten zu kombinieren (siehe Tafel 1 bzw. Tafel 2 nach Abschnitt 4.3).

Die Überlagerung von Stutzenzusatzlasten nach Planzahlen mit realen Stutzenzusatzlasten ist gesondert zu betrachten.

4. Erläuterungen zur quadratischen Überlagerung von Stutzenzusatzlasten gemäß Planzahlen (z. B. aus Tabelle 1)

Stutzenzusatzlasten beanspruchen einen Apparat nicht nur lokal an der Verschneidungsstelle und dem Stutzenflansch, sondern sie haben auch Auswirkungen auf die Gesamtkonstruktion (z. B. Lagerung des Behälters).

Um die Höhe der Zusatzbeanspruchungen an den maßgebenden Stellen zu bestimmen, müssen die Stutzenzusatzlasten (nach Tabelle 1 oder tatsächlich berechnete Lasten) an diese Stellen transformiert werden.

Das nachfolgend dargestellte Prinzip für die Transformation der Stutzenzusatzlasten bezieht sich ausschließlich auf statisch bestimmte Systeme. Bei statischer Unbestimmtheit (z. B. Kolonne mit Führung) ist diese Vorgehensweise nicht ohne Weiteres anwendbar, hier müssen weitere Betrachtungen nach den Regeln der technischen Mechanik vorgenommen werden.

Vor der quadratischen Überlagerung müssen die Stutzenzusatzlasten, bezogen auf das lokale Koordinatensystem nach Bild 1, den Achsen des globalen Koordinatensystems zugeordnet werden.

Liegen die Stutzen nicht in den Hauptachsen des globalen Koordinatensystems, so sind die lokalen Stutzenzusatzlasten zuerst über Transformationen der entsprechenden Drehachse und Drehwinkel in die Richtung der globalen Hauptachsen umzurechnen.

Die nachfolgenden Transformationsgleichungen beziehen sich auf die Stutzenstellungen gemäß Bild 1.

Die Gleichungen sollen das Prinzip der Überlagerung verdeutlichen, bei dem Kräfte und Momente transformiert werden, wobei die Kräfte über ihre Hebelarme zusätzliche Biegemomente erzeugen.

Um unabhängig von der Wirkrichtung zu sein, werden die Schnittgrößen vorzeichenfrei überlagert, d. h. sie sind immer als Betrag in $\pm$-Richtung zu betrachten

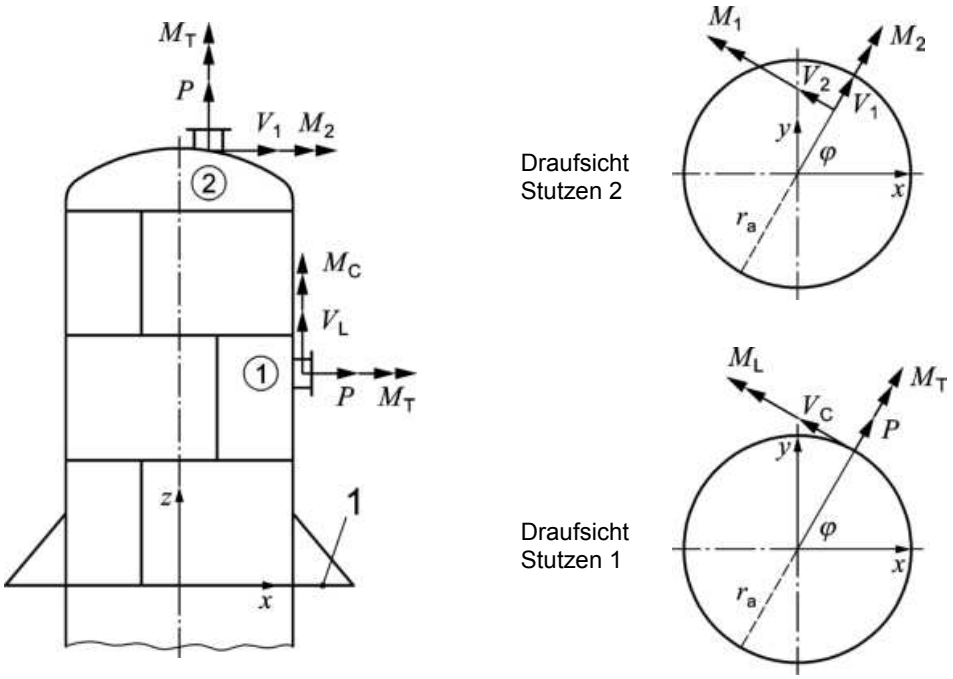
Globale Koordinaten:

Der Ursprung des globalen Koordinatensystems wird in Höhe der Tragebene auf die Achse des Apparates gelegt. Auf dieses System werden die Koordinaten der einzelnen Lastangriffspunkte bezogen.

5. Lasttransformation zu einem Bezugspunkt

Die nachfolgend dargestellte Methode bezieht sich auf die Transformation der Stutzenzusatzlasten bei statisch bestimmten Systemen zu einem gemeinsamen Bezugspunkt (Ursprung des globalen x-y-z-Koordinatensystems nach Bild 1). Die Transformation kann daher angewendet werden bei Lagerungen auf Standzargen, Füßen, Tragpratzen und bei Ringlagerungen, aber auch zur Bestimmung der Beanspruchung in der Behälterschale oder im Apparateflansch.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



1 Tragebene

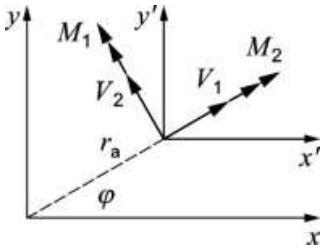
Bild 1 — Stehender Behälter, Stutzen im Zylinder (1) und im Boden (2) mit Zusatzlasten

Formelzeichen		Einheit
P, V_L, V_C	lokal an der Verschneidungsstelle angreifende Kräfte am Stutzen im Zylinder	N
M_L, M_C, M_T	lokal an der Verschneidungsstelle angreifende Momente am Stutzen im Zylinder	Nmm
P, V_1, V_2	lokal an der Verschneidungsstelle angreifende Kräfte am Stutzen im Boden	N
M_1, M_2, M_T	lokal an der Verschneidungsstelle angreifende Momente am Stutzen im Boden	Nm
x, y, z	globales Koordinatensystem in der zu betrachtenden Ebene (z. B. Tragebene)	–
	Lage des Stutzens im globalen Koordinatensystem	mm
x', y', z'	lokales Koordinatensystem an der Verschneidungsstelle	
r_a	Radius Lastangriffspunkt (Radius des Zylinders, Teilkreisradius des Bodens)	mm
φ	Winkellage Lastangriffspunkt	°
P_{xi}, P_{yi}, P_{zi}	Reaktionskräfte eines Stutzens i in der Tragebene	N
MP_{xi}, MP_{yi}, MP_{zi}	Reaktionsmomente eines Stutzens i in der Tragebene	Nmm
P_{xq}, P_{yq}, P_{zq}	überlagerte Reaktionskräfte aller Stutzen in der Tragebene	N
MP_{xq}, MP_{yq}, MP_{zq}	überlagerte Reaktionsmomente aller Stutzen in der Tragebene	Nmm
α	Abminderungsfaktor bei quadratischer Überlagerung	

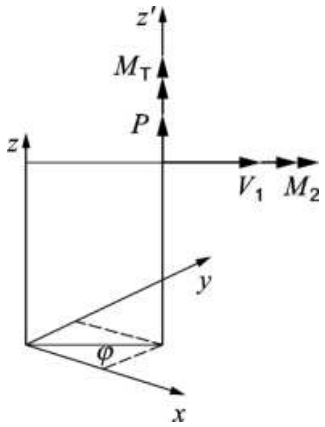
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.1 Transformation der Kräfte und Momente ins lokale x'-y'-z'-Koordinatensystem

Draufsicht



Seiten-
ansicht



Stutzen im Boden

$F_{x(V_1,V_2)} = V_1 \cos\varphi - V_2 \sin\varphi$

$F_{y(V_1,V_2)} = V_1 \sin\varphi + V_2 \cos\varphi$

$F_{z(P)} = P$

$M_{x(M_1,M_2)} = M_2 \cos\varphi - M_1 \sin\varphi$

$M_{y(M_1,M_2)} = M_2 \sin\varphi + M_1 \cos\varphi$

$M_{z(M_T)} = M_T$

Lage des Stutzens *i*

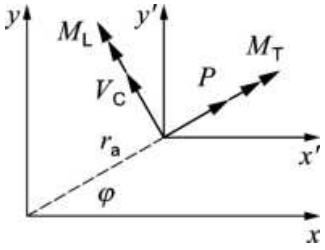
$x = r_a \cos\varphi$

$y = r_a \sin\varphi$

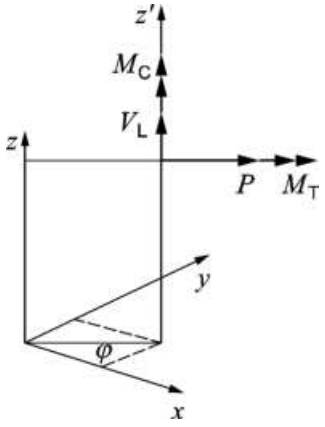
z

r_a = Teilkreisdurchmesser

Draufsicht



Seiten-
ansicht



Stutzen im Zylinder

$F_{x(P,V_C)} = P \cos\varphi - V_C \sin\varphi$

$F_{y(P,V_C)} = P \sin\varphi + V_C \cos\varphi$

$F_{z(V_L)} = V_L$

$M_{x(M_T,M_L)} = M_T \cos\varphi - M_L \sin\varphi$

$M_{y(M_T,M_L)} = M_T \sin\varphi + M_L \cos\varphi$

$M_{z(M_C)} = M_C$

Lage des Stutzens *i*

$x = r_a \cos\varphi$

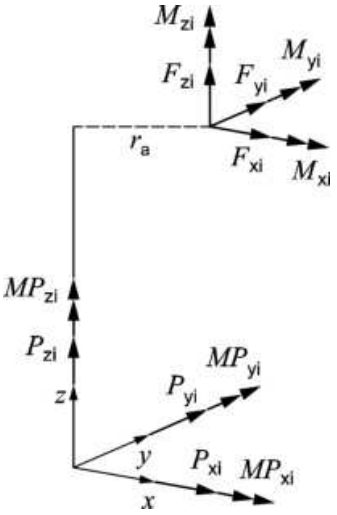
$y = r_a \sin\varphi$

z

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2 Transformation zum Mittelpunkt in der Tragebene

Reaktionslasten in der Tragebene (Transformation)



Transformation zum Mittelpunkt der Tragebene für jeden Stutzen *i*

$$P_{xi} = + F_{xi}$$

$$P_{yi} = + F_{yi}$$

$$P_{zi} = + F_{zi}$$

$$MP_{xi} = + M_{xi} - F_{yi}\, z + F_{zi}\, y$$

$$MP_{yi} = + M_{yi} + F_{xi}\, z - F_{zi}\, x$$

$$MP_{zi} = + M_{zi} + F_{yi}\, x - F_{xi}\, y$$

Maximalwerte

Durch Variation der Vorzeichen aller sechs Lasten an dem betrachteten Stutzen i werden die maximalen Reaktionskräfte im Ursprung des globalen x-y-z-Koordinatensystems (Mittelpunkt der Tragebene) berechnet.

Belastung pro Stutzen *i*

$$\begin{pmatrix} \pm P_i \\ \pm V_{Li}, V_{1i} \\ \pm V_{Ci}, V_{2i} \\ \pm M_{Li}, M_{1i} \\ \pm M_{Ci}, M_{2i} \\ \pm M_{Ti} \end{pmatrix}$$

Variation der Vorzeichen

max. Reaktionskräfte pro Stutzen *i* im Mittelpunkt der Tragebene

$$\begin{matrix} P_{xmax\,i} \\ P_{ymax\,i} \\ P_{zmax\,i} \\ MP_{xmax\,i} \\ MP_{ymax\,i} \\ MP_{zmax\,i} \end{matrix}$$

5.3 Quadratische Überlagerung

Die überlagerten Kräfte und Momente aus allen beteiligten Stutzen n ergeben sich aus der abgeminderten quadratischen Überlagerung (abgeminderte SRSS-Regel „Quadratsummenwurzel-Regel“). Die Abminderung erfolgt über einen Faktor α (für liegende Behälter auf zwei Sätteln gilt: $\alpha = 1$)[1)] nach Tabelle 2, der berücksichtigt, dass nicht alle Lasten gleichzeitig ungünstig wirken und damit immer den Maximalwert erzeugen.

$$P_{xq} = \alpha \sqrt{\sum P_{xmax\,i}^{\,2}} \qquad MP_{xq} = \alpha \sqrt{\sum MP_{xmax\,i}^{\,2}}$$

$$P_{yq} = \alpha \sqrt{\sum P_{ymax\,i}^{\,2}} \qquad MP_{yq} = \alpha \sqrt{\sum MP_{ymax\,i}^{\,2}}$$

$$P_{zq} = \alpha \sqrt{\sum P_{zmax\,i}^{\,2}} \qquad MP_{zq} = \alpha \sqrt{\sum MP_{zmax\,i}^{\,2}}$$

1) Begründung: Maßgebende Belastungsgröße für die Dimensionierung des Festsattels ist die resultierende Last in Längsrichtung. Diese wird nur bestimmt aus den Längskräften der beteiligten Stutzen, die sich je nach Vorzeichen gegenseitig durch lineare Überlagerung verstärken oder abmindern. Im Gegensatz zur Lasttransformation zu einem Bezugspunkt, bei der die maßgebende Wirkung aus fast allen Lastkomponenten gebildet wird, ist hier die Wahrscheinlichkeit einer Abminderung nicht gegeben.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tabelle 2 — Abminderungsfaktor α bei quadratischer Überlagerung der Lasten von Stutzenzusatzlasten nach Planzahlen. Ausgenommen: liegende Behälter auf zwei Sätteln[1)]

Anzahl der Stutzen n	Abminderungsfaktor α
1	1,0
2	0,9
3	0,8
≥ 4	0,7

Hinweis:

Es erfolgt eine abgeminderte quadratische Überlagerung zu einem Bezugspunkt (Ursprung des globalen Koordinatensystems) und dann eine lineare Berechnung der Auflagerkräfte (z. B. an den Pratzen). Bei einer quadratischen Überlagerung direkt zu den Auflagerpunkten (z. B. durch ein Statikprogramm) können sich abweichende Ergebnisse ergeben. Die Größe der Abweichung ist abhängig von dem Verhältnis Höhe des Lastangriffes zum Auflagerdurchmesser.

1) Siehe Seite 18.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 3 zu AD 2000-Merkblatt S 3/0

Charakteristische Werte für die Stabilitätsbetrachtung

Tabelle 1 — Als charakteristische Werte für Stähle mit Erzeugnisdicken $t \leq 40$ mm festgelegte Werte der Streckgrenze $f_{y,k}$

Werkstoff	technische Regeln	Stahlsorte	Werkstoffnummer	Streckgrenze $f_{y,k}$ in MPa[a] bei Temperaturen in °C von											
				20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Austenitische Stähle	DIN EN 10028-7, DIN EN 10088-2, DIN EN 10088-3, DIN EN 10095, DIN EN 10250-4, DIN EN 10296-2, DIN EN 10297-2	X5CrNi18-10	1.4301	195	177	157	142	127	118	110	104	98	95	92	90
		X6CrNiTi18-10	1.4541	205	190	176	167	157	147	136	130	125	121	119	118
		X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	215	202	185	177	167	157	145	140	135	131	129	127
		X2CrNiMo18-14-3	1.4435	190	182	166	152	137	127	118	113	108	103	100	98
		X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	220	190	175	165	155	145	135	130	125	120	110	105
		X8CrNiTi18-10	1.4878	205	190	176	167	157	147	136	130	125	121	119	118
	SEW 400	X6CrNiMoTi18-13-2	1.4561	190	182	166	152	137	127	118	113	108	103	100	98

[a] Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Tabelle 2 — Als charakteristische Werte für den E-Modul (Elastizitätsmodul) festgelegte Werte

Werkstoff	E-Modul in MPa[a] bei Temperaturen von							
	20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C
Austenitische Stähle[a]	170000	164000	156000	149000	142000	138500	135000	131500

[a] Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Tabelle 1 und 2 sind Auszüge aus der DIN 4133.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2001**

Sonderfälle	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter **Behälter auf Standzargen**	AD 2000-Merkblatt **S 3/1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Konstruktionsvarianten des Anschlussbereiches
5 Schnitte und Schnittgrößen
6 Nachweise im Anschlussbereich (Schnitte 1-1, 2-2, 3-3)
7 Nachweis der Standardzarge (Schnitt 4-4)
8 Nachweis der Gleit- und Kippsicherheit (Schnitt 5-5)
9 Schrifttum

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Mit diesem AD 2000-Merkblatt kann der Nachweis für Standzargen an Behältern geführt werden. Er erfolgt getrennt für die örtlichen Beanspruchungen im Bereich der Verbindung von Standzarge und Druckbehälterwandung, für die Standzarge selbst und deren Verankerung im Fundament.

Spannungserhöhungen in der drucktragenden Schale im Sinne von AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 4.5 sind insbesondere bei geringer Druckbeanspruchung ($e/D < 0{,}005$) sowie bei hohen Zusatzmomenten, beispielsweise durch Wind ($H/D > 5$), zu erwarten. Unterhalb dieser Grenzen kann es notwendig sein, einen Spannungsnachweis zu führen, wenn die Zusatzlasten extrem werden (z. B. durch Zusatzgewichte, durch Füllgewichte hoher Dichte, durch hohe Exzentrizität bei Querbeschleunigung) oder wenn die Konstruktionsprinzipien nicht mit den hier behandelten Varianten übereinstimmen.

2 Allgemeines

Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt S 3/0 anzuwenden.

Die Konstruktion der Standzarge muss nach DIN 28 082 Teil 1 und Teil 2 oder in enger Anlehnung daran erfolgen. Auf das Vorhandensein von Besichtigungsöffnungen ist zu achten.

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Gestaltung der Schweißnähte muss mit DIN EN 1708 vereinbar sein. Auf den Nachweis von Schweißnähten kann verzichtet werden, wenn die Schweißnahtdicke das 0,7-fache der Wanddicke der dünnsten der beteiligten Bleche aufweist und beidseitig geschweißt oder volltragend angeschlossen wird. Wenn ein Nachweis von Schweißnähten erforderlich wird, so kann dieser nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 erfolgen.

Die Lasteinleitung in den Fußring muss gleichmäßig erfolgen; Spannungsspitzen sind zu vermeiden.

Nachzuweisen sind die vom Besteller gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.2 festgelegten Lastfälle. Dabei sind die zulässigen Berechnungsspannungen nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 zu verwenden. Diese zulässigen Berechnungsspannungen und die Schnittgrößen sind abhängig vom jeweiligen Lastfall. Dies wird im Folgenden jedoch nicht durch entsprechende Indizes kenntlich gemacht, um die Zahl der Indizes zu begrenzen und damit die Übersicht zu verbessern.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

a	Hebelarm Exzentrizität (vgl. Bild 2)	in mm
b	Fußringbreite	in mm
e	ausgeführte Wanddicke abzüglich aller Wanddickenzuschläge $e = s_e - \Sigma c$, mit s_e nach AD 2000-Merkblatt B 0	in mm
f	lastfallabhängige zulässige Berechnungsspannung nach AD 2000-Merkblatt S 3/0	in N/mm²
F	auf Symmetrieachse bezogene Schnittkraft	in N
g	Überstand des Fußringes auf unverankerter Seite	in mm
h	Höhe des Tragringes (vgl. Bild 6)	in mm
i	Breite der Druckplatte bzw. des Gurtringes	in mm
k	Abstand zwischen Zarge und Lochkreis	in mm
l	Überstand des Fußrings auf der verankerten Seite	in mm
M	resultierendes Schnittmoment, auf Symmetrieachse bezogen	in Nmm
n	Anzahl Anker	–
$\bar{r}$	Ausschnittparameter	in rad
t	Abstand zwischen zwei Stegblechen	in mm
T	Abstand zwischen zwei Pratzen	in mm
W	Widerstandsmoment des Ringes nach Bild 1	in mm³
α	Spannungserhöhungsfaktor nach Anhang 1 des AD 2000-Merkblattes B 3	–
γ	Anschluss- bzw. Grenzwinkel	in °
ΔF	Behältermassenkraft unterhalb Schnitt 2 – 2	in N
ΔM	Momentenerhöhung inf. Schwerpunktänderung im Bereich des Ausschnittes	in Nmm
δ	halber Öffnungswinkel eines Ausschnittes (vgl. Bild 4)	in rad
ε	Verschiebung des Flächenschwerpunktes durch Ausschnitt	in mm
σ	Spannung	in N/mm²

Indizes

a	äußere, d. h. Symmetrieachse abgewandte Schalenoberfläche
b	Beton
b (hoch)	Biegeanteil
B	Behälter
D	Druckplatte bzw. Gurtring
F	Füllung
ges (hoch)	Gesamtspannung, d. h. Membran- und Biegeanteil
G	Gewichtanteil des Behälters inkl. An- und Einbauten, ohne Füllung
H	hydrostatische Säule
i	innere, d. h. Symmetrieachse zugewandte Schalenoberfläche
K	Ankerschraube-Kernquerschnitt
m (hoch)	Membrananteil
n	Nachweisort (mögl. Werte p und q), legt das Vorzeichen des Momentenanteils der Schnittkraft fest
o	Schalenoberfläche (mögl. Werte i und a)
p	Nachweisort, an dem der Momentenanteil mit pos. Vorzeichen in die Schnittkraft eingeht (d. h. windzugewandte Seite – luv)
P	Stegblech
q	Nachweisort, an dem der Momentenanteil mit neg. Vorzeichen in die Schnittkraft eingeht (d. h. windabgewandte Seite – lee)
R	Flansch- bzw. Fußring
S	Schnitt, an dem der Nachweis erfolgt (mögl. Werte 1 bis 5)
T	Tragring
t	Lochkreis Ankerschraube bzw. Bohrungsdurchmesser für Ankerschraube
Ü	Überdruck oder Unterdruck als negativer Überdruck (ohne Flüssigkeitsdruck)
Z	Standzarge auf unverschwächte Schale bezogen

4 Konstruktionsvarianten des Anschlussbereiches

Dieses AD 2000-Merkblatt erlaubt Nachweise im Bereich der Verbindung von Standzarge und drucktragender Schale für die im Folgenden beschriebenen Konstruktionsformen A, B und C.

4.1 Konstruktionsform A (Zargenanschluss über Tragring im Zylinderbereich)

Standzarge zylinderförmig oder konisch mit Neigungswinkel $\leq 7°$ zur Achse.

4.2 Konstruktionsform B (Zargenanschluss im Krempenbereich)

Standzarge zylinderförmig oder konisch mit Neigungswinkel $\leq 7°$ zur Achse und im Bereich γ min $< \gamma \leq 20°$ direkt am Behälterboden angeschweißt.

Geltungsbereich:

$0{,}5 \leq e_B / e_Z \leq 2{,}25$

γ min ist begrenzt durch die Bedingung

$D_Z - D_B <$ min $\{e_Z, e_B\}$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

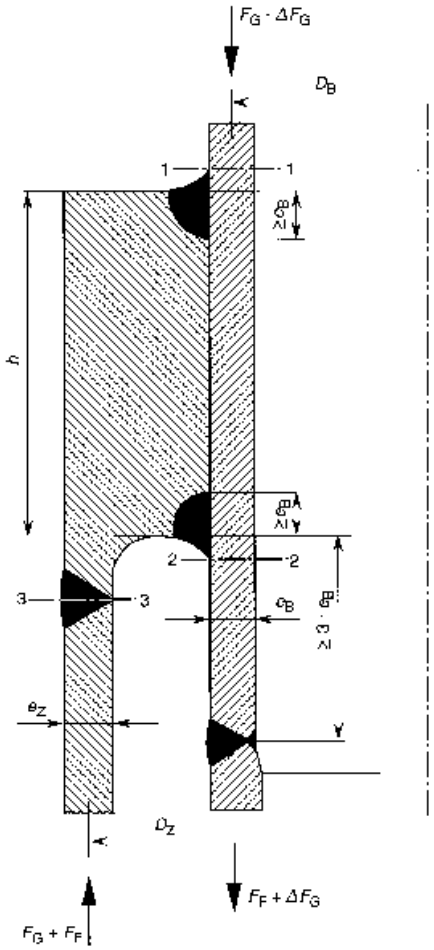


Bild 1. Konstruktionsform A – Zargenanschluss über Tragring im Zylinderbereich (Schnittgrößen aus Massenkräften)

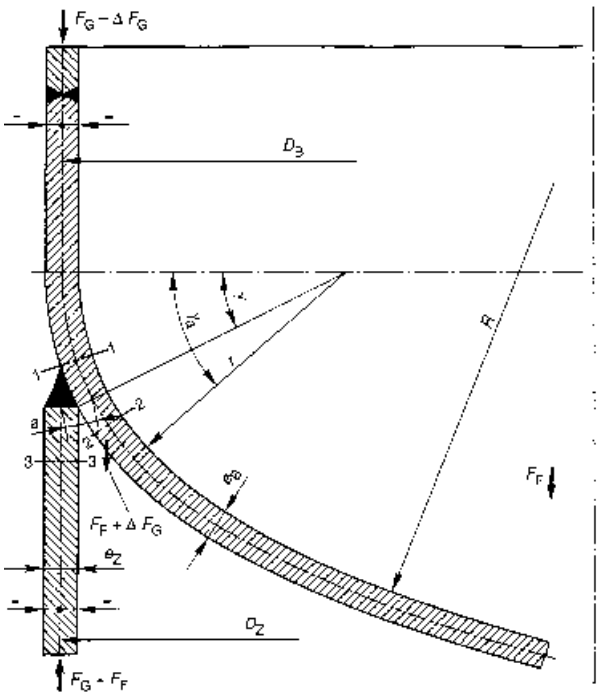


Bild 2. Konstruktionsform B – Zargenanschluss im Krempenbereich von Klöpper- und Korbbogenböden (Schnittgrößen aus Massenkräften)

4.3 Konstruktionsform C (übergeschobene Standzarge)

Über den Behältermantel geschobene und direkt angeschweißte zylindrische Standzarge.

Es wird vorausgesetzt, dass beiderseits der Anschlussnaht jeweils im Bereich $3e_B$ keine Störungen durch Ausschnitte, angeschlossene Böden, Behälterrundnähte usw. vorhanden sind.

Auf die Gefahr von Spaltkorrosion ist zu achten.

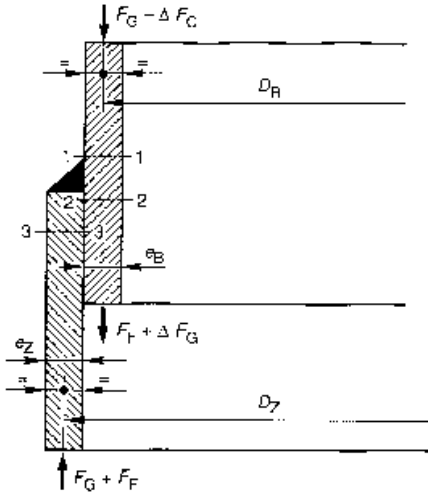


Bild 3. Konstruktionsform C – übergeschobene Standzarge (Schnittgrößen aus Massenkräften)

5 Schnitte und Schnittgrößen

Die Schalenschnittgrößen F_s, H_s und M_s am jeweils behandelten Schnitt 1 bis 5 werden als Funktion der Kombination aller in diesem Lastfall zu betrachtenden Lasten ermittelt (vgl. Bild 4).

Bei abgestufter Wanddicke in der Zarge können weitere Nachweisschnitte notwendig werden.

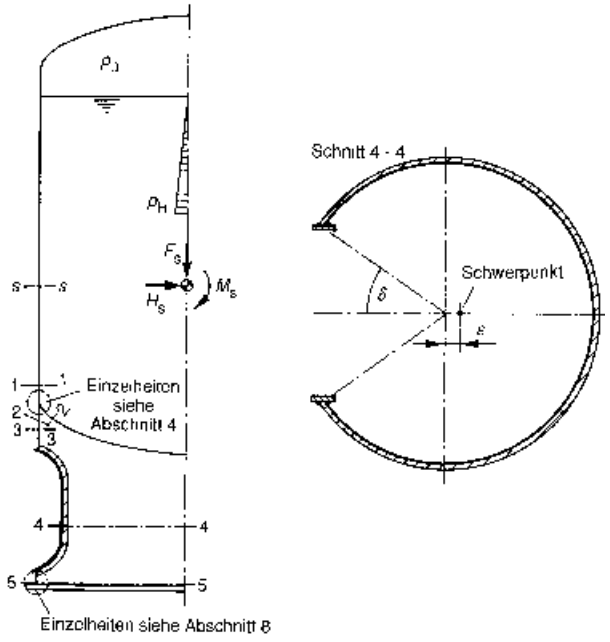


Bild 4. Prinzipskizze Standzarge – Schnitte und Schnittgrößen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6 Nachweise im Anschlussbereich (Schnitte 1-1, 2-2, 3-3)

Im Anschlussbereich werden die in den Bildern 1 bis 3 festgelegten Schnitte 1 bis 3 nachgewiesen. Der Nachweis erfolgt differenziert für die Membranspannungen und die Gesamtspannungen, wobei jeweils nur die Längskomponenten berücksichtigt werden.

Die Schnittkraft F_Z in der Standzarge im Bereich des Anschlusses ergibt sich dann, abhängig von der Lage (n), d. h. ob das Moment die Lastkomponente verstärkt (q) oder abschwächt (p):

$$F_{Zn} = -F_1 - \Delta F_G - F_F \pm \frac{4M_1}{D_Z} \qquad (n = p, q). \tag{1}$$

Hierin ist F_1 die resultierende Normalkraft und M_1 das resultierende Moment aus äußeren Lasten im Schnitt 1-1 oberhalb der Verbindung zwischen drucktragender Schale und Standzarge.

6.1 Membranspannungsnachweise

Die Membranspannungsnachweise sind für die Konstruktionsformen A, B und C gleich. Die Membranspannungen am Nachweisort n lauten im Schnitt 1-1:

$$\sigma^{\,m}_{1n} = \frac{F_{Zn} + \Delta F_G + F_F}{\pi \cdot D_B \cdot e_B} + \frac{p_Ü \cdot D_B}{40 \cdot e_B} \qquad (n = p, q). \tag{2}$$

Die Festigkeitsbedingung lautet:

$$\left|\sigma^{\,m}_{1n}\right| \le f_B \qquad (n = p, q). \tag{3}$$

Aus Formel (3) lässt sich durch Gleichsetzen mit Formel (2) eine zur Einhaltung dieser Festigkeitsbedingung rechnerisch erforderliche Wanddicke im Schnitt 1-1 nach Formel (3a) ermitteln.

$$e^{\,m}_{1n} = \frac{1}{f_B} \cdot \left(\frac{F_{Zn} + \Delta F_G + F_F}{\pi \cdot D_B} + \frac{p_Ü \cdot D_B}{40} \right) \tag{3a}$$

Die Berechnung dieser Wanddicke ist für Konstruktionsform A erforderlich.

Ist $\sigma^{\,m}_{1n}$ eine Druckspannung, muss ein Stabilitätsnachweis unter Berücksichtigung von [2] nach [1] geführt werden. Dieser kann entfallen, wenn die Längsspannungskomponente kleiner ist als der 1,6-fache Wert der aus dem Lastfall Vakuum oder Teilvakuum resultierenden Meridian-Membran-Druckspannung und dieser Lastfall nach AD 2000-Merkblatt B 6 nachgewiesen wurde.

Dies gilt sinngemäß für andere Schnitte im zylindrischen Bereich der Schale.

Die Membranspannung im Schnitt 2-2 ist unabhängig vom Nachweisort

$$\sigma^{\,m}_{2} = \sigma^{\,m}_{2q} = \sigma^{\,m}_{2p} = \frac{F_F + \Delta F_G}{\pi \cdot D_B \cdot e_B} + \frac{p_Ü \cdot D_B}{40 \cdot e_B} \tag{4}$$

Die Festigkeitsbedingung

$$\left|\sigma^{\,m}_{2}\right| \le f_B \tag{5}$$

ist einzuhalten.

Aus Formel (5) lässt sich durch Gleichsetzen mit Formel (4) eine zur Einhaltung dieser Festigkeitsbedingung rechnerisch erforderliche Wanddicke im Schnitt 2-2 nach Formel (5a) ermitteln:

$$e^{\,m}_{2} = \frac{1}{f_B} \cdot \left(\frac{\Delta F_G + F_F}{\pi \cdot D_B} + \frac{p_Ü \cdot D_B}{40} \right) \tag{5a}$$

Die Berechnung dieser Wanddicke ist für Konstruktionsform A erforderlich.

Im Schnitt 3-3 der Standzarge erreichen die Membranspannungen am Nachweisort n den Wert

$$\sigma^{\,m}_{3n} = \frac{F_{Zn}}{\pi \cdot D_Z \cdot e_Z} \qquad (n = p, q). \tag{6}$$

Die Festigkeitsbedingung

$$\left|\sigma^{\,m}_{3n}\right| \le f_Z \qquad (n = p, q) \tag{7}$$

muss erfüllt werden.

Aus Formel (7) lässt sich durch Gleichsetzen mit Formel (6) eine zur Einhaltung dieser Festigkeitsbedingung rechnerisch erforderliche Wanddicke im Schnitt 3-3 nach Formel (7a) ermitteln:

$$e^{\,m}_{3n} = \frac{1}{f_Z} \cdot \left(\frac{F_{Zn}}{\pi \cdot D_Z} \right) \tag{7a}$$

Die Berechnung dieser Wanddicke ist für Konstruktionsform A erforderlich. Ist $\sigma^{\,m}_{3n}$ eine Druckspannung, kann der dann erforderliche Stabilitätsnachweis auch hier unter Beachtung von [2] nach [1] geführt werden.

6.2 Biegespannungen

6.2.1 Konstruktionsform A (vgl. Bild 1)

Der Nachweis erfolgt in Anlehnung an DIN 2505.

Das lokale Biegemoment am Nachweisort n lautet:

$$M_n = \frac{D_Z - D_B}{2} \cdot F_{Zn} \qquad (n = p, q). \tag{8}$$

Mit den nach den Formeln (3a), (5a) und (7a) ermittelten erforderlichen rechnerischen Wanddicken ergibt sich das Gesamtwiderstandsmoment des Tragrings am Nachweisort n zu

$$W_n = \frac{\pi}{4} \left[(D_Z + e_Z - D_B - e_B) \cdot h^2 + (2e_B^2 - e_{1n}^{m2} - e_2^{m2}) \cdot D_B + 0{,}5\,(e_Z^2 - e_{3n}^{m2}) \cdot D_Z \right] \qquad (n = p, q). \tag{9}$$

Darin berücksichtigt der Faktor 0,5 im dritten Summanden die Art des Überganges von der Standzarge zum Anschlussring nach Bild 1.

Sind die zulässigen Beanspruchungen von Behälter (f_B) und/oder Standzarge (f_Z) geringer als die des Tragringes (f_T), so sind der zweite und/oder dritte Summand im Verhältnis f_B / f_T und/oder f_Z / f_T zu reduzieren.

6.2.2 Konstruktionsform B (vgl. Bild 2)

Die Exzentrizität a der Schalenmittellinien verursacht am Nachweisort n ein Biegemoment

$$M_n = a \cdot F_{Zn} \qquad (n = p, q) \tag{10}$$

$$\text{mit } a = 1/2 \sqrt{e_B^2 + e_Z^2 + 2\,e_B \cdot e_Z \cdot \cos\gamma}$$

$$\text{und } \cos\gamma = 1 - \frac{D_B + e_B - D_Z + e_Z}{2\,(r + e_B)},$$

aus dem die entsprechenden Biegespannungsanteile in den Schnitten 1 bis 3

$$\sigma^{\,b}_{Sn}\,(a) = C \frac{6\,M_n}{\pi \cdot D_B \cdot e_B^2} \qquad (S = 1, 2;\ n = p, q) \tag{11}$$

und

$$\sigma^{\,b}_{3n}\,(a) = C \frac{6\,M_n}{\pi \cdot D_Z \cdot e_Z^2} \qquad (n = p, q) \tag{12}$$

folgen.

Der Korrekturfaktor C kann im Geltungsbereich

$$0{,}5 \le \frac{e_B}{e_Z} \le 2{,}25$$

näherungsweise mit

$$C = 0{,}63 - 0{,}057 \left(\frac{e_B}{e_Z} \right)^2$$

angesetzt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Diese Abhängigkeit wurde aus numerischen Berechnungen mit der Methode der Finiten-Elemente ermittelt. Wegen der großen Anzahl der Parameter musste eine Vereinfachung vorgenommen werden, die unter Umständen zu einer beträchtlichen Überdimensionierung führen kann, z. B. bei Korbbogenböden.

Dieser Biegespannungskomponente überlagert sich im Bereich der Schnitte 1 und 2 ein durch den Innendruck (p) in der Krempe verursachter Biegespannungsanteil

$$\sigma^{\,b}_{S}(p) = \frac{(p_{Ü} + p_H)\, D_B}{40\, e_B} \left(\frac{\gamma}{\gamma_a}\, \alpha - 1 \right). \qquad (13)$$

Für Klöpperböden ist $\gamma_a = 45°$, für Korbbogenböden $\gamma_a = 40°$ einzusetzen; die Formzahl α ist für die jeweilige Bodenform Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt B 3 zu entnehmen.

6.2.3 Konstruktionsform C (vgl. Bild 3)

Die Exzentrizität der Schalenmittellinien verursacht am Nachweisort n ein Biegemoment

$$M_n = \frac{D_Z - D_B}{2} \cdot F_{Zn} \qquad (n = p, q), \qquad (14)$$

das in den Schnitten 1 und 2 die Biegespannungen

$$\sigma^{\,b}_{Sn} = \frac{3\, M_n}{\pi \cdot e_B^2 \cdot D_B} \qquad (S = 1, 2;\ n = p, q) \qquad (15)$$

und im Schnitt 3 die Biegespannung

$$\sigma^{\,b}_{3n} = \frac{6\, M_n}{\pi \cdot e_Z^2 \cdot D_Z} \qquad (n = p, q) \qquad (16)$$

zur Folge hat.

Druckverursachte Biegespannungen werden vernachlässigt, d. h. es gilt

$$\sigma^{\,b}_{S}(p) = 0 \qquad (S = 1, 2). \qquad (17)$$

6.3 Gesamtspannungen und Festigkeitsbedingungen

6.3.1 Konstruktionsform A

An jedem Nachweisort n muss die Festigkeitsbedingung

$$\frac{|M_n|}{W_n} \le f_T \qquad (n = p, q) \qquad (18)$$

überprüft werden, wobei M_n nach Formel (8) und W_n nach Formel (9) zu bestimmen sind.

6.3.2 Konstruktionsformen B und C

Die Gesamtspannungen auf Innen- (i) bzw. Außenfaser (a) am Nachweisort n lauten im Schnitt 1-1

$$\sigma^{\,ges}_{1ni} = \sigma^{\,m}_{1n} - \sigma^{\,b}_{1n}(a) + \sigma^{\,b}_{1}(p) \qquad (19i)$$

$$\sigma^{\,ges}_{1na} = \sigma^{\,m}_{1n} + \sigma^{\,b}_{1n}(a) - \sigma^{\,b}_{1}(p) \qquad (n = p, q) \qquad (19a)$$

mit den Einzelkomponenten der Abschnitte 6.1 und 6.2.2 bzw. 6.1 und 6.2.3 für die Konstruktionsformen B bzw. C.

Entsprechend ergeben sich die Gesamtspannungen im Schnitt 2-2

$$\sigma^{\,ges}_{2ni} = \sigma^{\,m}_{2} + \sigma^{\,b}_{2n}(a) + \sigma^{\,b}_{2}(p) \qquad (20i)$$

$$\sigma^{\,ges}_{2na} = \sigma^{\,m}_{2} - \sigma^{\,b}_{2n}(a) - \sigma^{\,b}_{2}(p) \qquad (n = p, q) \qquad (20a)$$

und im Schnitt 3-3

$$\sigma^{\,ges}_{3ni} = \sigma^{\,m}_{3n} - \sigma^{\,b}_{3n} \qquad (21i)$$

$$\sigma^{\,ges}_{3na} = \sigma^{\,m}_{3n} + \sigma^{\,b}_{3n} \qquad (n = p, q). \qquad (21a)$$

Die Festigkeitsbedingung lautet bei zähem Werkstoffverhalten:

$$\sigma^{\,ges}_{Sno} \le f_s \cdot \left[3 - 1{,}5 \cdot \left(\frac{\sigma^{\,m}_{Sn}}{K} \right)^2 \right] \qquad (22)$$

(S = 1, 2, 3; n = p, q; o = i, a)

Sie ist für alle Gesamtspannungen nach Formel (19) bis (21) einzuhalten.

7 Nachweis der Standzarge (Schnitt 4-4)

Im Schnitt 4-4, dem Querschnitt mit der maximalen Beanspruchung aufgrund max. Schnittgröße und/oder der max. Verschwächung, müssen die Restfläche A_4 und das Widerstandsmoment W_4 des Restquerschnittes bestimmt werden. Mit den im Bereich dieses Schnittes vorliegenden Schnittgrößen F_4 und M_4 und dem spannungserhöhenden Moment $\Delta M_4 = \varepsilon F_4$ aus der Verschiebung des Schwerpunktes ergibt sich die Spannung im Bereich des Ausschnittes

$$\sigma^{\,m}_{4n} = \pm \frac{M_4 + \Delta M_4}{W_4} - \frac{F_4}{A_4} \qquad (n = p, q). \qquad (23)$$

Die Festigkeitsbedingung

$$\left|\sigma^{\,m}_{4n}\right| \le f_Z \qquad (24)$$

muss erfüllt werden.

Vereinfachend und sicher kann der Festigkeitsnachweis bei rohrförmig oder nicht versteiften Ausschnitten mit den Querschnittswerten A'_4 und W'_4 der unverschwächten Schale geführt werden, wenn die daraus folgenden Spannungen mit dem aus AD 2000-Merkblatt B 9 für den Kugelstutzen abgeleiteten Verschwächungsbeiwert v_A korrigiert werden. D. h. es muss dann gelten:

$$\left|\sigma^{\,m}_{4n}\right| = \left| \left(\pm \frac{M_4}{W'_4} - \frac{F_4}{A'_4} \right) \frac{1}{v_A} \right| \le f_Z \qquad (n = p, q). \qquad (25)$$

Ist $\sigma^{\,m}_{4n}$ eine Druckspannung, muss ein Stabilitätsnachweis geführt werden. Wird dieser Nachweis nach [3] geführt, so ist die dabei verwendete zulässige Berechnungsspannung f um 20 % zu verringern.

Vereinfachend kann ein Nachweis nach [3] entfallen, wenn der Ausschnittrand gegen radiale Verformung stutzenartig versteift ist und entweder

a) der Öffnungsparameter auf

$$\bar{r} = \delta \sqrt{\frac{D_Z}{2\, e_Z}} \le 2 \qquad (26)$$

beschränkt bleibt, oder

b) bei Ausschnitten mit $\delta \le 0{,}8$ (d. h. einem Öffnungswinkel $\le 90°$) eine zusätzliche Sicherheit von 2 gegenüber der zulässigen Berechnungsspannung f besteht, wobei der Nachweis nach [1] mit den Querschnittswerten des unverschwächten Querschnittes zu führen ist.

8 Nachweis der Gleit- und Kippsicherheit (Schnitt 5-5)

Mit den im Schnitt 5-5 vorhandenen Schnittgrößen wird der Nachweis für die Bauteile der Zarge geführt.

8.1 Nachweis gegen Gleiten

Der Nachweis gegen Gleiten kann nach DIN 18 800 Teil 1 geführt werden. Kritisch sind Lastfälle mit einem hohen Verhältnis von Horizontal- zu Vertikallast.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.2 Ankerschrauben

Kritisch sind Lastfälle, die Zugspannungen im Anker verursachen; i. d. R. ist der Lastfall entscheidend, der aus minimalem Gewicht und höchster Zugkraft aus dem Moment (Nachweisort p, i. d. R. luvseitig) resultiert. Die Kraft pro Ankerschraube beträgt:

$$F_{Kp} = \frac{1}{n}\left(\frac{4\,M_5}{D_t} - 0{,}9\,F_5\right). \tag{27}$$

Eine Verankerung zur Sicherheit gegen Kippen ist notwendig für $F_{Kp} > 0$.

Die Dimensionierung der Ankerschrauben erfolgt nach AD 2000-Merkblatt S 3/0.

In Ausnahmefällen ist die Vorspannkraft der Ankerschraube höher als die betriebsmäßige Belastung. In diesen Fällen ist in den Formeln (33) bis (35) für F_{Kp} die Vorspannkraft einzusetzen.

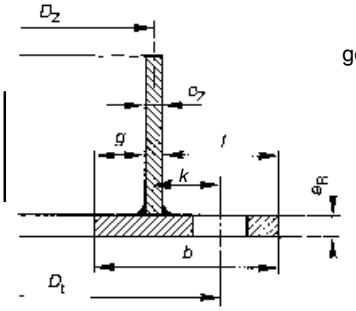
Für die Werkstoffe St 37 und St 52 können die zulässigen Ankerschraubenkräfte auch DIN 28 082 Teil 2 entnommen werden.

8.3 Lasteinleitung im Fußring

Für Beanspruchungsfälle mit geringem Kippmoment genügt eine konstruktive Auslegung mit einfachem Fußring, die an DIN 28 082 Teil 1 orientiert sein muss. Der Nachweis dafür kann nach Abschnitt 8.3.1 erfolgen.

Bei höheren Kippmomenten sollte eine Konstruktion entsprechend DIN 28 082 Teil 2 gewährleistet werden. Der Nachweis dafür kann nach Abschnitt 8.3.2 geführt werden.

8.3.1 Einfacher Fußring



geometrische Bedingungen

$b \geq 1{,}5\,l$

$e_R / e_Z \geq 1{,}5$

Bild 5. Einfacher Fußring für geringe Momentenbelastung

Die maximale Betonpressung beträgt

$$\sigma_b = \sigma_{bq}^{m} = \frac{1}{\pi \cdot D_Z \cdot b}\left(-\frac{4\,M_5}{D_Z} - F_5\right). \tag{28}$$

Die Fußringdicke muss folgenden Bedingungen genügen

$$e_R \begin{cases} \geq l\sqrt{\dfrac{3 \cdot |\sigma_b|}{f_R}} & \text{und} \quad (29) \\ \geq \sqrt{\dfrac{3\,n \cdot F_{Kp}\,(1 - D_Z/D_t)}{\pi \cdot f_R}} & \text{für } n \geq \dfrac{\pi\,D_t}{2k + d_t} \quad (30) \end{cases}$$

$$\geq \sqrt{\frac{n \cdot F_{Kp} \cdot (k + e_Z/2)}{b \cdot f_R}} \quad \text{für } n < \frac{\pi\,D_t}{2k + d_t} \tag{31}$$

worin σ_b Formel (28) und F_{Kp} Formel (27) zu entnehmen sind.

8.3.2 Fußring mit Pratzen oder Doppelring mit Stegen

Mit der maximalen Betonpressung σ_b aus Formel (28) ergibt sich für $T/l \leq 3$ die notwendige Fußringdicke e_R aus

$$e_R \geq l\sqrt{\frac{K \cdot |\sigma_b|}{f_R}} \tag{32}$$

mit $K = 1{,}145 \cdot T/l - 0{,}5$.

Für $T/l > 3$ erfolgt der Nachweis nach Formel (29).

Die Stegblechdicke e_P muss folgender Bedingung genügen:

$$e_P \geq 0{,}5\,\frac{F_{Kp}}{l \cdot f_p} \tag{33}$$

Außer dem Spannungsnachweis nach Gleichung (33) ist, sofern erforderlich, für die Dicke der Stegbleche e_P ein Stabilitätsnachweis in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt S 3/4 Abschnitt 7.3 zu führen.

Die Druckplatten- bzw. Gurtringdicke e_D beträgt

$$e_D \begin{cases} \geq \dfrac{2\sqrt{3} \cdot F_{Kp}}{\pi \cdot d_t \cdot f_D} & (34) \\ \geq 0{,}72\sqrt{\left(\left[F_{Kp} \cdot t\right] / \left[(i - d_t)\,f_D\right]\right)} & (35) \end{cases}$$

mit $e_D \leq 3e_P$

Der Einfluss des Versatzmomentes aus $F_{Kp} \cdot k$ auf die Standzarge ist nachzuweisen. Dies kann bei Pratzen z. B. in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt S 3/4 bzw. [6] erfolgen (mit $a_P = k - e_Z/2$; $N_F = F_{Kp}$). Die konstruktive Ausführung der Pratzenkonstruktion entscheidet dabei über das Nachweisformat. Der Doppelring mit Stegen kann z. B. durch einen entsprechenden Ringträger unter n Radiallasten R_i nach [4] oder [5] nachgewiesen werden; mit $R_i = F_{Kp} \cdot k/[h - 0{,}5 \cdot (e_D + e_R)]$.

9 Schrifttum

[1] Deutscher Ausschuss für Stahlbau: Beulsicherheitsnachweise für Schalen. DASt-Richtlinie 013, Juli 1980.

[2] Hinweise auf die Schalenbeulrichtlinie in: Mitteilungen des IfBt **4** (1981), S.116.

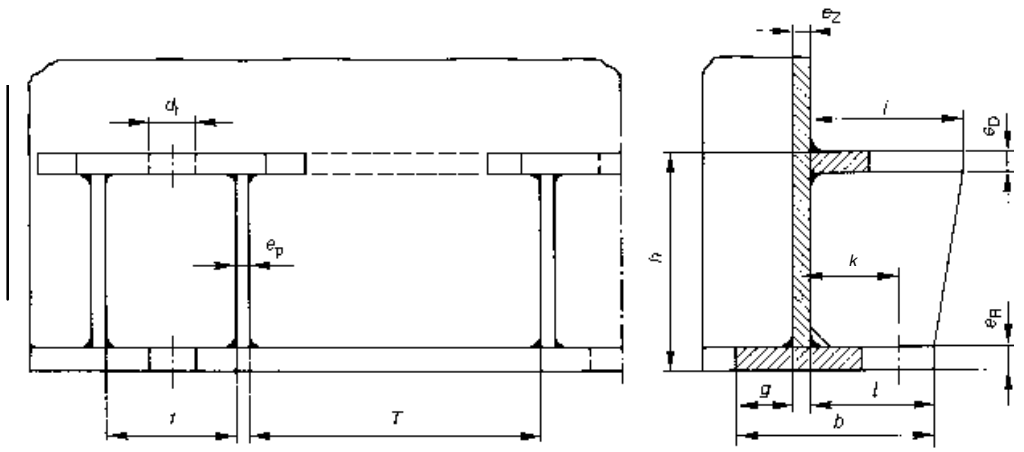
[3] *Knödel, P.*, u. *U. Schulz:* Zur Stabilität von Schornsteinen mit Fuchsöffnungen. Stahlbau **57** (1988), H.1, S.13–21.

[4] *Petersen, Chr.:* Stahlbau. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1988.

[5] Stahlbau Handbuch Band 2. Stahlbau Verlagsgesellschaft, Köln 1985.

[6] Richtlinienkatalog Festigkeit RKF, Teil 2, BR-A 61-Tragpratzen, 3. Auflage 1979, Linde KCA-Dresden GmbH.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



geometrische Bedingungen

$e_R / e_Z \geq 1{,}5$

$l \leq 15\, e_P$

$e_D \geq 1{,}5\, e_Z$

$b \geq 1{,}5\, l$

Bild 6. Fußringkonstruktion für hohe Momentenbelastung

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2004**

Sonderfälle	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter **Nachweis für liegende Behälter auf Sätteln**	AD 2000-Merkblatt **S 3/2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen, Einheiten und Skizzen
4 Nachweis im Zylinder (global)
5 Nachweis des Zylinders im Sattelbereich
6 Nachweis des Sattels
7 Schrifttum
8 Diagramme

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt dient der Erstellung von Festigkeitsnachweisen zu liegenden Behältern auf Sätteln

- Berechnung der örtlichen Beanspruchung in der Behälterwandung im Bereich der Auflagersättel,
- Nachweis des Behälters als Balkenträger,
- Tragfähigkeitsnachweis des Sattels.

1.2 Der Nachweis der örtlichen Beanspruchung im Bereich der Auflagersättel ist insbesondere notwendig bei Behältern

- mit $e/D < 0{,}005$,
- aus Nichteisenmetallen,
- großer Schlankheit,
- mit großen Zusatzgewichten,
- mit hoher Ausnutzung der Behälterwand durch Innendruck,
- mit Umschlingungswinkeln der Sättel von weniger als 120°

oder bei Unterdruck.

1.3 Der Nachweis des Behälters als Balkenträger ist im Feldbereich zwischen den Sätteln nur dann notwendig, wenn $M_{Feld} > M_{Stütze}$.
Bezüglich der konstruktiven Ausführung der Sättel wird auf [4] hingewiesen.

1.4 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nur unter Berücksichtigung der AD 2000-Merkblätter B 0 und S 3/0. Es gilt nicht bei übereinander angeordneten, liegenden Behältern mit Zwischensätteln. Hierzu sind gesonderte Nachweise erforderlich, z. B. nach [2].

Ersatz für Ausgabe Januar 2003; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

1.5 Für die Berechnung mit den Gleichungen dieses AD 2000-Merkblattes sollen die nachfolgenden Abmessungsbegrenzungen eingehalten werden.

$b_1 / D \leq 0{,}2$

$b_2 / b_1 \leq 3{,}0$

Bei größeren Abmessungsverhältnissen sind andere Nachweisverfahren erforderlich.

2 Allgemeines

2.1 Grundlage zur Bestimmung der zulässigen Sattelkräfte ist die Berechnung der lokalen Traglast eines aus der Schale herausgetrennten Balkens mit Rechteckquerschnitt nach [2] und [3]. Zu diesem Querschnitt wird die Biegegrenzspannung σ_{gr} bestimmt. Sie begrenzt die lokalen Biegespannungen in Abhängigkeit von den lokalen Membranspannungen und dem Auslastungsgrad durch globale Membranspannungen.

2.2 Die Berechnung der Auflagerkräfte, der Querkräfte und der Momente erfolgt an einem Balken mit Kreisquerschnitt, der gelenkig über den Sätteln gelagert ist.

2.3 Für die Berechnung nach diesem AD 2000-Merkblatt gelten folgende Voraussetzungen:

2.3.1 Übergänge vom Sattellager zur Behälterwand (Stelle 3 in Bild 2) sollen weich ausgeführt sein, um Spannungsspitzen abzumindern. Das gilt besonders für unversteifte Zylinder mit $e/D < 0{,}005$. Bei steifen Sattelkonstruktionen – insbesondere am Sattelhorn (z. B. Betonsättel) – kann dieses AD 2000-Merkblatt nicht angewendet werden. In einem solchen Fall kann der Nachweis der örtlichen Beanspruchung z.B. nach [1] erfolgen.

2.3.2 In Sattellagernähe sollen Schweißnähte und Stutzen vermieden werden. Der Abstand von Verstärkungsblechnaht zur Stutzennaht muss $> 1{,}1\sqrt{D \cdot e}$ bzw. zur nächstliegenden Rundnaht und Lager oder zwischen Längsnaht und Sattelhorn mindestens $\sqrt{D \cdot e}$ betragen. Diese Bedingung gilt nicht für die Rundnaht zum gewölbten Boden. Hier soll der Abstand von Verstärkungsblechnaht zur Bodenrundnaht $\geq 3 \cdot e_b$, jedoch mind. 50 mm betragen. Die Gestaltung der Schweißnähte muss mit DIN EN 1708 vereinbar sein.

2.3.3 Die nachfolgenden Berechnungsformeln gelten bei Einhaltung folgender Bedingungen:

$60^\circ \leq \delta_1 \leq 180^\circ$

$e/D \leq 0{,}05$

$e \leq e_v \leq 1{,}5\,e$
$b_3 \geq 0{,}1\,D$
} für Sattellager mit Verstärkungsblech

2.3.4 $f_v \geq f$ (siehe AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 2.8)

2.3.5 Die Dichten der Beschickungs- und Prüfmittel sind jeweils zu beachten.

2.3.6 Die Sattellager sind im Allgemeinen an den Behälter anzuschweißen. Werden die Sattellager aus bestimmten Gründen nicht mit dem Behälter verschweißt (Fertigung, Montage, große Temperaturdehnungen, unterschiedliche Werkstoffarten), ist sicherzustellen, dass der Behälter gleichmäßig auf dem Sattel aufliegt.

2.3.7 Sind Temperaturdehnungen in Längsrichtung zu erwarten, sind ein Sattel als Festlager, die anderen als Loslager auszuführen. In Achsrichtung „weiche" Sattellager dürfen als Festlager ausgeführt werden, wenn sie die entstehenden Dehnungen aufnehmen können.

3 Formelzeichen, Einheiten und Skizzen

3.1 Bezeichnungen

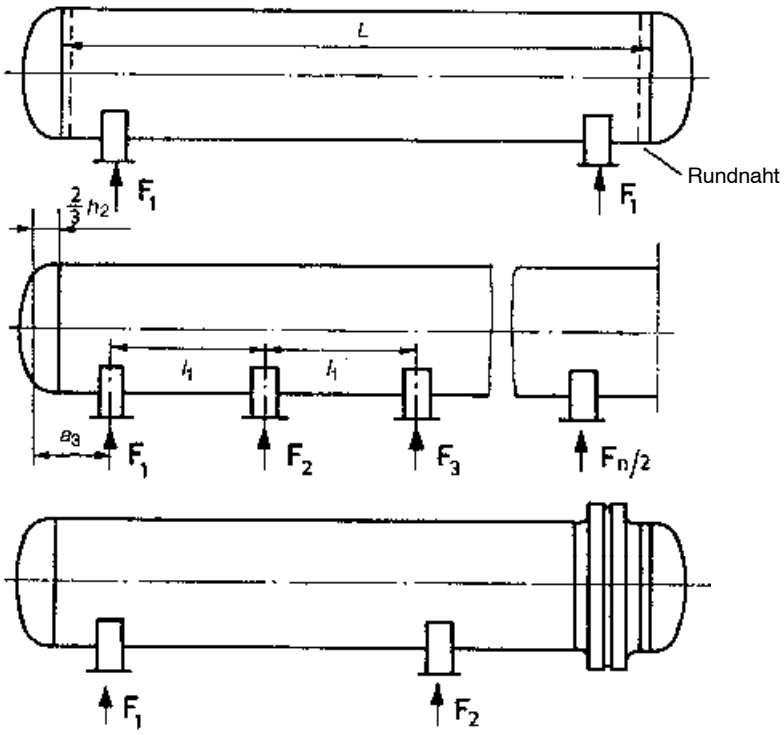
Über die Festlegungen der AD 2000-Merkblätter B 0 und S 3/0 hinaus oder abweichend von diesen gilt:

a_1	Kraglänge des Zylinders (Bild 2)	in mm
a_2	Abstand der neutralen Faser des Versteifungsringes zur Behälterwand siehe Tabelle 3	in mm
a_3	Kraglänge des Tanks (Bild 1)	in mm
b_1	Breite des Sattellagers (Bild 2)	in mm
b_2	Breite des Verstärkungsbleches (Bild 2)	in mm
b_3	Verstärkungsblechüberstand nach Bild 2	in mm
b_e	effektive Plattenbreite (Bild 6)	in mm
e_e	Ersatzwanddicke	in mm
e_{ef}	effektive Wanddicke nach Formel (11)	in mm
e_2	Dicke des Sattelbleches	in mm
f	zulässige Spannung in der Behälterwand nach AD 2000-Merkblatt S 3/0	in N/mm²
l_e	mittragende Länge der Zylinderwand nach Bild 2	in mm
l_2	Länge des Sattellagerblechs	in mm
n	Anzahl der Lager	–
p_f	zulässiger äußerer Überdruck	in bar
r	Radius zur neutralen Faser des Verstärkungsringes	in mm
t	Dicke des mit der Schale verschweißten Versteifungsringes (Bild 2)	in mm
D	Innendurchmesser der Zylinderschale	in mm
F_e	Ersatz-Axialkraft aus den örtlichen Membranspannungen am Lager i nach Formel (6)	in N
F_i	vorhandene Sattellast im Lager i	in N
F_N	zulässige Axialkraft aus Stabilität	in N
G	Gesamtgewicht je Lastfall	in N
K_1 bis K_{14}	Beiwerte	–
L	Zylinderlänge einschließlich h_1	in mm
M_i	vorhandenes Moment über Lager i	in Nmm
Q_i	vorhandene Querkraft über Lager i	in N
W	Widerstandsmoment	in mm³
β	Beiwert für die Lagerbreite	in rad
δ_1	Umschlingungswinkel des Sattellagers	in °
δ_2	Umschlingungswinkel des Sattelblechs	in °
φ	Stabilitätsbeiwert für Plattenbeulung nach Formel (19)	–
ω	Beiwert zur Bestimmung von F_i nach Bild 9	–
ϑ_1	Verhältnis der lokalen Membranspannungen zu den lokalen Biegespannungen	–
$\vartheta_{2,i}$	Auslastungsgrad der Schale durch globale Membranspannungen an Stelle i	–
ε	Dehnungskennzahl	–
γ	Beiwert für den Bodenabstand	–
σ_{mx}	globale Membranspannung aus Biegung in Längsrichtung	in N/mm²
σ_{gr}	Biegegrenzspannung	in N/mm²
ψ	Teilumschließungswinkel nach Bild 8	in °

Indizes

b Behälterboden
p plastisch
r Versteifungsring

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



A

Behälter symmetrisch
auf 2 Sattellagern

B

Behälter symmetrisch
auf 3 oder mehr Sattellagern

C

(Beispiel)
Behälter beliebig gelagert
(außer A und B)

Bild 1. Lagerungsarten

s Sattel
v Verstärkungsblech
A Schnitt A–A

3.2 Skizzen

Die nachfolgenden Bilder sind nur Prinzipskizzen zur Verdeutlichung der für die Berechnung erforderlichen Maßangaben.

4 Nachweis im Zylinder (global)

4.1 Überschlägiger Tragfähigkeitsnachweis

Für Behälter auf zwei Sattellagern nach Lagerungsart A in Bild 1 können die Nachweise nach den Abschnitten 4.2 bis 5 entfallen, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$L \leq L_{max}$ (siehe Bild 3)

$p \geq 0$

$f \geq 130\ \text{N/mm}^2$

$a_1 \leq 0{,}5D$

$b_1 \geq 1{,}1\sqrt{D \cdot e}$

$v \geq 0{,}8$

$b_2 \geq K_{11} \cdot D + 1{,}5b_1$
$e_v \geq e$
} für Sattellager mit Verstärkungsplatte

Füllgutdichte $\leq 1000\ \text{kg/m}^3$

K_{11} siehe Abschnitt 5.2.2.1

4.2 Vorhandene Schnittgrößen

Die vorhandenen Auflagerkräfte F_i, Stützmomente M_i und Querkräfte Q_i über den Sätteln sowie die Feldmomente zwischen den Lagern werden an einem Balken mit Kreisquerschnitt ermittelt (siehe Bild 4). Dies kann mit den nachfolgenden Näherungslösungen und/oder mit den Regeln der Statik erfolgen.

Als Belastung ergibt sich

$$q = \frac{G}{L + \frac{4}{3} \cdot h_2}$$

$$M_0 = \frac{q \cdot D^2}{16}$$

4.2.1 Auflagerkräfte

Für Lagerungsart A und B (siehe Bild 1):

$$F_i = \frac{\omega_1 \cdot G}{n}$$

$$\omega_i = \begin{cases} 1{,}0 \text{ für } n = 2 \\ \text{nach Bild 9 für } 3 \leq n \leq 8 \end{cases}$$

Für Lagerungsart C sind die Auflagerkräfte nach den Regeln der Statik zu bestimmen.

4.2.2 Momente und Querkräfte

Die Momente sind über den Lagern sowie im Feldbereich zwischen den Lagern zu bestimmen.

Lagerungsart A:

Stützmoment

$$M_1 = M_2 = \frac{q \cdot a_3^{\,2}}{2} - M_0$$

Querkraft

$$Q_i = \frac{(L - 2a_1)}{(L + \frac{4}{3} \cdot h_2)} \cdot F_i$$

Feldmoment

$$M = M_0 + F_1 \cdot (\frac{L}{2} - a_1) - \frac{q}{2} \cdot (\frac{L}{2} + \frac{2}{3}h_2)^2$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lagerungsart B:

Stützmoment

$$M_i = \begin{cases} \max\left\{q \cdot l_i^2/8;\ q \cdot a_3^2/2 - M_0\right\} & i = 1, n \\ q \cdot l_i^2/8 & i = 2 \ldots n-1 \end{cases}$$

Querkraft

$Q_i \approx F_i/2$

Feldmoment nicht maßgebend

Lagerungsart C:

Die Ermittlung der Stützmomente, Querkräfte und Feldmomente erfolgt nach den Regeln der Statik.

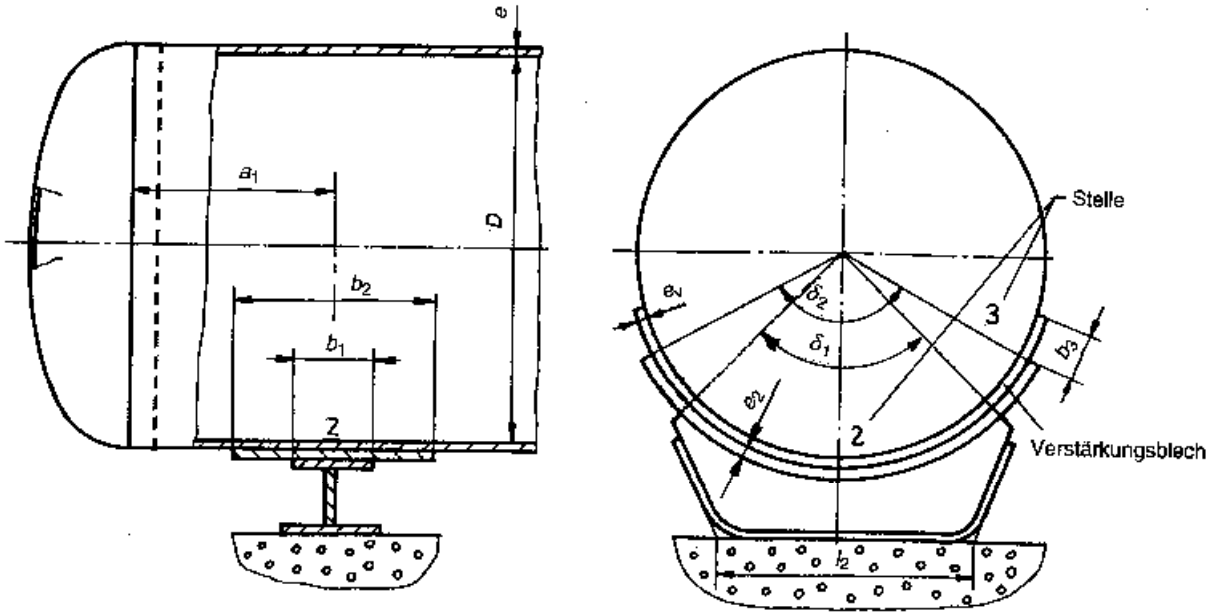
4.3 Nachweis im Feldbereich

Die folgenden Nachweise zwischen den Lagern im Feldbereich des Behälters sind nur erforderlich, wenn $|M_{Feld}| > |M_{Stütze}|$.

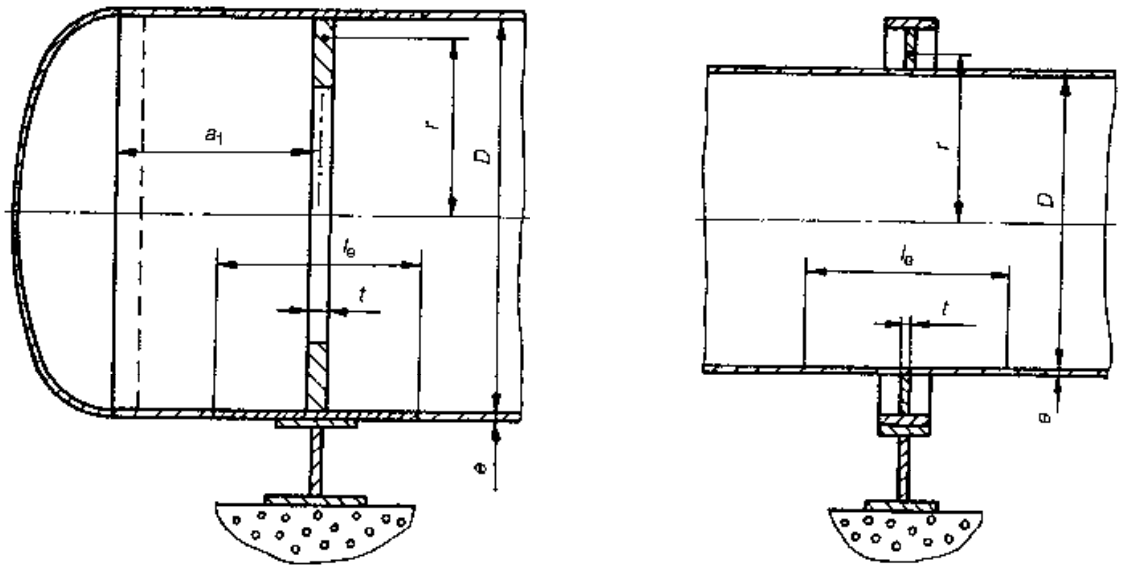
4.3.1 Behälter mit und ohne Überdruck

Festigkeitsnachweis

$$\frac{p \cdot D}{40 \cdot e \cdot v} + \frac{4 \cdot |M_{Feld}| \cdot K_{14}}{\pi \cdot D^2 \cdot e \cdot v} \le f \qquad (1)$$



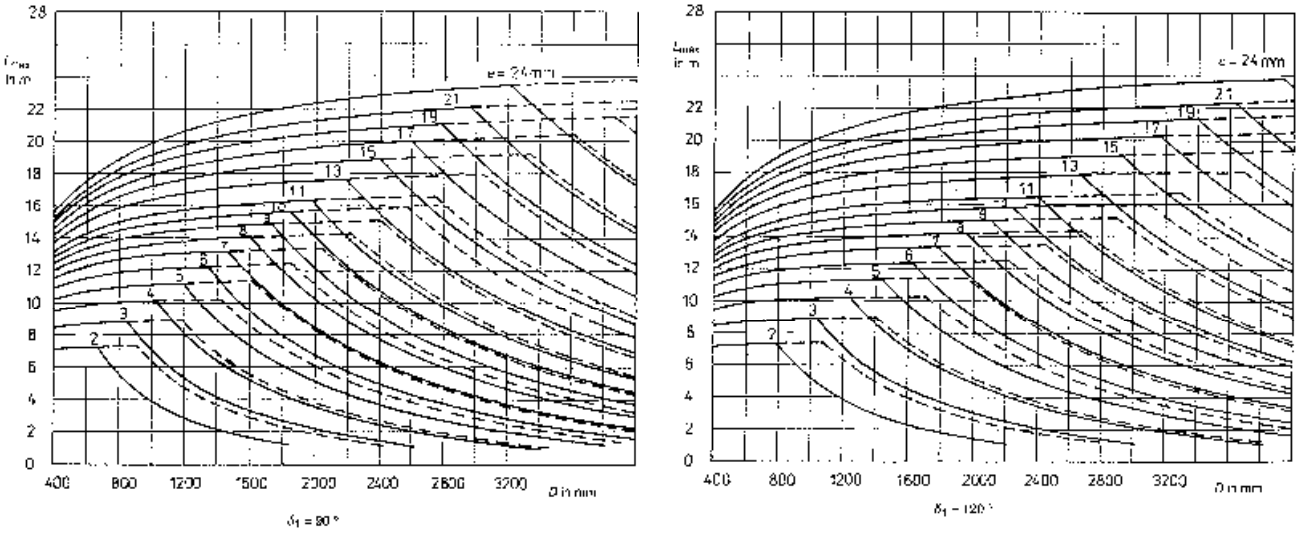
a) Lagerbereich: Unversteifte Zylinderschale
(gezeichnet mit Verstärkungsblech, gültig auch ohne Verstärkungsblech)



b) Lagerbereich: Zylinderschale mit Versteifungsringen

Bild 2. Sattelausführungen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



——— Behälter ohne Verstärkungsblech
— — — Behälter mit Verstärkungsblech

Bild 3. L_{max} für Behälter auf zwei Sätteln

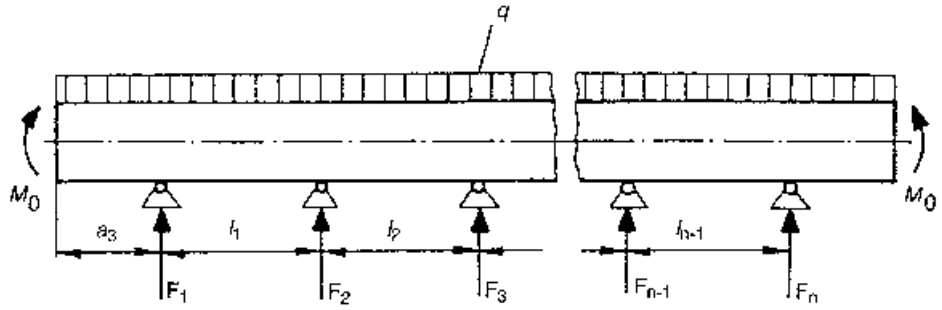


Bild 4. Berechnungsmodell

$v \leq 1$ falls Rundnaht an der Nachweisstelle ist

bzw.

$v_A \leq v \leq 1$ nach AD 2000-Merkblatt B 9, wenn Ausschnitt an der Nachweisstelle ist

K_{14} siehe Abschnitt 8

Der Stabilitätsnachweis für die Druckzone ist nach [5] oder [6] mit $p = 0$ zu führen.

4.3.2 Behälter mit äußerem Überdruck

Es erfolgt nur der Stabilitätsnachweis in der Druckzone des Behälters nach [5] oder [6] unter zusammengesetzter Beanspruchung.

5 Nachweis des Zylinders im Sattelbereich

Es ist nachzuweisen, dass

$F_i \leq \min \{\text{zul } F_2; \text{zul } F_3\}$

mit

zul F_2 zulässige Auflagerkraft aus der Beanspruchung in Längsrichtung (Stelle 2 in Bild 2) nach Formel (3)

zul F_3 zulässige Auflagerkraft aus der Beanspruchung in Umfangsrichtung (Stelle 3 in Bild 2) nach Formel (4)

Zur Ermittlung der zul F_i ist die Berechnung der folgenden Parameter erforderlich:

5.1 Biegegrenzspannung

Die Biegegrenzspannung σ_{gr} ist nach Formel (2) zu berechnen:

$$\sigma_{gr} = \frac{K_1 \cdot f \cdot S}{K_2} \qquad (2)$$

$$K_2 = \begin{cases} 1{,}2 \text{ für Betriebszustand mit } S = 1{,}5 \\ 1{,}0 \text{ für Prüf- und Montagezustand mit } S' = 1{,}1 \end{cases}$$

K_1 = Beiwert in Abhängigkeit von ϑ_1 und ϑ_2 nach Abschnitt 5.2.1.1

$$K_1 = \begin{cases} \text{mit } K_1 \geq 0 \text{ für } |\vartheta_1| \neq 0: \\ \left(\frac{1 + 3\vartheta_1 \cdot \vartheta_2}{3\vartheta_1^2}\right)\left(\pm\sqrt{\frac{9\vartheta_1^2\left(1-\vartheta_2^2\right)}{\left(1+3\vartheta_1\cdot\vartheta_2\right)^2}+1}-1\right) \\ \text{für } \vartheta_1 = 0: \\ 1{,}5\left(1-\vartheta_2^2\right) \end{cases}$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1. ϑ_1, $\vartheta_{2,1}$ und $\vartheta_{2,2}$-Werte zur Ermittlung von $\sigma_{gr,2}$ und $\sigma_{gr,3}$ in Abhängigkeit von K_1 und K_2

Stelle	ϑ_1	$\vartheta_{2,1}$	$\vartheta_{2,2}$
2	$-\frac{0,23 \cdot K_6 \cdot K_8}{K_5 \cdot K_3}$	$-\sigma_{mx} \cdot \frac{K_2}{S \cdot f}$	$\left(\frac{p \cdot D}{40\,e} - \sigma_{mx}\right) \cdot \frac{K_2}{S \cdot f}$
3	$-\frac{0,53 \cdot K_4}{K_7 \cdot K_9 \cdot K_{10} \cdot \sin(0,5\,\delta_1)}$	0	$\frac{p \cdot D}{20\,e} \cdot \frac{K_2}{S \cdot f}$

K_2, S wie in Formel (2)
K_3, K_4, K_{10} Einfluss der Lagerbreite b_1
K_5, K_6, K_7 Einfluss des Umschlingungswinkels δ_1
K_8, K_9 Einfluss des Bodenabstands a_1

Wenn $\vartheta_2 < 0$, ist $\vartheta_2 = |\vartheta_2|$ zu setzen und das Vorzeichen von ϑ_1 umzukehren. Nachzurechnen sind jeweils der Betriebs- und der Prüfzustand, der drucklose Zustand mit Füllung sowie angegebene Montage- und Sonderzustände.

5.2 Tragfähigkeitsnachweis ohne Versteifungsringe

Die Tragfähigkeit ist an den Stellen 2 (Längsrichtung) und 3 (Umfangsrichtung) des Lagerbereichs nach Bild 2 zu ermitteln.

5.2.1 Zylinderschale ohne Verstärkungsblech

5.2.1.1 Festigkeitsnachweis

$$\text{zul } F_2 = 0,7 \cdot \sigma_{gr;2} \cdot \sqrt{D \cdot e} \cdot \frac{e}{K_3 \cdot K_5} \tag{3}$$

$$\text{zul } F_3 = 0,9 \cdot \sigma_{gr;3} \cdot \sqrt{D \cdot e} \cdot \frac{e}{K_7 \cdot K_9 \cdot K_{10}} \tag{4}$$

$\sigma_{gr;2}$ und $\sigma_{gr;3}$ { nach Formel (2) und Tafel 1. Dabei ist K_1 mit den Größen ϑ_1 und ϑ_2 nach Tafel 1 zu berechnen. Es ist jeweils der Wert für ϑ_2 ($\vartheta_{2,1}$ bzw. $\vartheta_{2,2}$) zu nehmen, der das kleinste σ_{gr} ergibt.

$$\sigma_{mx} = \left| \frac{4\,M_i}{\pi \cdot D^2 \cdot e} \right| \tag{5}$$

Beiwerte für

- den Bodenabstand

$$\gamma = 2,83 \cdot \frac{a_1}{D} \cdot \sqrt{\frac{e}{D}}$$

- die Lagerbreite

$$\beta = 0,91 \cdot \frac{b_1}{\sqrt{D \cdot e}}$$

$$K_3 = \max\left\{\frac{2,718282^{-\beta} \cdot \sin\beta}{\beta};\ 0,25\right\}$$

$$K_4 = \frac{1 - 2,718282^{-\beta} \cdot \cos\beta}{\beta}$$

$$K_5 = \frac{1,15 - 0,1432\,\hat{\delta}_1}{\sin(0,5\,\delta_1)}$$

$$K_6 = \frac{\max\left\{1,7 - \frac{2,1\,\hat{\delta}_1}{\pi};\ 0\right\}}{\sin(0,5\,\delta_1)}$$

$$K_7 = \frac{1,45 - 0,43\,\hat{\delta}_1}{\sin(0,5\,\delta_1)}$$

$$K_8 = \min\left\{1,0;\ \frac{0,8\,\sqrt{\gamma} + 6\,\gamma}{\hat{\delta}_1}\right\}$$

$$K_9 = 1 - \frac{0,65}{1 + (6 \cdot \gamma)^2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{3\,\hat{\delta}_1}}$$

$$K_{10} = \frac{1}{1 + 0,6\,\sqrt[3]{\frac{D}{e}} \cdot \frac{b_1}{D} \cdot \hat{\delta}_1}$$

5.2.1.2 Stabilitätsnachweis

Mit Formel (6)

$$F_e = F_i \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{D}{e}} \cdot K_6 \cdot K_8 \tag{6}$$

ist nachzuweisen:

$$\frac{|p|}{p_f} + \frac{|M_i|}{\text{zul } M} + \frac{F_e}{F_N} + \left(\frac{|Q_i|}{\text{zul } Q}\right)^2 \le 1 \tag{7}$$

Für $p > 0$ ist $p = 0$ zu setzen.

Dieser Interaktionsnachweis kann nach [2], [5] oder [6] geführt werden. Dabei ist nach [6] Abschnitt 2.2.4.1

$$\sum \sigma_x = \frac{4\,M_i}{\pi\,(D + e)^2\,e} + \frac{F_e}{\pi\,(D + e)\,e}$$

und γ = { 1,5 Betriebsgewicht; 1,3 Prüfzustand; 1,15 Montage-, Sonderzustände

5.2.2 Zylinderschalen mit Verstärkungsblech

5.2.2.1 Vereinfachter Festigkeitsnachweis

Wenn die Bedingung

$b_2 \ge K_{11} \cdot D + 1,5\,b_1$

erfüllt ist, ist der Nachweis nach Formel (8) zu führen.

$$F_i \le 1,5 \min\{\text{zul } F_2;\ \text{zul } F_3\} \tag{8}$$

zul F_2, zul F_3 nach Abschnitt 5.2.1.1.

$$K_{11} = \frac{5}{6 \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{e}} \cdot \hat{\delta}_1}$$

Der Stabilitätsnachweis erfolgt nach Abschnitt 5.2.1.2, dabei darf die Dicke des Verstärkungsblechs nicht berücksichtigt werden.

5.2.2.2 Festigkeitsnachweis

Wenn die Bedingung nach Formel (8) nicht erfüllt ist, sind Nachweise nach Abschnitt 5.2.1.1 für zwei Fälle durchzuführen:

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(1) Das Verstärkungsblech ist als Sattellager mit der Breite b_2 und dem Umschlingungswinkel δ_2 zu betrachten. In allen Formeln und Bildern ist b_1 durch b_2 und δ_1 durch δ_2 zu ersetzen. Als Wanddicke der Schale gilt e, die Dicke des Verstärkungsblechs bleibt unberücksichtigt.

(2) Das Verstärkungsblech ist als Verstärkung der Behälterwand zu betrachten. In allen Formeln und Bildern ist e durch die Ersatzwanddicke

$$e_e = e \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{e_v}{e}\right)^2}$$

zu ersetzen.

Der Stabilitätsnachweis ist nach Abschnitt 5.2.1.2 zu führen, dabei darf die Verstärkungsblechdicke nicht berücksichtigt werden.

5.3 Tragfähigkeitsnachweis mit Versteifungsring

5.3.1 Nachweis der Behälterwand

5.3.1.1 Mit und ohne Überdruck

– Festigkeitsnachweis:

$$\frac{p \cdot D}{40\, e} + \sigma_{mx} \le f \qquad (9)$$

σ_{mx} nach Abschnitt 5.2.1.1 Formel (5)

– Stabilitätsnachweis:

Nach Abschnitt 5.2.1.2 mit $p = 0$ und $F_e = 0$.

5.3.1.2 Mit Unterdruck

Der Nachweis erfolgt nach Abschnitt 5.2.1.2 mit $F_e = 0$

5.3.2 Nachweis des Versteifungsrings

Es ist nachzuweisen, dass

$$F_i \le \frac{K_{12} \cdot M_p \cdot v}{0{,}5\, D \pm a_2} \qquad (10)$$

(+) Ringe außen angeordnet

(–) Ringe innen angeordnet

M_p zulässiges Biegemoment aus der Traglast nach Tafel 3 mit l_e nach Formel (12) und e_{ef} nach Formel (11)

K_{12} nach Tafel 2

v Nahtwertigkeit im Ringstoß

$$e_{ef} = e \cdot \left(1 - \frac{|p| \cdot D}{20 \cdot e \cdot f}\right) \cdot \frac{f}{f_r} \qquad (11)$$

$$l_e = \min\left\{t + 4\sqrt{D \cdot e};\ A_r / e_{ef}\right\} \qquad (12)$$

mit A_r = Fläche des aufgeschweißten Ringes

mit $t = \{t,\ t_6,\ b_4\}$ aus Tafel 3, wobei für t die jeweils zutreffende Größe aus t, t_6 und b_4 einzusetzen ist.

Werden Profile verwendet, die nicht in Tafel 3 enthalten sind, ist M_p nach Formel (13) zu bestimmen.

$$M_p = W_p \cdot f_r \qquad (13)$$

W_p = plastisches Widerstandsmoment der Querschnittsfläche des Profils einschließlich der Fläche $l_e \cdot e_{ef}$. Die neutrale Achse zur Bestimmung von a_2 teilt die Gesamtfläche in zwei Teile gleicher Größe.

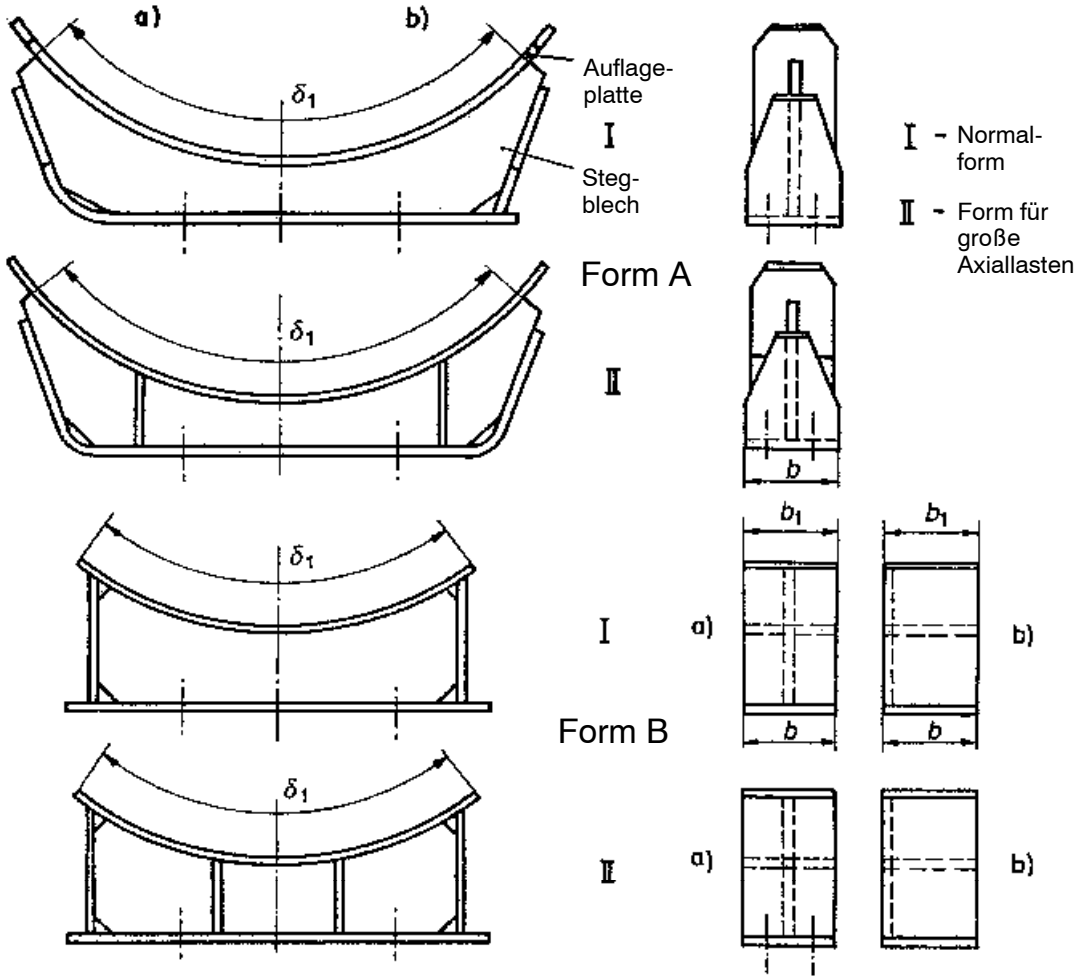
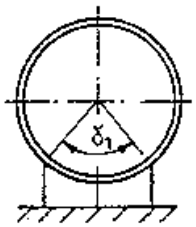
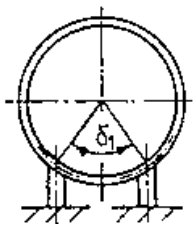


Bild 5. Sattellagerformen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2. Beiwert K_{12}

δ_1		
	K_{12}	
60°	14	–
90°	21	20
120°	33	28
150°	56	50
180°	103	–

6 Nachweis des Sattels

Im Allgemeinen werden die zulässigen Kräfte von der Tragfähigkeit der Behälterwand bestimmt (s. Abschnitt 5). Die Formeln in Abschnitt 6 sind Näherungsformeln, die zu Ergebnissen führen, die auf der sicheren Seite liegen. Sie beziehen sich auf die Sattellagerformen A I; auf Besonderheiten der anderen Formen wird in den entsprechenden Abschnitten verwiesen.

6.1 Zulässige Sattelkräfte

Der Nachweis wird nach Formel (14) geführt.

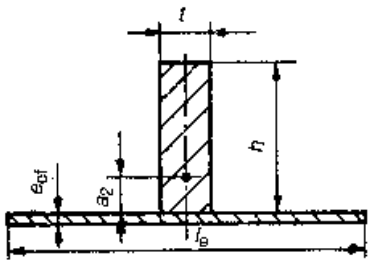
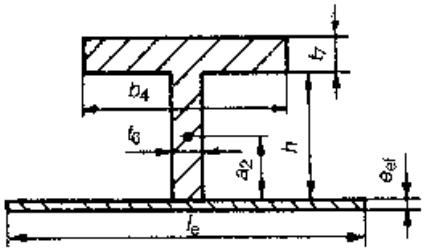
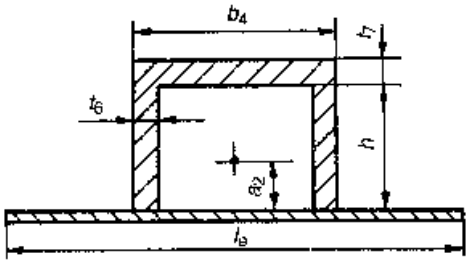
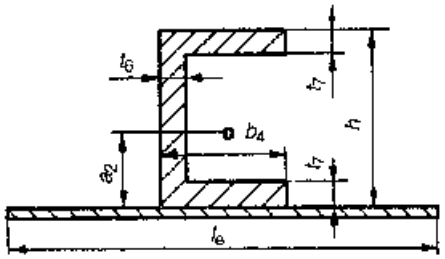
$$F_i \leq \min\left\{\text{zul } F_4;\ \text{zul } F_5;\ \text{zul } F_6\right\} \qquad (14)$$

zul F_4 Stabilität des Stegblechs nach Formel (15)

zul F_5 Biegung des Sattels nach Formel (16)

zul F_6 Biegung des Sattelblechs nach Formel (17)

Tafel 3. Querschnittswerte von Versteifungsringen

Querschnitt des Ringes	$a_2 \geq 0$	M_p
	$\frac{t \cdot h - l_e \cdot e_{ef}}{2t}$	$0{,}5 \cdot \left[t \cdot (h-a_2)^2 + t \cdot a_2^2 + \left(2a_2 + e_{ef}\right) \cdot l_e \cdot e_{ef} \right] \cdot f_r$
	$\frac{b_4 \cdot t_7 + h \cdot t_6 - l_e \cdot e_{ef}}{2t_6}$	$0{,}5 \cdot \left[t_6 (h-a_2)^2 + t_6 a_2^2 + \left(2h - 2a_2 + t_7\right) b_4 \cdot t_7 + \left(2a_2 + e_{ef}\right) l_e \cdot e_{ef} \right] \cdot f_r$
	$\frac{2t_6 \cdot h + b_4 \cdot t_7 - l_e \cdot e_{ef}}{4 \cdot t_6}$	$0{,}5 \cdot \left[2t_6 (h-a_2)^2 + 2t_6 a_2^2 + \left(2h - 2a_2 + t_7\right) b_4 \cdot t_7 + \left(2a_2 + e_{ef}\right) l_e \cdot e_{ef} \right] \cdot f_r$
	$\frac{h \cdot t_6 - l_e \cdot e_{ef}}{2t_6}$	$0{,}5 \cdot \left[t_6 \cdot (h-a_2)^2 + 2 \cdot t_7 \left(b_4 - t_6\right) \cdot \left(h - t_7\right) + a_2^2 \cdot t_6 + \left(2a_2 + e_{ef}\right) \cdot l_e \cdot e_{ef} \right] \cdot f_r$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

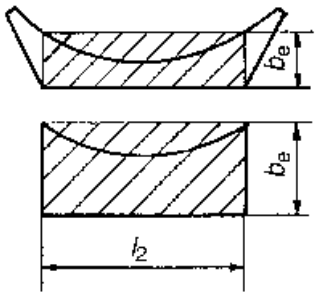


Bild 6.

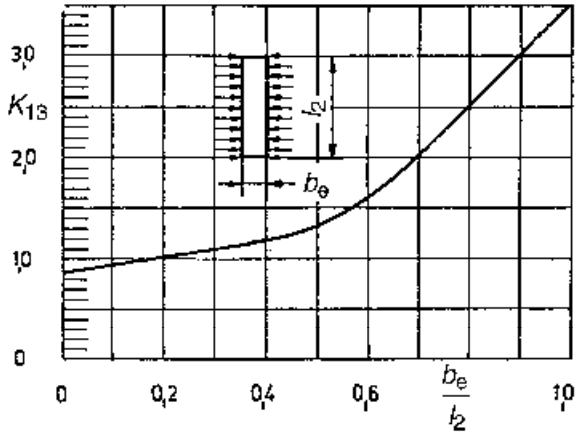


Bild 7. Beiwert K_{13}

6.1.1 Stabilität des Stegblechs

Für die Lagerformen A II und B II kann der Nachweis entfallen.

$$\text{zul } F_4 = l_2 \cdot e_s \cdot f_s \cdot \varphi \qquad (15)$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[\frac{0{,}15\ \varepsilon_s}{K_{13}} \left(\frac{b_e}{10\ e_s}\right)^2\right]^2}}$$

$$\varepsilon_s = \frac{f_s \cdot 10^3}{E_s}$$

6.1.2 Biegung des Sattellagers

Für Lagerform B kann der Nachweis entfallen.

$$\text{zul } F_5 = 4\, f_s \cdot |\, W_A \,| \, \frac{\sin\left(0{,}5\ \delta_1\right)}{D \cdot \left(1 - \cos\ \psi\right)} \qquad (16)$$

W_A = minimales Widerstandsmoment in Schnitt A–A

6.1.3 Biegung im Sattelblech

$$\text{zul } F_6 = \max \begin{cases} \dfrac{1{,}4\ f_s \cdot D \cdot e_2^2 \cdot \ \sin\left(0{,}5\ \delta_2\right)}{b_1} \\ 2\, f_s \cdot b_1 \cdot e_2 \cdot \sin\left(0{,}5\ \delta_2\right) \end{cases} \qquad (17)$$

1. Ausdruck: Biegung eines Plattenstreifens

2. Ausdruck: Zugspannung der Schale

Ist F_i > zul F_6, muss die Tragfähigkeit des Sattellagers noch nicht erreicht sein, da in diesem Fall durch Fließen des Sattelbleches eine Umlagerung der Kräfte direkt auf das Stegblech erfolgt. In Abschnitt 5 wird jedoch vorausgesetzt, dass $F_i \leq$ zul F_6.

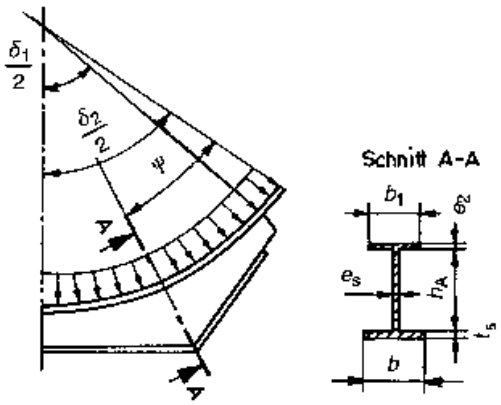


Bild 8. Biegung des Sattellagers

7 Schrifttum

[1] British Standard 5500: „Specification for unfired fusion welded pressure vessels – Appendix A and G“.
British Standards Institution.

[2] Richtlinienkatalog Festigkeit RKF, Teil 3, BR B2: „Behälter auf Sattellagern“, 3. Auflage 1981.
Linde-KCA-Dresden GmbH.

[3] TGL 32903/17, Ausgabe Juni 1982: „Behälter und Apparate, Festigkeitsberechnung, Schalen bei Belastung durch Tragelemente“.

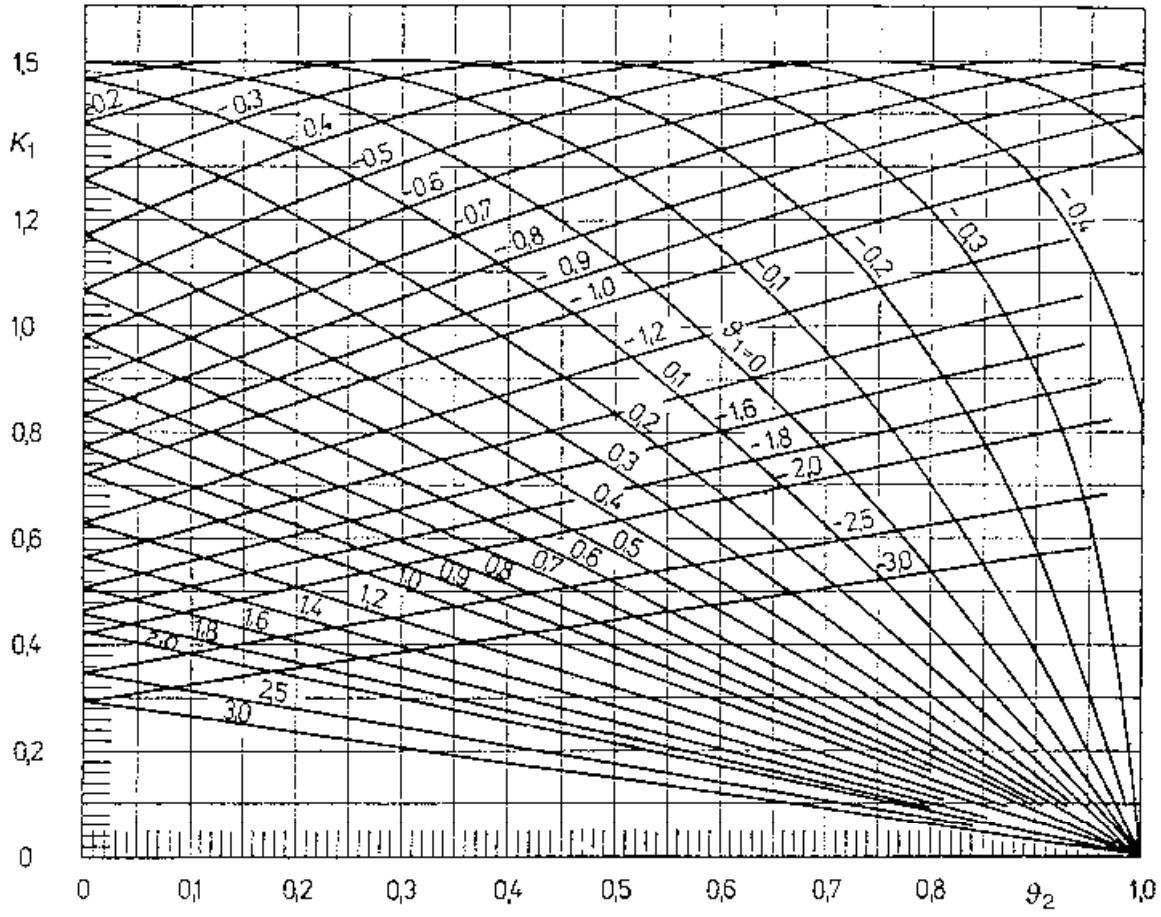
[4] DIN 28080, Ausgabe Januar 1986: „Sättel für liegende Apparate“.

[5] DIN 18800 Teil 1–4, November 1990: „Stahlbauten“.

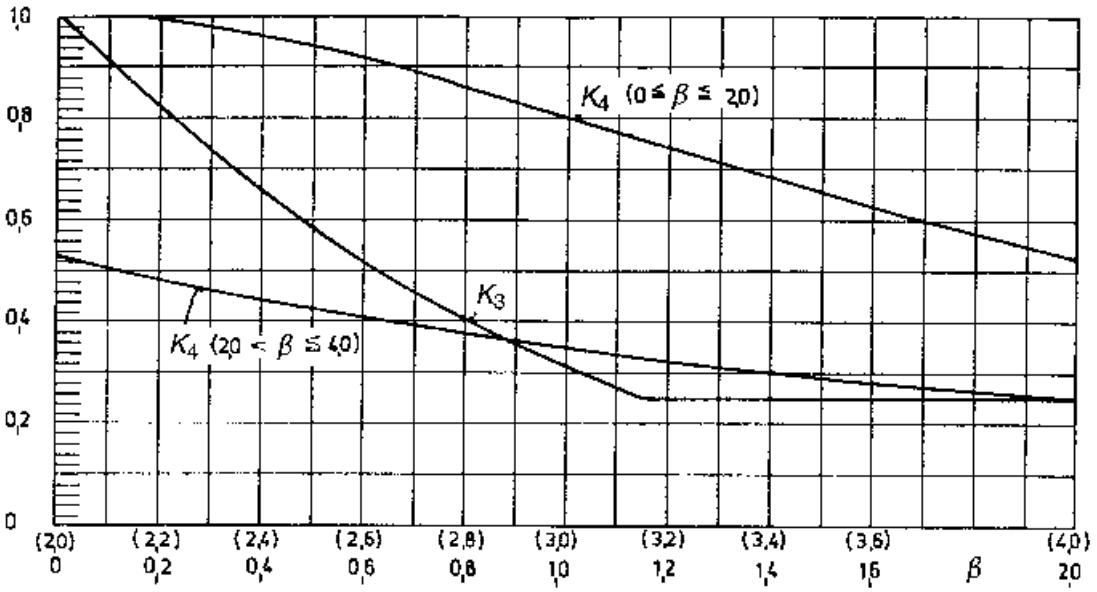
[6] DASt-Richtlinie 013, Ausgabe Juli 1980; „Beulsicherheitsnachweise für Schalen“.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8 Diagramme

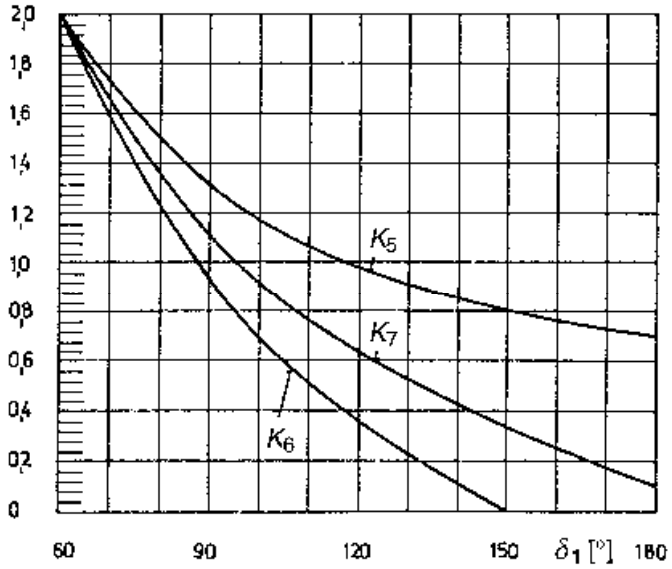


Beiwert K_1

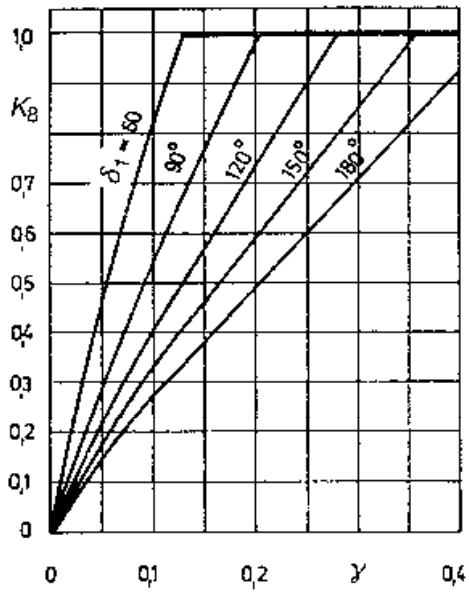


Beiwerte K_3, K_4

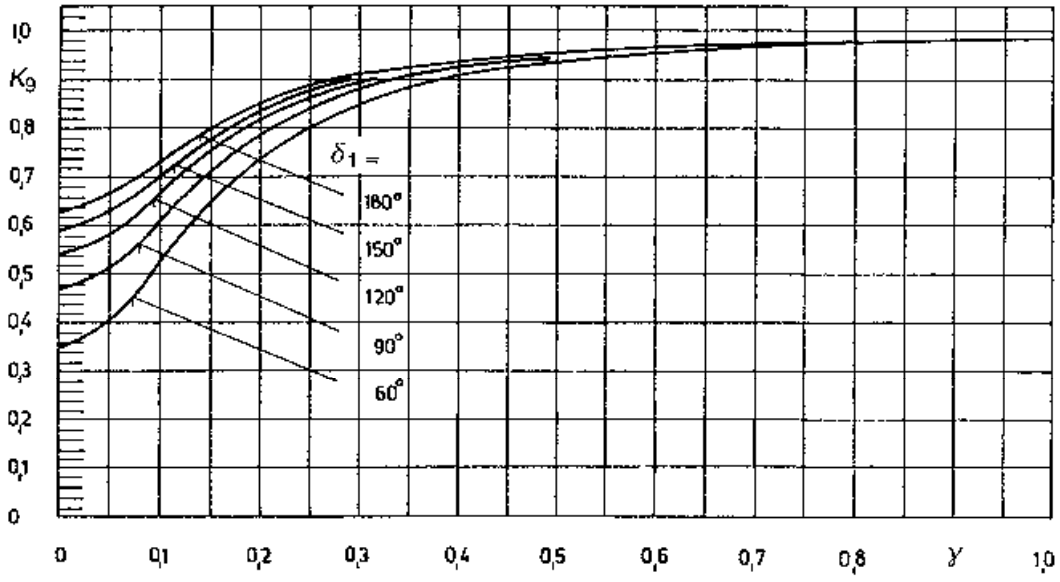
Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



Beiwerte K_5, K_6, K_7

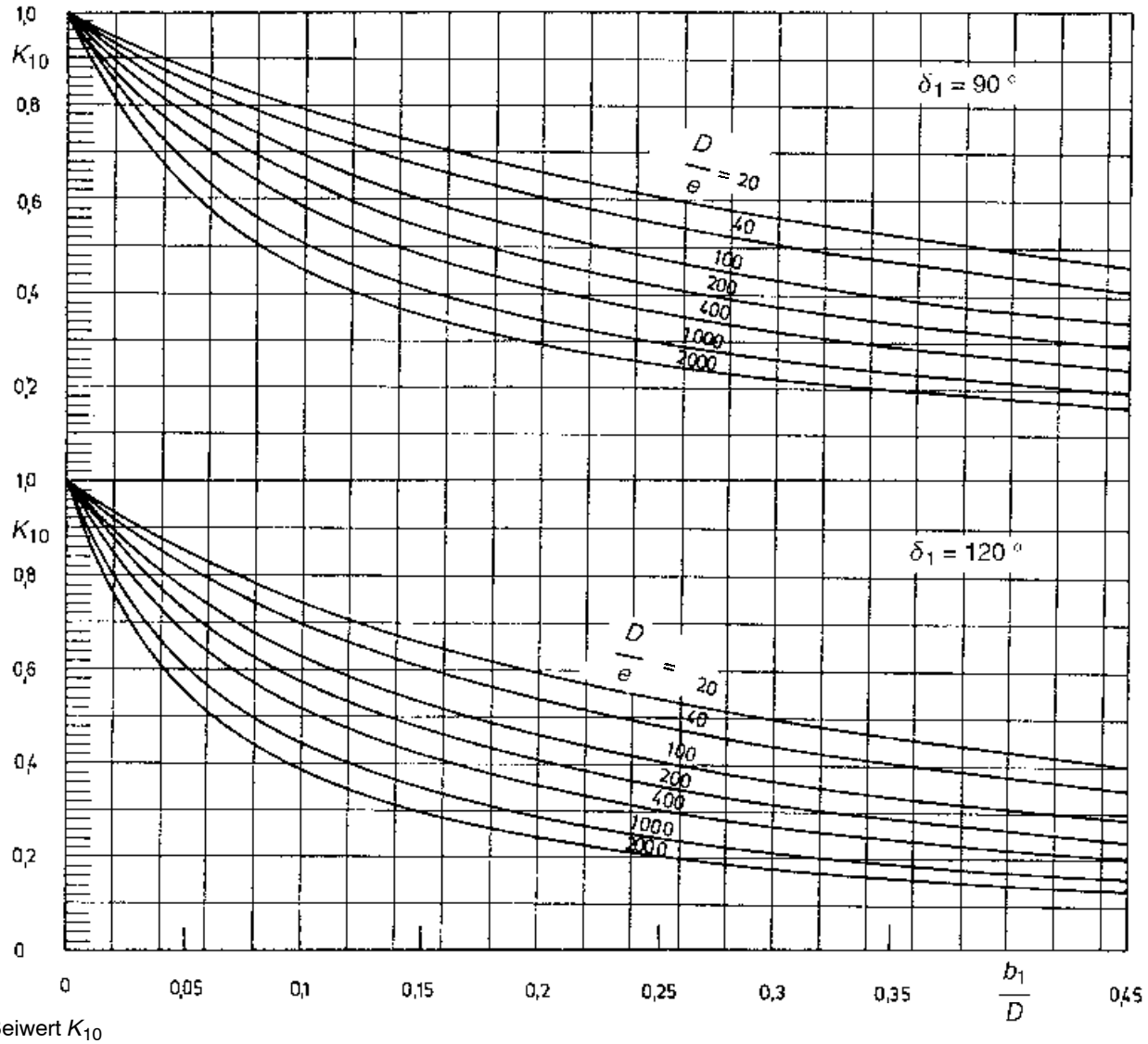


Beiwert K_8

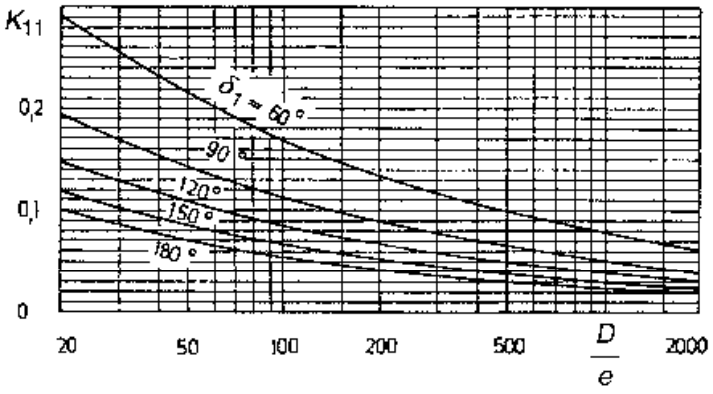


Beiwert K_9

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

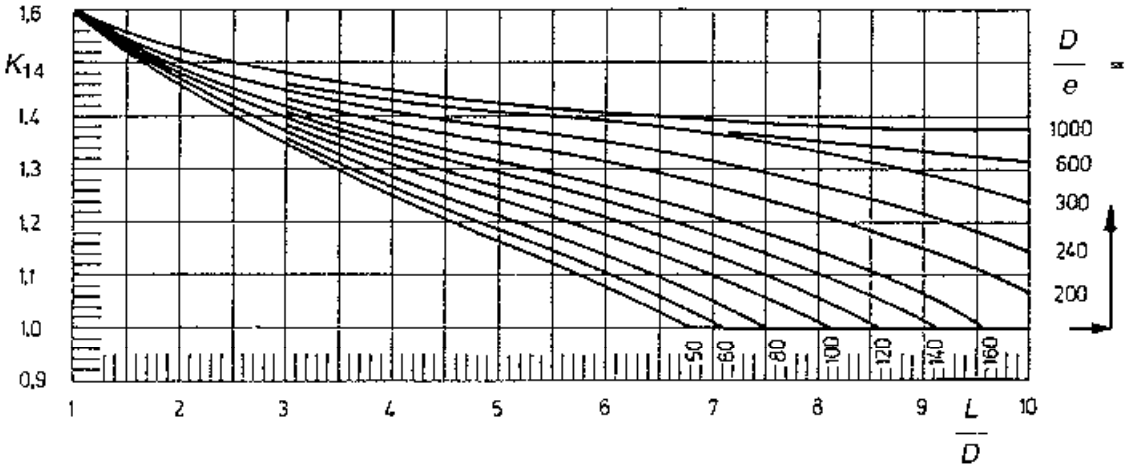


Beiwert K_{10}



Beiwert K_{11}

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



Beiwert K_{14}

$$z = 1{,}6 - 0{,}20924\ (x - 1) + 0{,}028702\ x\ (x - 1) + 0{,}4795 \cdot 10^{-3}\ y\ (x - 1) - 0{,}2391 \cdot 10^{-6}\ xy\ (x - 1) -$$

$$0{,}29936 \cdot 10^{-2} \cdot (x - 1)\ x^2 - 0{,}85692 \cdot 10^{-6}\ (x - 1)\ y^2 + 0{,}88174 \cdot 10^{-6}\ x^2\ (x - 1)\ y -$$

$$0{,}75955 \cdot 10^{-8}\ y^2\ (x - 1)\ x + 0{,}82748 \cdot 10^{-4} \cdot (x - 1)\ x^3 + 0{,}48168 \cdot 10^{-9}\ (x - 1)\ y^3$$

$$y = \frac{D}{e} \quad x = \frac{L}{D} \quad K_{14} = \max\{z;\ 1{,}0\}$$

Gleichungen zur Bestimmung von K_{14}

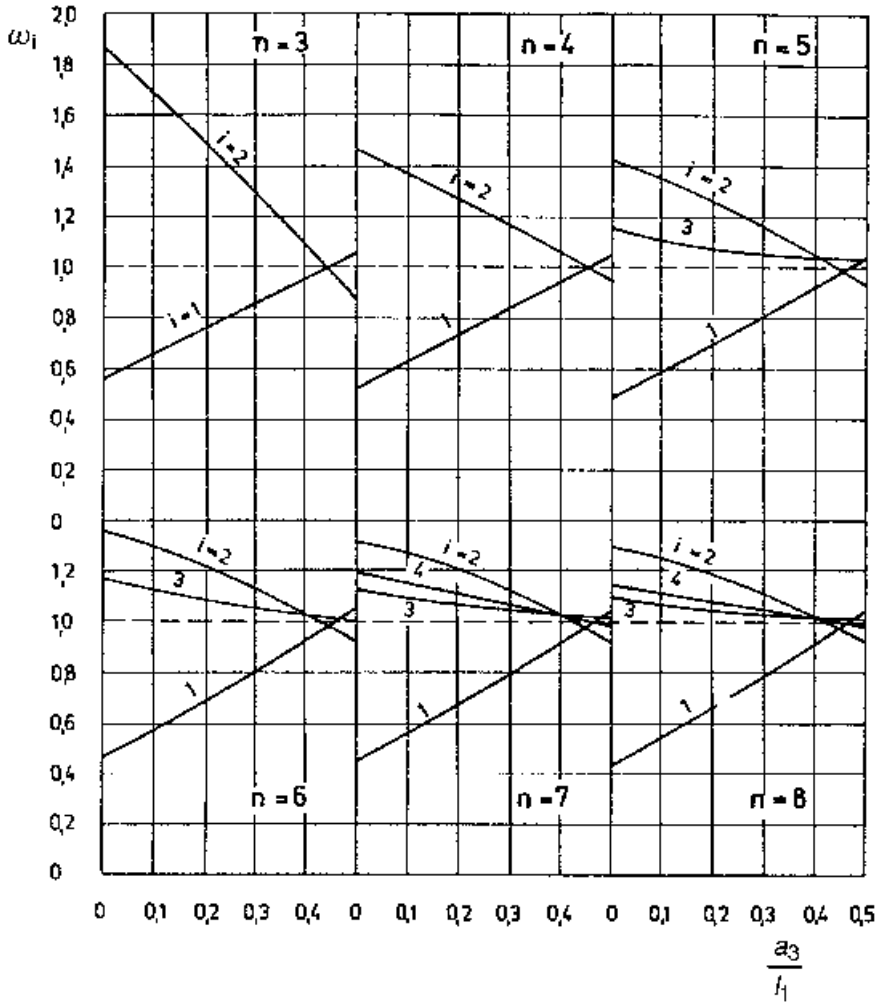


Bild 9. Beiwert ω_i

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2001**

Sonderfälle	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter **Behälter mit gewölbten Böden auf Füßen**	AD 2000-Merkblatt **S 3/3**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel

1 Geltungsbereich

2 Allgemeines

3 Formelzeichen und Einheiten

4 Belastungen

5 Verbindung gewölbter Boden – Stützfüße

6 Stützfußkonstruktion

7 Schrifttum

Anhang 1: Formeln für die Schnittkräfte und -momente in einer Kugelschale

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt dient der Berechnung von gewölbten Druckbehälterböden, die durch rohrförmige, gleichmäßig auf einem Teilkreis $0{,}7 \leq d_F / D_a < 0{,}8$ angeordnete Behälterfüße (s. Bild 1a) örtlich beansprucht werden, sowie der Berechnung der Behälterfüße einschließlich der Fußplatten selbst.

Die Berechnung gilt bei vorstehenden Voraussetzungen innerhalb der Grenze $e/R_m > 0{,}003$, damit Stabilitätsversagen ausgeschlossen wird. Kräfte infolge Behälterneigung sind nicht berücksichtigt. Der Standsicherheitsnachweis für Boden und alle Bauteile der Fußkonstruktion muss für alle relevanten Lastfälle entsprechend AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.3 geführt werden. Als Bemessungskriterium für dünnwandige Kugelschalen mit lokalen Lasteinleitungen wird ein vereinfachtes Traglastverfahren herangezogen.

2 Allgemeines

Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur in Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt S 3/0 anzuwenden.

Die Auswahl der Fußabmessungen und die Anordnung der Füße sollen vorzugsweise nach DIN 28 081 erfolgen. Bei geringer Beanspruchung (s. Abschnitt 5.1) können Verstärkungsbleche am Boden entfallen.

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Behälterfüße im äußeren Krempenbereich von gewölbten Böden und am zylindrischen Mantel können nicht nach diesem AD 2000-Merkblatt berechnet werden. Sie sind nach anderen geeigneten Methoden (z. B. DIN 28 081 T. 4) zu bemessen.

Es ist sicherzustellen, dass eine gleichmäßige Auflagerung durch alle Füße gewährleistet ist (s. AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.4). Dies gilt insbesondere, wenn das Verhalten des Bodenwerkstoffes nicht zäh oder die Grenzdehnung z. B. wegen Beschichtung begrenzt ist.

Die schweißgerechte Gestaltung erfolgt in Anlehnung an DIN EN 1708.

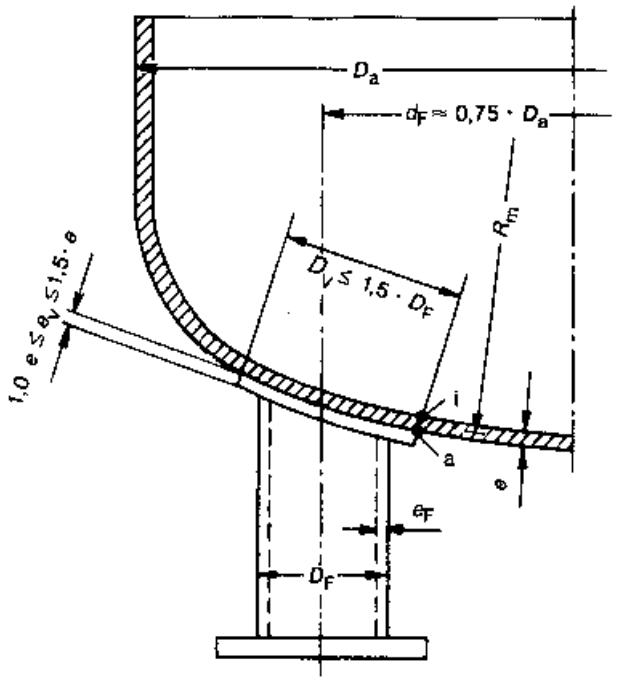


Bild 1a. Gewölbter Boden auf Füßen

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

a	äußere, d. h. der Symmetrieachse abgewandte Schalenoberfläche (Bild 1a)	–
b	hier: Abstand der Ankerschrauben	in mm
e	Bodenwanddicke ohne Zuschläge	in mm
f	zulässige Beanspruchung (s. AD 2000-Merkblatt S 3/0)	in N/mm^2
i	innere, d. h. der Symmetrieachse zugewandte Schalenoberfläche (Bild 1a)	–
l	Fußplattenlänge	in mm
m	hier: Exzentrizität	in mm
n_S	Anzahl der Schrauben je Fuß	–
q	hier: Hilfswert	–
r_0	Ersatzradius	in mm
$ü$	Überstand Fußplatte	in mm
z	hier: Traglastfaktor	–
A	Querschnittsfläche	in mm^2
F_V	auf Symmetrieachse bezogene Kraft	in N
M	Schnittmoment	in Nmm bzw. Nmm/mm
N	hier: Schnittkraft	in N/mm bzw. N
R_m	hier: mittlerer Radius des Kalottenteils	in mm
U	Hilfswert	–
W	Biegewiderstandsmoment	in mm^3
α	hier: Hilfswert	–

Indizes

b – Biegeanteil
d – Druckbelastung bezogen auf Stützfuß
h – horizontal
m – Membrananteil
x – in x-Richtung
y – in y-Richtung
z – Zugbelastung bezogen auf Stützfuß
B – Beton
F – Fuß
K – Ankerschraube
P – Fußplatte
V – Verstärkungsblech

4 Belastungen

Die vorhandene vertikale Gesamtkraft pro Fuß N_F errechnet sich in der Anschlussebene gewölbter Boden – Stützfuß aus allen Horizontal- und Vertikallasten entsprechend dem betrachteten Lastfall (s. Bild 1b) nach AD 2000-Merkblatt S3/0 Abschnitt 4.2.

Durch die horizontale Belastung F_F wird jeder Stützfuß zusätzlich auf Biegung beansprucht. Das daraus resultierende maximale Biegemoment in der Einspannstelle an der Fundamentoberkante errechnet sich aus

$$M_F = F_F \cdot h_F\ , \tag{1}$$

wobei die Gesamt-Horizontallast F_h gleichmäßig durch alle beteiligten Füße übertragen angenommen wird.

$$F_F = \frac{F_h}{n_F} \tag{2}$$

5 Verbindung gewölbter Boden – Stützfüße

5.1 Gewölbter Boden

Die maximalen Belastungen N_{Fd} gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.4 werden um 15 % erhöht, um damit Biegeanteilen infolge nichtradialer Lasteinleitung Rechnung zu tragen. Damit ergibt sich eine resultierende Ersatz-Fußlast

$$F = 1{,}15 \cdot N_{Fd} \tag{3}$$

Diese ist in Bild 2 zur Ermittlung der dimensionslosen Schnittkräfte und -momente $(N_x \cdot e / F)$, $(N_y \cdot e / F)$, (M_x / F) und (M_y / F) in Abhängigkeit vom Berechnungsbeiwert

$$U = \frac{r_0}{\sqrt{R_m \cdot e}} \tag{4}$$

und in Tafel 1 einzusetzen.

Hierbei beträgt der Ersatzradius $r_0 = \frac{D_V}{2}$.

Für Behälterfüße ohne Verstärkungsplatte ist $D_V = D_F$ einzusetzen.

Anstelle des Bildes 2 können auch die in Anhang 1 niedergelegten Formeln verwendet werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

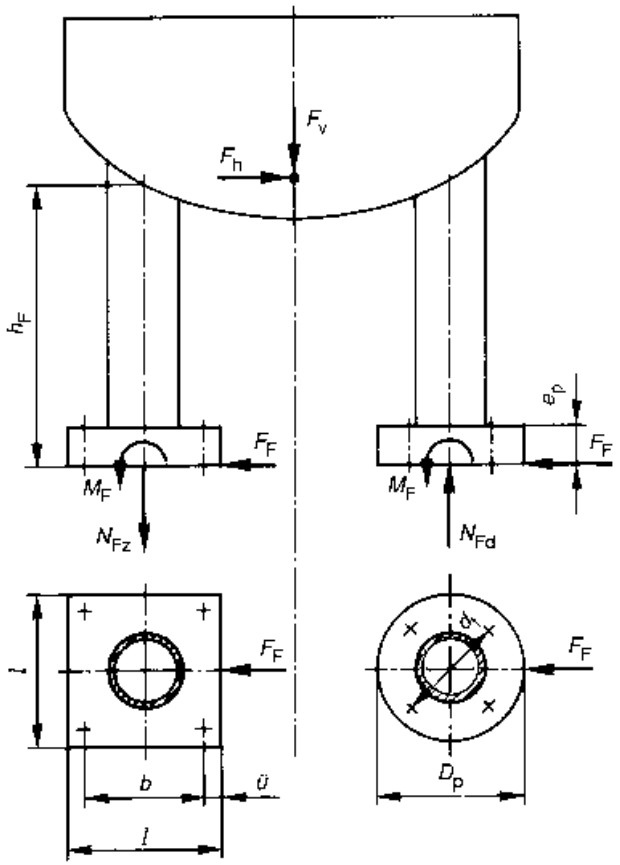


Bild 1b. Fußgeometrie und Belastungsgrößen

Die Beanspruchung durch den im betrachteten Lastfall am Anschluss Fuß – Boden lokal anstehenden Innendruck ist gemäß Tafel 1 zu überlagern.

5.2 Verstärkungsblech

Die erforderliche Blechdicke ergibt sich aus der Ungleichung

$$1{,}0 \cdot e \le e_V = \alpha \cdot \sqrt{\frac{N_{Fd}}{1{,}3 \cdot f_V}} \le 1{,}5 \cdot e \qquad (5)$$

Dabei ist e gegebenenfalls so zu erhöhen, dass die Ungleichung erfüllt ist.

Der Faktor α ist abhängig vom Verhältnis D_V/D_F und beträgt

$$\alpha = 2 \cdot \frac{D_V}{D_F} - 0{,}543 \cdot \left(\frac{D_V}{D_F}\right)^2 - 1{,}25 \qquad (6)$$

Diese Formel gilt in den Grenzen $1{,}25 \le \frac{D_V}{D_F} \le 1{,}5$.

6 Stützfußkonstruktion

6.1 Spannungs- und Stabilitätsnachweis

Der allgemeine Spannungsnachweis erfolgt nach

$$\sigma_F = \frac{N_{Fd}}{A_F} + \frac{M_F}{W_F} \le f_F \qquad (7a)$$

$$\sigma_F = \frac{N_{Fd}}{\pi \cdot e_F \cdot (D_F - e_F)} + \frac{4 \cdot M_F}{\pi \cdot e_F \cdot (D_F - e_F)^2} \qquad (7b)$$

Der Stabilitätsnachweis kann nach DIN 18 800 Teil 2 durchgeführt werden; er kann entfallen, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:

Tafel 1. Berechnungsgang

Nr.	Spannungen (N/mm²)	innen	außen
1	$\sigma_{mp} = R_m \cdot p \,/\, (20 \cdot e)$	+	
2	$\bar{\sigma}_{mx} = (N_x \cdot e/F) \cdot F/e^2$	–	
3	$\bar{\sigma}_{my} = (N_y \cdot e/F) \cdot F/e^2$	–	
4	$\sigma_{mx} = \sigma_{mp} + \bar{\sigma}_{mx}$		
5	$\sigma_{my} = \sigma_{mp} + \bar{\sigma}_{my}$		
6	$\sigma_{mV} = \sqrt{\sigma_{mx}^2 + \sigma_{my}^2 - \sigma_{mx} \cdot \sigma_{my}} \le 1{,}5 \cdot f$		
7	$\sigma_{bx} = (M_x/F) \cdot 6 \cdot F/e^2$	+	–
8	$\sigma_{by} = (M_y/F) \cdot 6 \cdot F/e^2$	+	–
9	$\sigma_x = \sigma_{mx} + \sigma_{bx}$		
10	$\sigma_y = \sigma_{my} + \sigma_{by}$		
11	$(\sigma_m + \sigma_b)_V = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y} \le (\sigma_m + \sigma_b)_{V\,zul}$		
12	$q = \sigma_{mV} / K$		
13	$z = 1{,}5 - 0{,}5 \cdot q^2$		
14	$(\sigma_m + \sigma_b)_{V\,zul} = 1{,}5 \cdot z \cdot f$		

Bei ausgekleideten Behältern ist die Dehnfähigkeit des Auskleidungswerkstoffes zu berücksichtigen.

$$N_{Fd} < 0{,}22 \cdot \frac{E_F \cdot I_F}{h_F^2} \qquad (8)$$

6.2 Belastung der Ankerschrauben

Die Zugkraft für eine Schraube F_K errechnet sich für die Kreis- und Quadratfußplatte aus

$$F_K = \frac{N_{Fz}}{n_s} + \frac{4 \cdot M_F}{n_s \cdot d_t} \qquad (9)$$

mit $d_t = \sqrt{2}\,(l - 2\ddot{u})$ (10)

für die Quadratfußplatte. Bei $M_F > 0$ sind in der Regel mindestens 4 Schrauben je Fuß zu verwenden. Andere Verankerungen erfordern nach Maßgabe der Lastverteilung einen separaten Nachweis.

Die Bemessung der Ankerschrauben erfolgt nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.3.2.3 und 4.3.4.3.

6.3 Fußplattendicke

Die Abmessungen der Fußplatte werden durch die Belastungen und die vorhandene Betonpressung bestimmt.

6.3.1 Vereinfachter Nachweis

Die Anwendung des Abschnittes 6.3.2 mit Ausnahme von Formel (24) kann entfallen, wenn innerhalb der „Abstrahlungsfläche“

$$A = \pi \cdot \frac{\left(D_F + 2 \cdot e_P\right)^2 - \left(D_F - 2 \cdot e_F - 2 \cdot e_P\right)^2}{4} \qquad (11)$$

die von der Normalkraft und dem Moment verursachte Pressung

$$\sigma_B = \frac{F}{A} + \frac{4 \cdot M_F}{A \cdot (D_F - e_F)} \qquad (12)$$

die zulässige Betonpressung nicht überschreitet.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Dabei müssen außerdem die Bedingungen

$$D_F + 2 \cdot e_P \leq D_P \text{ bzw. } \leq l \quad (13)$$

bei Kreisringplatten bzw. bei quadratischen Platten und

$$e_P \geq e_3 \text{ nach Formel (24)} \quad (14)$$

erfüllt sein.

6.3.2 Nachweis nach der Kreisplattentheorie

Die für die Dimensionierung maßgebenden maximalen Biegemomente werden nach der Kreisplattentheorie bestimmt, wobei der Bereich der Platten außerhalb des Stützfußes als kragender Plattenstreifen angenommen wird.

Betonpressung:

Die vorhandene Betonpressung errechnet sich für die kreisförmige und quadratische Fußplatte aus

$$\text{Kreisplatte: } \sigma_B = \frac{4 \cdot N_{Fd}}{\pi \cdot D_P^2} \cdot \left(1 + \frac{8 \cdot m}{D_P}\right) \quad (15)$$

$$\text{Quadratplatte: } \sigma_B = \frac{N_{Fd}}{l^2} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot m \cdot \sqrt{2}}{l}\right) \quad (16)$$

$$\text{Exzentrizität: } m = \frac{M_F}{N_{Fd}} \quad (17)$$

Quadratische Platte:

Erforderliche Plattendicke $e_P = \max(e_1, e_2, e_3)$ (18)

$$\text{außen: } e_1 = 0{,}5 \cdot \left(\sqrt{2} \cdot l - D_F\right) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_B}{f_P}} \quad (19)$$

$$\text{innen: } e_2 = 1{,}11 \cdot \left(\frac{D_F - e_F}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_B}{f_P}} \quad (20)$$

Kreisplatte:

Erforderliche Plattendicke $e_P = \max(e_1, e_2, e_3)$ (21)

$$\text{außen: } e_1 = \left(\frac{D_P - D_F}{4}\right) \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot \sigma_B}{f_P} \cdot \left(\frac{D_P}{D_F} + 1\right)} \quad (22)$$

$$\text{innen: } e_2 = 1{,}11 \cdot \left(\frac{D_F - e_F}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_B}{f_P}} \quad (23)$$

Abhebefall:

$$e_3 = 1{,}71 \cdot \sqrt{\frac{F_K}{f_P}} \quad (24)$$

7 Schrifttum

[1] *Wichman, K. R., A. G. Hopper* a. *J. L. Mershon:* Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings. WRC Bulletin 107 (Rev. March 1979). Editor C.F. Larson, New York.

[2] *Timoshenko, S.,* a. *S. Woinowsky-Krieger:* Theory of Plates and Shells. Mc Graw-Hill, 2. Edition, 1959.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

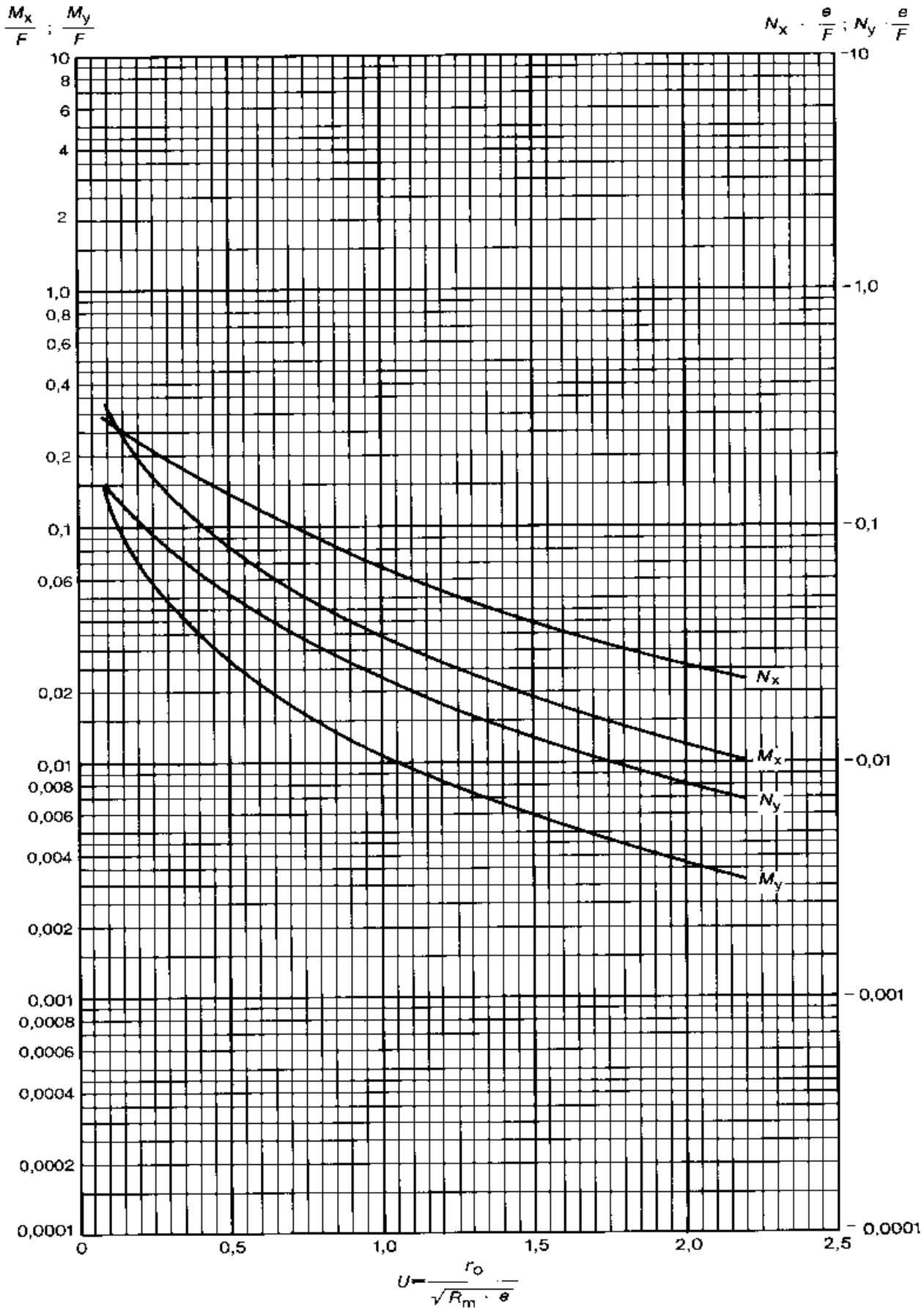


Bild 2. Schnittkräfte N_x, N_y und -momente M_x, M_y in einer Kugelschale, hervorgerufen durch eine radiale Kraft F (entspr. Fig. SR-2 nach [1])

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt S 3/3

Formeln für die Schnittkräfte und -momente in einer Kugelschale, hervorgerufen durch eine radiale Kraft *F* gemäß Bild 2

Die Funktionswerte sind in Bild 2 des AD 2000-Merkblattes S 3/3 logarithmisch aufgetragen. Deshalb kommt für die mathematische Kurvendarstellung nur eine logarithmische Funktion in Betracht.

Für die Abszisse U ist eine lineare Transformation vorgenommen worden: $T = -1{,}095238095 + 0{,}952380952 \cdot U$. Die angegebenen Funktionen gelten für den Bereich $0{,}100 \le U \le 2{,}20$. Dieses entspricht in dem transformierten Bereich $-1{,}00 \le T \le +1{,}00$. Außerhalb dieses Bereiches sollten die Funktionen nicht mehr benutzt werden. Die benutzten Stützwerte liegen an den Bereichsenden dichter als in der Bereichsmitte. Deshalb ist über den ganzen Funktionsbereich eine gleichbleibende, ausreichende Genauigkeit mit dem Polynom 7. Grades in T gegeben.

Die Funktionswerte ϕ ergeben sich zu

$$\phi = 10^{A\,\phi}$$

mit $A_\phi = \sum_{i=0}^{i=7} a_i \cdot T^i$

Die Funktionswerte a_i sind in Tafel 1 dargestellt.

Tafel 1. Funktionswerte a_i zu AD 2000-Merkblatt S 3/3 Bild 2 bzw. WRCB, Fig. SR-2

$\frac{N_x \cdot e}{F}$	$\frac{M_x}{F}$	$\frac{N_y \cdot e}{F}$	$\frac{M_y}{F}$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
$-1{,}253591954$	$-1{,}547988505$	$-1{,}733477011$	$-2{,}067959770$
$-0{,}500743292 \cdot T$	$-0{,}556978513 \cdot T$	$-0{,}565479303 \cdot T$	$-0{,}539315607 \cdot T$
$+0{,}202885672 \cdot T^2$	$+0{,}237166411 \cdot T^2$	$+0{,}227666485 \cdot T^2$	$+0{,}327914948 \cdot T^2$
$-0{,}244594962 \cdot T^3$	$-0{,}349080831 \cdot T^3$	$-0{,}062135964 \cdot T^3$	$-0{,}562600476 \cdot T^3$
$-0{,}154634027 \cdot T^4$	$-0{,}118395784 \cdot T^4$	$-0{,}049666123 \cdot T^4$	$-0{,}290641394 \cdot T^4$
$+0{,}401018423 \cdot T^5$	$+0{,}542020509 \cdot T^5$	$-0{,}106841035 \cdot T^5$	$+0{,}933201262 \cdot T^5$
$+0{,}104621919 \cdot T^6$	$+0{,}180079948 \cdot T^6$	$+0{,}062229523 \cdot T^6$	$+0{,}327094263 \cdot T^6$
$-0{,}213151433 \cdot T^7$	$-0{,}394581854 \cdot T^7$	$+0{,}057444808 \cdot T^7$	$-0{,}646227707 \cdot T^7$

$$\phi = \frac{N_x \cdot e}{F};\quad \frac{M_x}{F};\quad \frac{N_y \cdot e}{F};\quad \frac{M_y}{F}$$

$$\phi = 10^{A\phi}$$

$$A_\phi = \sum_{i=0}^{i=7} a_i \cdot T^i$$

$$T = -1{,}095238095 + 0{,}952380952 \cdot U$$

$$-1{,}00 \le T \le +1{,}00$$

$$U = \frac{r_0}{\sqrt{R_m \cdot e}}$$

$$0{,}100 \le U \le 2{,}20$$

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2001**

Sonderfälle	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter **Behälter mit Tragpratzen**	AD 2000-Merkblatt **S 3/4**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Bezeichnungen
5 Belastung
6 Nachweis der Druckbehälterwand
7 Nachweis der Tragpratzen
8 Schrifttum
Anhang 1: Formeln für Schnittkräfte und -momente in einer Zylinderschale
Anhang 2: Erläuterungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Mit diesem AD 2000-Merkblatt kann der Nachweis für stehende zylindrische Behälter auf Tragpratzen geführt werden. Er erfolgt getrennt für die örtlichen Zusatzbeanspruchungen in der Druckbehälterwand im Bereich der Tragpratze und für die Tragpratze selbst.

Wesentliche Spannungserhöhungen im Sinne von AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 4.5 im Bereich der Pratzen sind insbesondere bei dünnwandigen Behältern ($e/D_a < 0{,}005$) sowie großen Pratzenkräften infolge großer Füll- oder Zusatzgewichte, Wind bei großen Schlankheiten ($H/D_a > 5$) sowie großen Querbeschleunigungen zu erwarten.

Die Berechnung gilt für Werte $e/D_a \geq 0{,}003$. Außerhalb dieses Bereiches sind besondere Untersuchungen unter Berücksichtigung der Stabilität durchzuführen, z. B. nach [6].

Die Anwendung dieses AD 2000-Merkblattes setzt Verstärkungsbleche voraus, deren Ränder in der Regel mindestens $\sqrt{D_a \cdot e}$ von den Zylinderenden entfernt sein sollten. Tragpratzen ohne Verstärkungsblech können z. B. nach [6] nachgewiesen werden.

2 Allgemeines

Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur in Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt S 3/0 anzuwenden.

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Konstruktion der Tragpratze sollte nach DIN 28 083 T.1 oder in enger Anlehnung daran erfolgen.

Bei einer Konstruktion mit einem Verstärkungsblech ist die Verbindung zwischen Verstärkungsblech und Behälterwand als durchgehende Kehlnaht mit einer Dicke von mindestens $0{,}7 \cdot e$ auszuführen. Ein Nachweis dieser Naht ist nicht erforderlich.

Auf den Nachweis von Schweißnähten kann verzichtet werden, wenn diese voll durchgeschweißt sind oder wenn bei beidseitigen Kehlnähten die Dicke beider Kehlnähte mindestens das 0,7-fache der kleinsten beteiligten Wanddicke beträgt.

Es wird vorausgesetzt, dass die auf die Pratzen wirkenden Horizontalkräfte infolge Wind und Querbeschleunigungen so klein sind, dass die hieraus resultierenden Beanspruchungen vernachlässigt werden können.

Die schweißgerechte Gestaltung der Schweißnähte erfolgt in Anlehnung an DIN EN 1708.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

a_b	Abstand der Stegbleche (vgl. Bild 1)	in mm
a_e	Exzentrizität der Normalkraft im Stegblech (vgl. Bild 6)	in mm
a_p	Exzentrizität des Lastangriffs auf die Zylinderwand (vgl. Bild 1)	in mm
a_s	Exzentrizität des Lastangriffs auf das Stegblech (vgl. Bild 6)	in mm
b_a	Breite des Auflagerblechs (vgl. Bild 1)	in mm
b_s	Breite des Ersatzstegbleches (vgl. Bild 6)	in mm
b_v	Breite des Verstärkungsbleches (vgl. Bild 1)	
	Blechdicken ohne Zuschläge:	in mm
e	Zylinderwanddicke ohne Zuschläge	in mm
e_a	Dicke des Auflagerblechs (vgl. Bild 1)	in mm
e_s	Dicke des Stegblechs (vgl. Bild 1)	in mm
e_v	Dicke des Verstärkungsbleches (vgl. Bild 1)	in mm
h_p	Höhe der Pratze (vgl. Bild 1)	in mm
h_v	Höhe des Verstärkungsbleches (vgl. Bild 1)	in mm
k	Hilfswert	–
l_s	Länge des Ersatzstegblechs (vgl. Bild 6)	in mm
t_p	Tiefe der Pratze (vgl. Bild 1)	in mm
C_L	Hilfswert	–
C_p	Plattenbemessungswert	–
F_s	Ankerschraubenkraft	in N
H	Höhe des Behälters	in mm
K_L	Hilfswert	–
M	Schnittmoment	in N mm
M_L	Lastmoment	in N mm
N	Schnittkraft	in N
N_F	Pratzenkraft	in N
N_s	Normalkraft im Stegblech (vgl. Bild 6)	in N
R_m	mittlerer Radius des Zylinders	in mm
α	Stegneigungswinkel	in °
β	Beiwert	–
β_M	Hilfswert	–
γ	Beiwert	–
λ	Schlankheitsgrad	–

Indizes

a	Auflagerblech
b	Biegeanteil bei Spannungen
d	Druck
m	Membrananteil bei Spannungen
s	Steg
v	Verstärkungsblech
x	in Längsrichtung
z	Zug
B	Boden
V	Vergleichs-
Φ	in Umfangsrichtung

4 Bezeichnungen

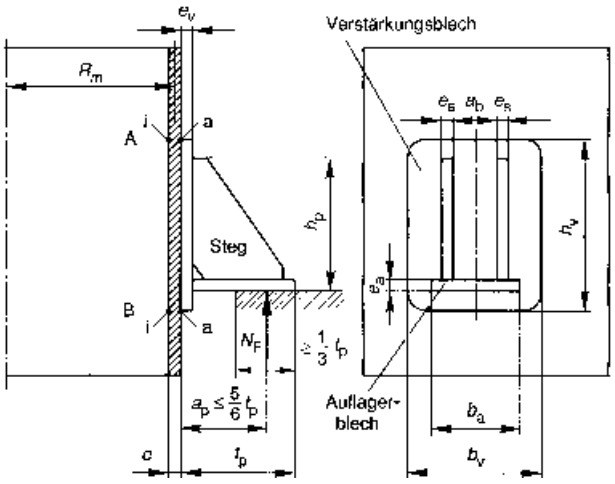


Bild 1. Zylinder mit Tragpratzen

5 Belastung

Unter Berücksichtigung der vom Besteller gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4 festgelegten Lastfälle sind die Nachweise mit der Pratzenkraft zu führen, die in dem jeweils betrachteten Bauteil die größten Beanspruchungen hervorruft.

Für die Berechnung der Pratzenkraft N_F wird auf AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.4 verwiesen.

6 Nachweis der Druckbehälterwand

Der Druckbehälter wird im Bereich einer Tragpratze durch das Lastmoment

$$M_L = N_F \cdot a_p \quad (1)$$

und den Innendruck p_{ges} gemäß AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 4 belastet.

Zunächst werden die Beiwerte

$$\beta = \frac{\sqrt[3]{b_v \cdot h_v^2}}{2\,R_m} \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{R_m}{e} \quad (3)$$

gebildet.

Anschließend sind aus der Tafel 1 die Hilfswerte $C_{L\Phi}$, C_{Lx}, $K_{L\Phi}$ und K_{Lx} in Abhängigkeit von h_v/b_v und γ zu ermitteln und

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1: Hilfswerte $C_{L\Phi}$, C_{Lx}, $K_{L\Phi}$ und K_{Lx} in Abhängigkeit von h_v/b_v und γ

h_v/b_v	γ	$C_{L\Phi}$	C_{Lx}	$K_{L\Phi}$	K_{Lx}
0,25	15	0,75	0,43	1,80	1,24
	50	0,77	0,33	1,65	1,16
	100	0,80	0,24	1,59	1,11
	300	0,90	0,07	1,56	1,11
0,5	15	0,90	0,76	1,08	1,04
	100	0,97	0,68	1,07	1,02
	300	1,10	0,60	1,05	1,02
2	15	0,87	1,30	0,94	1,12
	100	0,81	1,15	0,89	1,07
	300	0,80	1,50	0,79	0,90
4	15	0,68	1,20	0,90	1,24
	100	0,51	1,03	0,81	1,12
	300	0,50	1,33	0,64	0,83

$$\beta_{M\Phi} = \beta \cdot K_{L\Phi} \tag{4}$$

$$\beta_{Mx} = \beta \cdot K_{Lx} \tag{5}$$

zu errechnen.

Aus den Bildern 2 bis 5 werden die dimensionslosen Schnittkräfte und -momente $(N_\Phi \cdot R_m^2 \cdot \beta/M_L)$, $(N_x \cdot R_m^2 \cdot \beta/M_L)$, $(M_\Phi \cdot R_m \cdot \beta_{M\Phi}/M_L)$ und $(M_x \cdot R_m \cdot \beta_{Mx}/M_L)$ entnommen und in den Berechnungsgang nach Tafel 2 (Beispiel für einen Lastfall) eingesetzt. Anstelle der Bilder 2 und 5 können auch die Formeln nach Anhang 1 verwendet werden.

Bei ausgekleideten Behältern ist die Dehnfähigkeit des Auskleidungswerkstoffes zu berücksichtigen.

7 Nachweis der Tragpratzen

7.1 Auflagerblech der Tragpratze

Das Auflagerblech ist so zu dimensionieren und gegebenenfalls auszusteifen, dass keine unzulässigen Biegebeanspruchungen auftreten.

Mit der maximalen Bodenpressung

$$\sigma_B = \frac{3 \cdot N_{F_d}}{b_a \cdot t_p}, \tag{6}$$

deren Größe von dem Abstand a_p abhängt, ergibt sich die notwendige Dicke des Auflagerbleches nach

$$e_a \geq C_p \cdot a_b \sqrt{\frac{\sigma_B}{f_a}} \tag{7}$$

mit C_p = 0,5 für Abmessungen ähnlich DIN 28 083 Teil 1 und C_p = 0,71 für andere Abmessungen.

Im Falle einer Verankerung der Pratze für die Zugkraft N_{Fz} gilt für die Dicke des Auflagerbleches zusätzlich die Bedingung

$$e_a \geq 0{,}72 \sqrt{\left(\left[N_{F_Z} \cdot a_b\right] / \left[\left(t_p - e_v - d_t\right) f_a\right]\right)} \tag{8}$$

mit $e_a \leq 3\, e_s$, d_t = Lochdurchmesser.

Detaillierte Nachweise mit Hilfe z. B. der Methode der FE-Berechnung oder die Anwendung analytischer Lösungen z. B. der dreiseitig gelagerten Platte liefern im Einzelfall genauere Ergebnisse.

7.2 Ankerschrauben

Falls eine Verankerung gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.4 notwendig wird, erfolgt der Spannungsnachweis des Ankers gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.3.2.3 und 4.3.4.3 unter

$$F = \max\left\{\frac{N_{F_Z}}{n};\ F_v\right\}$$

F_V= Vorspannung der Schraube

n = Schraubenanzahl je Pratze

Tafel 2. Berechnungsgang

Nr.	Spannungen (N/mm²)	Pkt.	innen	außen
1	$\sigma_{mp\Phi} = R_m \cdot p \,/\, (10 \cdot e)$	A = B	+	
2	$\sigma_{mpx} = R_m \cdot p \,/\, (20 \cdot e)$	A = B	+	
3	$\bar{\sigma}_{m\Phi} = \left(\frac{N_\Phi \cdot R_m^2 \cdot \beta}{M_L}\right) \frac{M_L \cdot C_{L\Phi}}{R_m^2 \cdot \beta \cdot e}$	A	−	
		B	+	
4	$\bar{\sigma}_{mx} = \left(\frac{N_x \cdot R_m^2 \cdot \beta}{M_L}\right) \frac{M_L \cdot C_{Lx}}{R_m^2 \cdot \beta \cdot e}$	A	−	
		B	+	
5	$\sigma_{m\Phi} = \sigma_{mp\Phi} + \bar{\sigma}_{m\Phi}$	A		
		B		
6	$\sigma_{mx} = \sigma_{mpx} + \bar{\sigma}_{mx}$	A		
		B		
7	$\sigma_{mV} = \sqrt{\sigma_{m\Phi}^2 + \sigma_{mx}^2 - \sigma_{m\Phi} \cdot \sigma_{mx}}$ $\leq f \cdot 1{,}5$	A		
		B		
8	$\sigma_{b\Phi} = \left(\frac{M_\Phi \cdot R_m \cdot \beta_{M\Phi}}{M_L}\right) \frac{6 \cdot M_L}{R_m \cdot \beta_{M\Phi} \cdot e^2}$	A	+	−
		B	−	+
9	$\sigma_{bx} = \left(\frac{M_x \cdot R_m \cdot \beta_{Mx}}{M_L}\right) \frac{6 \cdot M_L}{R_m \cdot \beta_{Mx} \cdot e^2}$	A	+	−
		B	−	+
10	$\sigma_\Phi = \sigma_{m\Phi} + \sigma_{b\Phi}$	A		
		B		
11	$\sigma_x = \sigma_{mx} + \sigma_{bx}$	A		
		B		
12	$\sigma_{ges\,V} = \sqrt{\sigma_\Phi^2 + \sigma_x^2 - \sigma_\Phi \cdot \sigma_x}$	A		
		B		
13	$q = \frac{\sigma_{mV}}{K}$	A		
		B		
14	$Z = 1{,}5 - 0{,}5 \cdot q^2$	A		
		B		
15	zul $\sigma_{gesV} = 1{,}5 \cdot Z \cdot f$	A		
		B		

7.3 Stege der Tragpratze

Für die Nachweise wird der Steg durch eine Rechteckplatte der Länge l_s und der Breite b_s idealisiert, die um den Winkel α gegen die Horizontale geneigt ist (Bild 6). Die Gerade durch die Punkte 1 und 2 wird als Bezugsgerade definiert. Der Winkel α ist der Winkel zwischen der Bezugsgeraden und der Horizontalen. Die Breite b_s ist der kleinere

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Wert aus den Abständen der Punkte 3 und 4 zur Bezugsgeraden.

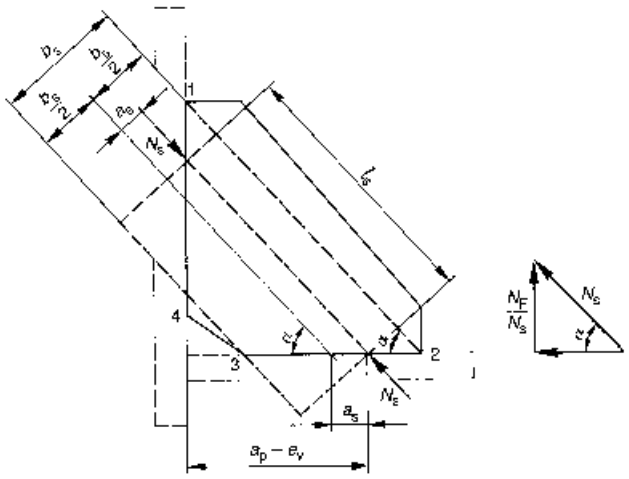


Bild 6. Steg der Tragpratze

Bei n_s Stegen je Tragpratze wird in dem Ersatzstegblech eine um

$$a_e = a_s \cdot \sin \alpha \tag{9}$$

exzentrisch wirkende Normalkraft

$$N_s = \frac{N_F}{n_s \cdot \sin \alpha} \tag{10}$$

erzeugt.

Die größte Spannung ergibt sich am freien Rand des Stegblechs nach:

$$\max \sigma = \frac{N_s}{e_s \cdot b_s}\left(1 + 6 \cdot \frac{a_e}{b_s}\right) \le f_s \tag{11}$$

Zusätzlich zum Spannungsnachweis ist ein Stabilitätsnachweis zu führen. Der obere Rand des Steges, an dem die größte Druckspannung auftritt, wird durch einen beidseitig eingespannten Stab der Breite *1* idealisiert,

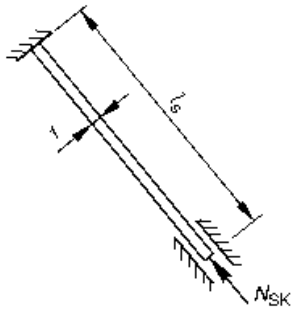


Bild 7. Stabilitätssystem für den Steg der Tragpratzen

der mit der Kraft

$$N_{sK} = 1 \cdot e_s \cdot \max \sigma \tag{12}$$

belastet wird.

Im Schlankheitsbereich

$$\lambda = \frac{l_s}{e_s} \cdot \sqrt{3} \le \lambda_0 \approx \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{S \cdot f_s}} \tag{13}$$

beträgt die zulässige Knickkraft

$$\text{zul } N_{sK} = f_s \cdot e_s \left[1 - \frac{\lambda}{\lambda_0} \cdot \left(1 - \frac{S}{S_K}\right)\right] \tag{14}$$

mit $S_K = 3$ für den Betriebsfall und

$S'_K = 2{,}25$ für den Prüffall.

S_K für andere Lastfälle siehe AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.2. Für größere Schlankheitsgrade λ beträgt die zulässige Knickkraft

$$\text{zul } N_{sK} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot e_s^3}{3 \cdot S_K \cdot l_s^2} \tag{15}$$

Ein evtl. weniger konservativer Stabilitätsnachweis kann nach Maßgabe der Stegblechgeometrie und Lagerung nach z. B. [4] geführt werden.

7.4 Verstärkungsblech

Bei Verstärkungsblechen, die den Bedingungen

$$1{,}0 \le \frac{h_v}{b_v} \le 1{,}3 \quad \text{und} \tag{16}$$

$$\frac{b_a}{b_v} \ge 0{,}8 \quad \text{und} \tag{17}$$

$$\frac{h_p}{h_v} \ge 0{,}8 \tag{18}$$

genügen, kann die Wanddicke des Verstärkungsblechs nach

$$e_v = 0{,}67 \cdot \sqrt{\frac{M_L}{k \cdot f_v}} \tag{19}$$

mit $k = \sqrt[3]{b_v^2 \cdot h_v}$ berechnet werden.

Für alle anderen Fälle wird auf BS 5500 Abschnitt G.3.1.5 verwiesen. Eine sehr sichere Dimensionierung kann mit Hilfe eines Balkenmodells durchgeführt werden. Für die Länge des Balkens ist die Höhe h_v des Verstärkungsblechs und für die Belastungslänge h_p anzunehmen.

Für die Dicke des Verstärkungsblechs gelten die Grenzen

$$e \le e_v \le 1{,}5 \cdot e \tag{20}$$

8 Schrifttum

[1] *Wichman, K. R., A. G. Hopper* and *J. L. Mershon:* Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings.
WRC Bulletin 107 (Rev. March 1979), Editor C. F. Larson, New York.

[2] *Ciprian, J.:* Ausgewählte Kapitel aus nationalen und internationalen Regelwerken zur Frage der Auslegung von Druckbehältern.
Verfahrenstechnik H **14** (1980) Nr. 1, S. 49 ff.

[3] *Nádai, A.:* Die elastischen Platten.
Berlin, 1968.

[4] DIN 18 800 Teil 3 – Stahlbauten; Stabilitätsfälle; Plattenbeulen.

[5] *Young, W. C.:* Roark's Formulas for Stress and Strain.
McGraw-Hill Book Company.

[6] Richtlinienkatalog Festigkeit RKF, Teil 2, BR-A 61 – Tragpratzen –, 3. Auflage 1979.
VEB Komplette Chemieanlagen Dresden (jetzt: Linde-KCA-Dresden GmbH).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

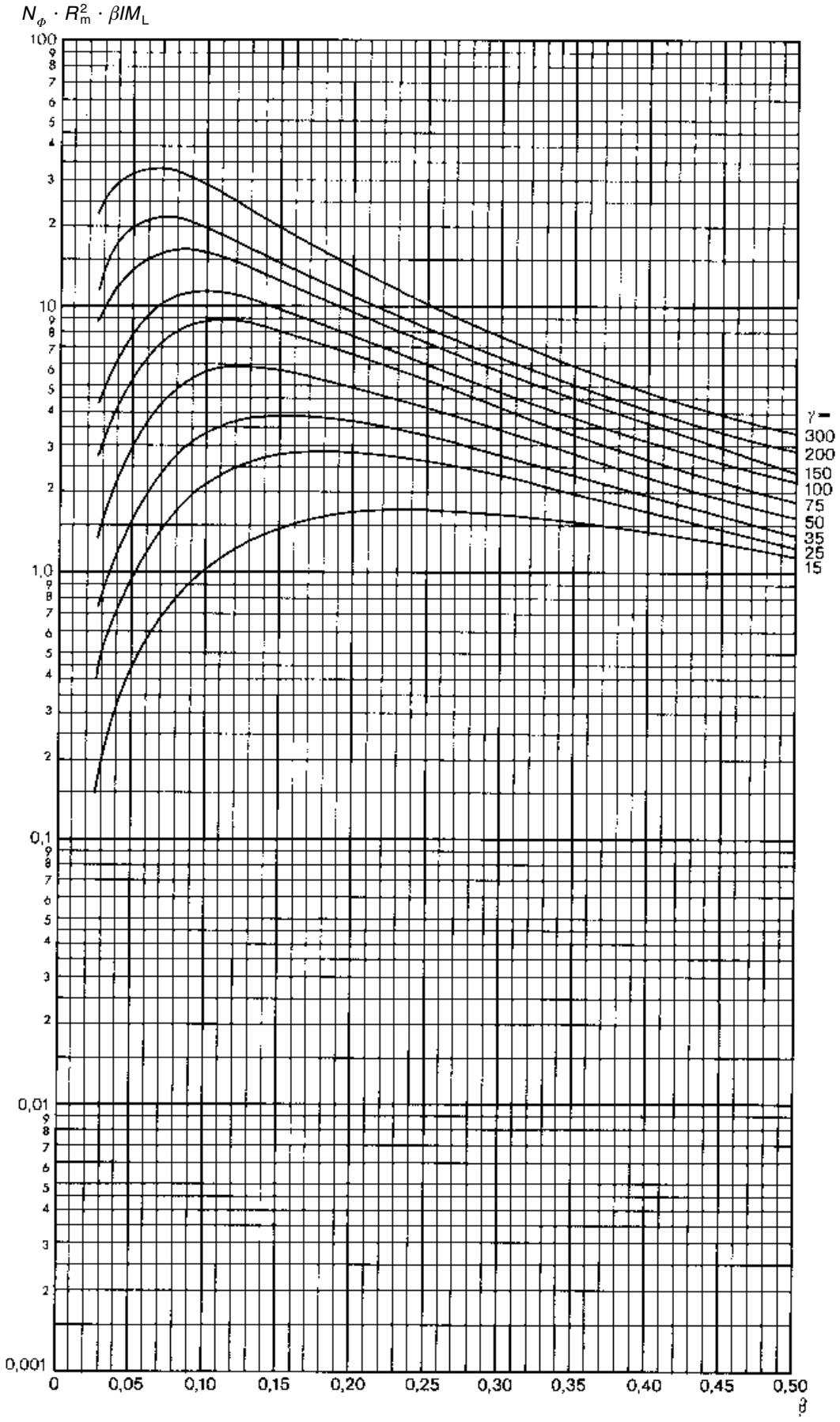


Bild 2. Schnittkraft N_ϕ in Umfangsrichtung einer Zylinderschale, hervorgerufen durch ein äußeres Moment in Längsrichtung M_L (entspr. Fig. 3 B nach [1])

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

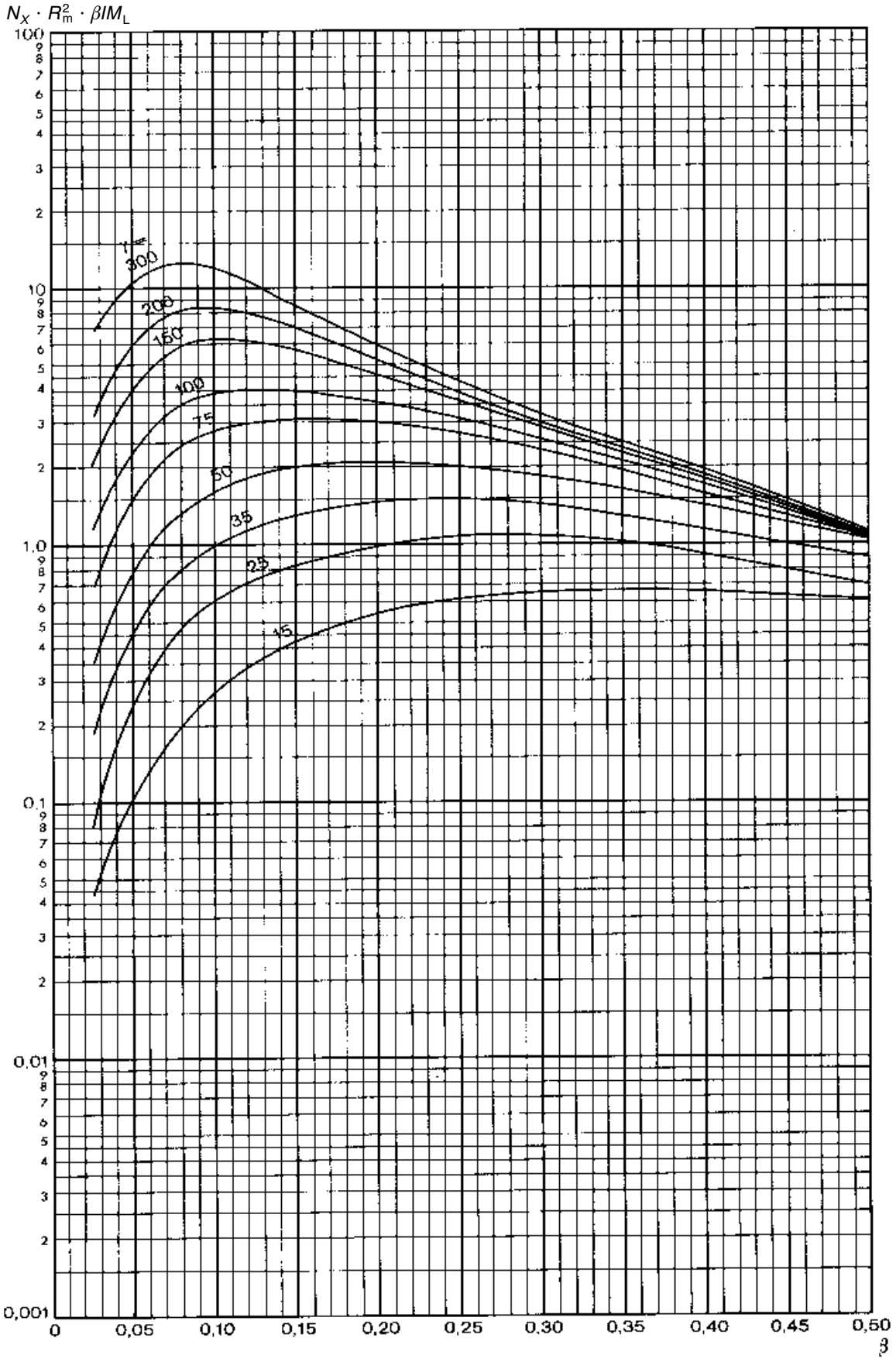


Bild 3. Schnittkraft N_x in Längsrichtung einer Zylinderschale, hervorgerufen durch ein äußeres Moment in Längsrichtung M_L (entspr. Fig. 4 B nach [1])

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

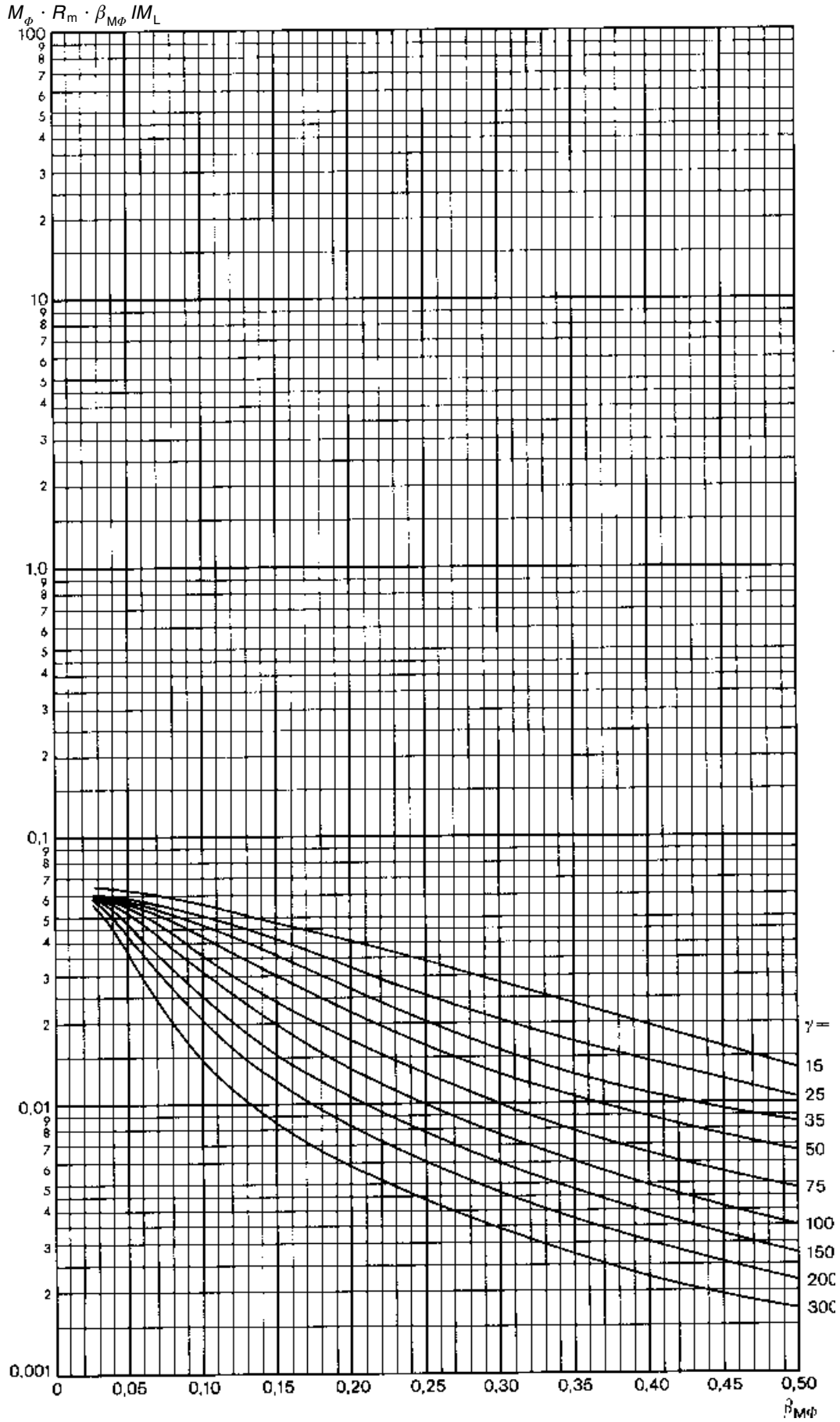


Bild 4. Schnittmoment M_ϕ in Umfangsrichtung einer Zylinderschale, hervorgerufen durch ein äußeres Moment in Längsrichtung M_L (entspr. Fig. 1 B-1 nach [1])

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

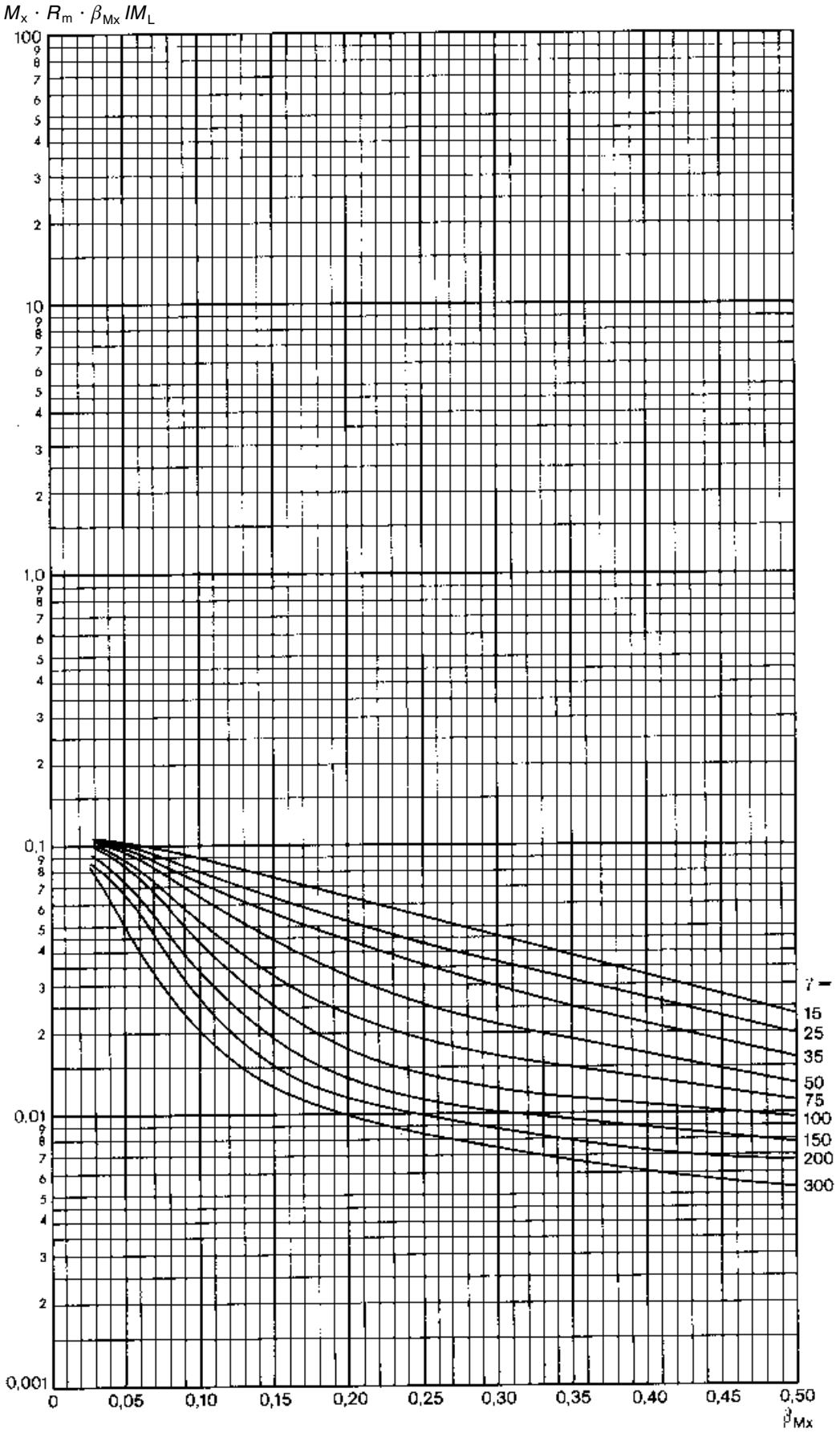


Bild 5. Schnittmoment M_x in Längsrichtung einer Zylinderschale, hervorgerufen durch ein äußeres Moment in Längsrichtung M_L (entspr. Fig. 2 B-1 nach [1])

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt S 3/4

Formeln für die Schnittkräfte und -momente in einer Zylinderschale, hervorgerufen durch ein äußeres Moment in Längsrichtung gemäß Bilder 2 bis 5

Die Funktionswerte sind in den Bildern 2 bis 5 des AD 2000-Merkblattes S 3/4 logarithmisch aufgetragen. Deshalb kommt für die mathematische Kurvendarstellung nur eine logarithmische Funktion in Betracht.

Für die Abzisse β ist eine logarithmische Transformation vorgenommen worden:

$T = + 1{,}462756426 + 0{,}667616401 \cdot \ln \beta.$

Die angegebenen Funktionen gelten für den Bereich $0{,}025 \le \beta \le 0{,}500$. Dieses entspricht in dem transformierten Bereich $-1{,}00 \le T \le + 1{,}00$. Außerhalb des Funktionsbereiches sollten diese Funktionen nicht mehr benutzt werden. Da die Kurven bei niedrigen β-Werten starke Krümmungen aufweisen, erschien es günstig, die Stützstellen in diesem Wertebereich enger zu legen. So ergibt sich die logarithmische Transformation.

Die Funktionswerte ϕ für die vorgegebenen Parameter β ergeben sich zu:

$$\phi = 10^{A\phi}$$

$$\text{mit } A_\phi = \sum_{i=0}^{i=7} a_i \cdot T^i$$

Ist eine Interpolation über γ erforderlich, wird vorgeschlagen, die Werte A_ϕ linear zu interpolieren und erst dann zu exponentieren. Man erreicht so eine logarithmische Interpolation über γ.

Die Funktionswerte a_i sind in den Tafeln 1 bis 4 dargestellt.

Tafel 1. Funktionswerte a_i zu AD 2000-Merkblatt S 3/4 Bild 2 bzw. WRCB, Fig. 3 B: $N_\phi \cdot R_m^2 \cdot \beta / M_L$

$\gamma = 15$	$\gamma = 25$	$\gamma = 35$
$a_i \cdot T^i$	$a_i \cdot T^i$	$a_i \cdot T^i$
+ 0,069770408	+ 0,377168367	+ 0,558163265
+ 0,637037362 · T	+ 0,479584495 · T	+ 0,320121289 · T
− 0,439478460 · T^2	− 0,738848546 · T^2	− 0,757256239 · T^2
− 0,400378379 · T^3	− 0,193872872 · T^3	− 0,051107294 · T^3
+ 0,076598646 · T^4	+ 0,511443598 · T^4	+ 0,284013614 · T^4
+ 0,267297811 · T^5	− 0,316573360 · T^5	− 0,306517629 · T^5
− 0,093242634 · T^6	− 0,312390970 · T^6	− 0,094104314 · T^6
− 0,058038426 · T^7	+ 0,284943370 · T^7	+ 0,184442410 · T^7
$\gamma = 50$	$\gamma = 75$	$\gamma = 100$
$a_i \cdot T^i$	$a_i \cdot T^i$	$a_i \cdot T^i$
+ 0,769515306	+ 0,950765306	+ 1,052295918
+ 0,098219319 · T	− 0,041551678 · T	− 0,178524175 · T
− 0,938338784 · T^2	− 0,980465592 · T^2	− 0,851073714 · T^2
+ 0,383544120 · T^3	+ 0,200085414 · T^3	+ 0,379669811 · T^3
+ 0,636444925 · T^4	+ 0,729151877 · T^4	+ 0,489955835 · T^4
− 1,075963926 · T^5	− 0,601270693 · T^5	− 0,801123346 · T^5
− 0,311371446 · T^6	− 0,360931184 · T^6	− 0,212351509 · T^6
+ 0,640118854 · T^7	+ 0,365185936 · T^7	+ 0,461202199 · T^7
$\gamma = 150$	$\gamma = 200$	$\gamma = 300$
$a_i \cdot T^i$	$a_i \cdot T^i$	$a_i \cdot T^i$
+ 1,183545918	+ 1,264795918	+ 1,421045918
− 0,336275405 · T	− 0,440454675 · T	− 0,528440463 · T
− 0,748412407 · T^2	− 0,483836620 · T^2	− 0,584966872 · T^2
+ 0,349659087 · T^3	+ 0,445481571 · T^3	+ 0,220534863 · T^3
+ 0,446257628 · T^4	− 0,083184019 · T^4	+ 0,133472046 · T^4
− 0,546806942 · T^5	− 0,715802843 · T^5	− 0,262535775 · T^5
− 0,233559507 · T^6	+ 0,060898189 · T^6	− 0,033199051 · T^6
+ 0,260974280 · T^7	+ 0,402612682 · T^7	+ 0,153094435 · T^7

$$\phi = \frac{N_\phi \cdot R_m^2 \cdot \beta}{M_L}$$

$$\phi = 10^{A\phi}$$

$$A_\phi = \sum_{i=0}^{i=7} a_i \cdot T^i$$

$$T = + 1{,}462756426 + 0{,}667616401 \cdot \ln \beta$$

$$-1{,}00 \le T \le + 1{,}00$$

$$\beta = \frac{\sqrt[3]{b \cdot h^2}}{2 \cdot R_m}$$

$$0{,}025 \le \beta \le 0{,}500$$

$$\gamma = \frac{R_m}{e}$$

$$15 \le \gamma \le 300$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2. Funktionswerte a_i zu AD 2000-Merkblatt S 3/4 Bild 3 bzw. WRCB, Fig. 4 B: $N_x \cdot R_m^2 \cdot \beta / M_L$

$\gamma = 15$	$\gamma = 25$	$\gamma = 35$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
− 0,513110997	− 0,178080448	+ 0,027367617
+ 0,770753790 · T	+ 0,544813406 · T	+ 0,485009916 · T
− 0,300758532 · T^2	− 0,422819410 · T^2	− 0,332737032 · T^2
− 0,190251110 · T^3	+ 0,482846931 · T^3	+ 0,068871862 · T^3
− 0,000983058 · T^4	− 0,072682300 · T^4	− 0,255353058 · T^4
− 0,025641459 · T^5	− 0,968064247 · T^5	− 0,407888142 · T^5
+ 0,007444238 · T^6	+ 0,028088268 · T^6	+ 0,155299866 · T^6
+ 0,026605174 · T^7	+ 0,415963992 · T^7	+ 0,197183554 · T^7
$\gamma = 50$	$\gamma = 75$	$\gamma = 100$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
+ 0,238289206	+ 0,461812627	+ 0,600178208
+ 0,401147781 · T	+ 0,229351294 · T	+ 0,095611517 · T
− 0,509437408 · T^2	− 0,508639203 · T^2	− 0,658273750 · T^2
+ 0,010033575 · T^3	+ 0,171991818 · T^3	+ 0,242952891 · T^3
+ 0,008963956 · T^4	− 0,152290131 · T^4	+ 0,201908826 · T^4
− 0,305952152 · T^5	− 0,625909582 · T^5	− 0,711266785 · T^5
+ 0,023895041 · T^6	+ 0,115104487 · T^6	− 0,108808192 · T^6
+ 0,139169981 · T^7	+ 0,330472783 · T^7	+ 0,365574068 · T^7
$\gamma = 150$	$\gamma = 200$	$\gamma = 300$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
+ 0,795952138	+ 0,911405295	+ 1,042515275
− 0,070348369 · T	− 0,199561303 · T	− 0,445126721 · T
− 0,902972704 · T^2	− 0,943156914 · T^2	− 0,945243241 · T^2
+ 0,228520045 · T^3	+ 0,171599969 · T^3	+ 0,407992990 · T^3
+ 0,542930331 · T^4	+ 0,597291516 · T^4	+ 0,691126873 · T^4
− 0,551053800 · T^5	− 0,322453126 · T^5	− 0,547866447 · T^5
− 0,268267200 · T^6	− 0,305865763 · T^6	− 0,362991574 · T^6
+ 0,255407582 · T^7	+ 0,126381873 · T^7	+ 0,202108121 · T^7

$$\phi = \frac{N_x \cdot R_m^2 \cdot \beta}{M_L}$$

$$\phi = 10^{A\phi}$$

$$A_\phi = \sum_{i=0}^{i=7} a_i \cdot T^i$$

$$T = + 1{,}462756426 + 0{,}667616401 \cdot \ln \beta$$

$$-1{,}00 \le T \le + 1{,}00$$

$$\beta = \frac{\sqrt[3]{b \cdot h^2}}{2 \cdot R_m}$$

$$0{,}025 \le \beta \le 0{,}500$$

$$\gamma = \frac{R_m}{e}$$

$$15 \le \gamma \le 300$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Funktionswerte a_i zu AD 2000-Merkblatt S 3/4 Bild 4 bzw. WRCB, Fig. 1 B-1: $M_\phi \cdot R_m \cdot \beta_{M\phi}/M_L$

$\gamma = 15$	$\gamma = 25$	$\gamma = 35$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
− 1,261479591	− 1,305229592	− 1,346428571
− 0,217483658 · T	− 0,243665549 · T	− 0,335503327 · T
− 0,230083636 · T^2	− 0,397460613 · T^2	− 0,414287483 · T^2
− 0,117327113 · T^3	− 0,529729402 · T^3	− 0,441417218 · T^3
− 0,019953171 · T^4	+ 0,219932860 · T^4	+ 0,116331836 · T^4
+ 0,002701609 · T^5	+ 0,732286463 · T^5	+ 0,534765114 · T^5
− 0,019350946 · T^6	− 0,107166125 · T^6	+ 0,004078096 · T^6
− 0,012788797 · T^7	− 0,351748655 · T^7	− 0,198660895 · T^7
$\gamma = 50$	$\gamma = 75$	$\gamma = 100$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
− 1,395025510	− 1,470663265	− 1,537882653
− 0,492458278 · T	− 0,609816322 · T	− 0,723942664 · T
− 0,448951322 · T^2	− 0,359885739 · T^2	− 0,396240247 · T^2
− 0,021177872 · T^3	+ 0,131060961 · T^3	+ 0,247105467 · T^3
+ 0,235629477 · T^4	+ 0,053126606 · T^4	+ 0,157088086 · T^4
− 0,025466870 · T^5	− 0,204173543 · T^5	− 0,275870762 · T^5
− 0,087698563 · T^6	+ 0,010840766 · T^6	− 0,059827432 · T^6
+ 0,046245878 · T^7	+ 0,121704414 · T^7	+ 0,125156939 · T^7
$\gamma = 150$	$\gamma = 200$	$\gamma = 300$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
− 1,648596939	− 1,740816327	− 1,895408163
− 0,791328201 · T	− 0,842002045 · T	− 0,938371608 · T
− 0,155533765 · T^2	− 0,103542717 · T^2	+ 0,192506110 · T^2
+ 0,272614462 · T^3	+ 0,168998299 · T^3	+ 0,228685607 · T^3
− 0,232378298 · T^4	− 0,213861645 · T^4	− 0,653028534 · T^4
− 0,293503418 · T^5	− 0,064852057 · T^5	− 0,081951246 · T^5
+ 0,148116144 · T^6	+ 0,115363546 · T^6	+ 0,356440791 · T^6
+ 0,135686544 · T^7	+ 0,013366008 · T^7	+ 0,014086226 · T^7

$$\phi = \frac{M_\phi \cdot R_m \cdot \beta_{M\phi}}{M_L}$$

$$\phi = 10^{A\phi}$$

$$A_\phi = \sum_{i=0}^{i=7} a_i \cdot T^i$$

$$T = + 1{,}462756426 + 0{,}667616401 \cdot \ln \beta_{M\phi}$$

$$-1{,}00 \le T \le + 1{,}00$$

$$\beta_{M\phi} = \beta \cdot K_{L\phi}$$

$$\beta = \frac{\sqrt[3]{b \cdot h^2}}{2 \cdot R_m}$$

$$0{,}025 \le \beta_{M\phi} \le 0{,}500$$

$$\gamma = \frac{R_m}{e}$$

$$15 \le \gamma \le 300$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 4. Funktionswerte a_i zu AD 2000-Merkblatt S 3/4 Bild 5 bzw. WRCB, Fig. 2 B-1: $M_x \cdot R_m \cdot \beta_{Mx}/M_L$

$\gamma = 15$	$\gamma = 25$	$\gamma = 35$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
− 1,053896761 − 0,230655652 · T − 0,239780688 · T^2 − 0,083516978 · T^3 + 0,065495911 · T^4 − 0,020344766 · T^5 − 0,062557328 · T^6 − 0,001514990 · T^7	− 1,110703441 − 0,347813274 · T − 0,239979028 · T^2 + 0,033891510 · T^3 + 0,077224533 · T^4 − 0,043793390 · T^5 − 0,052832550 · T^6 − 0,013742336 · T^7	− 1,154099190 − 0,433192055 · T − 0,265282672 · T^2 + 0,099768923 · T^3 + 0,095443157 · T^4 − 0,092650141 · T^5 − 0,044735384 · T^6 + 0,011093516 · T^7
$\gamma = 50$	$\gamma = 75$	$\gamma = 100$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
− 1,216599190 − 0,607402914 · T − 0,373373703 · T^2 + 0,385544894 · T^3 + 0,358987506 · T^4 − 0,348108413 · T^5 − 0,188042953 · T^6 + 0,108427972 · T^7	− 1,320344130 − 0,770660149 · T − 0,286894393 · T^2 + 0,686616998 · T^3 + 0,334367389 · T^4 − 0,601557360 · T^5 − 0,185124818 · T^6 + 0,201794843 · T^7	− 1,401189271 − 0,928194135 · T − 0,289980196 · T^2 + 0,940404008 · T^3 + 0,393319939 · T^4 − 0,795981822 · T^5 − 0,201417881 · T^6 + 0,274662637 · T^7
$\gamma = 150$	$\gamma = 200$	$\gamma = 300$
$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$	$a_i \quad \cdot T^i$
− 1,519736842 − 0,984495637 · T − 0,029213477 · T^2 + 1,000543891 · T^3 + 0,012741645 · T^4 − 0,794741953 · T^5 − 0,013892540 · T^6 + 0,230110703 · T^7	− 1,630187247 − 1,011284848 · T + 0,356533233 · T^2 + 1,135622496 · T^3 − 0,738628039 · T^4 − 1,111087702 · T^5 + 0,423592781 · T^6 + 0,410839122 · T^7	− 1,742029352 − 0,822865292 · T + 0,413690111 · T^2 + 0,373711878 · T^3 − 0,586212035 · T^4 − 0,199464464 · T^5 + 0,262602895 · T^6 + 0,036269700 · T^7

$$\phi = \frac{M_x \cdot R_m \cdot \beta_{Mx}}{M_L}$$

$$\phi = 10^{A\phi}$$

$$A_\phi = \sum_{i=0}^{i=7} a_i \cdot T^i$$

$$T = +1{,}462756426 + 0{,}667616401 \cdot \ln \beta_{Mx}$$

$$-1{,}00 \le T \le +1{,}00$$

$$\beta_{Mx} = \beta \cdot K_{Lx}$$

$$\beta = \frac{\sqrt[3]{b \cdot h^2}}{2 \cdot R_m}$$

$$0{,}025 \le \beta_{Mx} \le 0{,}500$$

$$\gamma = \frac{R_m}{e}$$

$$15 \le \gamma \le 300$$

Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt S 3/4

Erläuterungen

Die Formel (19) ist aus der in [5], Tafel 24, Fall 21, angegebenen Formel für die maximale Spannung in einer durch ein Moment belasteten eingespannten Kreisplatte abgeleitet. Für das Verhältnis des Durchmessers des belasteten Kernbereichs zum Außendurchmesser der Platte wird der Wert 0,8 eingesetzt.

Die näherungsweise Übertragung der Formel auf eine Quadrat- bzw. eine Rechteckplatte erfolgt nach [1], Appendix A, Abschnitt 4.2.2.

Für die Spannung an der Oberfläche des Verstärkungsblechs wird der Wert 1,5 · f_v zugelassen.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2010**

Sonderfälle	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter **Behälter mit Ringlagerung**	AD 2000-Merkblatt **S 3/5**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e. V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Allgemeines ... 2
3 Formelzeichen und Einheiten ... 2
4 Berechnung ... 3
5 Vorhandene Gesamtkraft ... 3
6 Zulässige Schnittgrößen des Ringes ... 3
7 Globaler Tragfähigkeitsnachweis des Ringes ... 4
8 Lokaler Tragfähigkeitsnachweis ... 5
9 Schrifttum ... 7
Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt S 3/5 ... 8

Ersatz für Ausgabe Januar 2003; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt dient der Berechnung von Tragringen und Ringträgern. Tragringe sind mit dem Behälter fest verschweißt, die Behälterwand übernimmt einen Teil der Belastung. Ringträger sind selbsttragende, mit dem Behälter nicht verbundene Ringe. Die Lagerung erfolgt auf einer Anzahl gleichmäßig verteilter Stützen oder auf dem gesamten Ringumfang.

2 Allgemeines

Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur in Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt S 3/0 anzuwenden.

Das in diesem AD 2000-Merkblatt dargestellte Berechnungsverfahren ist ein Auszug aus [1]. Es werden globale und lokale Berechnungsmöglichkeiten für den Ring angegeben. Wegen der verschiedenartigen Gestaltungsmöglichkeiten der Segmentenden und Verschraubungen bei Ringträgern werden für diese nur die Momenten- und Querkraftverläufe angegeben.

Für die Berechnung nach diesem AD 2000-Merkblatt gelten folgende Voraussetzungen:

- das Profil ist konstant über den Umfang;
- bei offenen Profilen sind Rippen eingesetzt, um die Querschnittsform zu erhalten (siehe Abschnitt 8.3);
- die Profile sind dünnwandig mit Ausnahme des rechteckigen Vollprofils, d. h. $b/e > 5$ und $h/e > 5$;
- die Belastung über den Umfang des Ringes ist nicht erzwungenermaßen konstant, z. B. durch eine weiche Lagerung des Behälters;
- die Stützen sind gleichmäßig verteilt und tragen gleichmäßig;
- die Konstruktionstypen entsprechen Bild 2;
- die Werkstoffe sind zäh;
- der Betrag der bezogenen Hebelarme β, δ (Formeln (4), (5)) ist $\leq |0{,}2|$.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

d_1, d_2	Innen-, Außendurchmesser des Behälters	mm
d_3, d_4	Innen-, Außendurchmesser des Ringes	mm
d_5	Durchmesser zum Querkraftmittelpunkt	mm
d_6	Durchmesser zur Streckenlast	mm
d_7	Durchmesser zur Stützkraft	mm
e_1	Wanddicke des Behälters	mm
e_3, e_4, e_5	Wanddicken des Ringes	mm
e_6	Wanddicke der Versteifungsrippe	mm
f	zulässige Beanspruchung (siehe AD 2000-Merkblatt S 3/0)	N/mm^2
f_B	zulässige Beanspruchung des Behälterwerkstoffes	N/mm^2
f_R	zulässige Beanspruchung des Rippenwerkstoffes	N/mm^2
f_T	zulässige Beanspruchung des Ringwerkstoffes	N/mm^2
f_T^*	reduzierte zulässige Beanspruchung des Ringwerkstoffes	N/mm^2
g	Schweißnahtdicke	mm
m_b	zulässiges Einheitsbiegemoment (Tafel 1)	N mm
m_t	zulässiges Einheitstorsionsmoment (Tafel 1)	N mm
n_s	Stützenzahl	–
q	vorhandene Linienlast	N
q_t	zulässige Einheitsquerkraft (Tafel 1)	N
t_0	Abstand	mm

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

u	Rippenbreite	mm
w	Rippenhöhe	mm
y	Verhältnis Rippenhöhe zu -breite	–
A_T	Querschnittsfläche des Ringes (Bild 2)	mm^2
F	vorhandene Gesamtkraft, je nach Lastfall	N
zul F_s	zul. Kraft pro Stütze, je nach Lastfall	N
G	Eigenlast des Behälters, je nach Lastfall	N
M	Biegemoment im Behälter aus äußeren Lasten auf Ringhöhe, je nach Lastfall	N mm
M_t	Torsionsmoment im Ringquerschnitt, je nach Lastfall	N mm
zul M_t	zulässiges Torsionsmoment (für Ringquerschnitt nur durch Torsion belastet)	N mm
M_b	Biegemoment im Ringquerschnitt	N mm
zul M_b	zulässiges Biegemoment (für Ringquerschnitt nur durch Biegung belastet)	N mm
Q	Querkraft im Ringquerschnitt	N
zul Q	zulässige Querkraft (für Ringquerschnitt nur durch Querkraft belastet)	N
W_b	Widerstandsmoment gegen Biegung	mm^3
W_t	Torsionswiderstandsmoment	mm^3
Z_0, Z_1	Beiwerte, Parameter	–
α	Öffnungswinkel zwischen zwei Stützen	°
β	bezogener Hebelarm der Stützenkraft	–
δ	bezogener Hebelarm der Streckenlast	–
ε	Dehnungszahl für Beulnachweis	–
τ	Winkelkoordinate (Bild 1)	°

4 Berechnung

4.1 Festigkeitsnachweise des Ringes

Für das gewählte Profil ist für alle relevanten Lastfälle nachzuweisen, dass die vorhandene fiktive Gesamtkraft F gemäß Abschnitt 5 kleiner ist als die zulässige Kraft gemäß Formel (3).

4.2 Lokale Nachweise

Gemäß Abschnitt 8 sind die Schweißnähte, Rippen und eventuelle Schraubverbindungen nachzuweisen. Die Formeln (6) bis (9) geben den Schnittgrößenverlauf zwischen den Stützen an. Der Nachweis kann mit diesen Größen geführt werden. Bei einem Verzicht auf eine detaillierte Schnittgrößenermittlung sind die lokalen Nachweise mit den zulässigen Schnittgrößen nach Formel (2) zu führen.

5 Vorhandene Gesamtkraft

Die vorhandene fiktive Gesamtkraft F ergibt sich gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 Abschnitt 4.4 zu

$$F = N_{Fd}$$

Bei gleichmäßiger Lagerung ist

$$F = G + \frac{4 \cdot M}{d_7}$$

6 Zulässige Schnittgrößen des Ringes

Für Ringträger und Tragringe vom Typ I ist die zulässige Ringspannung f_T und für Tragringe vom Typ II die zulässige reduzierte Ringspannung

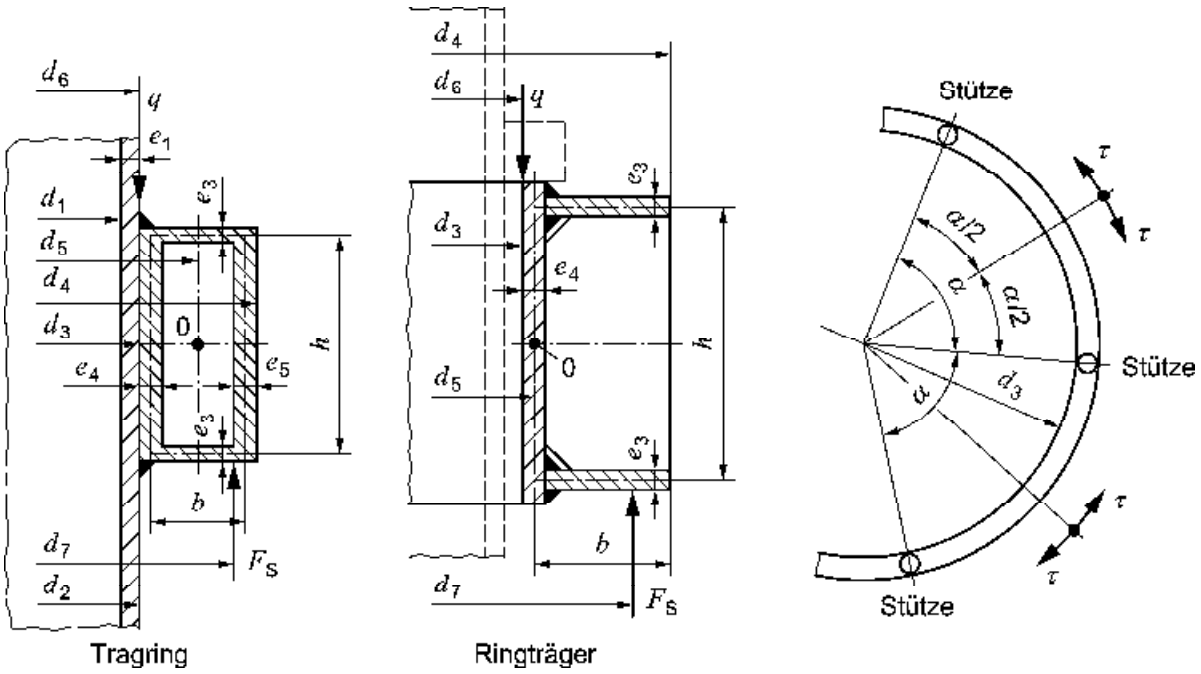
$$f_T^* = f_T \cdot \left(1 - \frac{p \cdot h \cdot d_1}{20 \cdot A_T \cdot f_T}\right) \quad (1)$$

maßgebend.

Die zulässigen Schnittgrößen im Ring ergeben sich durch Multiplikation der zulässigen Einheitsgrößen gemäß Tafel 1 mit der zulässigen bzw. reduzierten zulässigen Spannung:

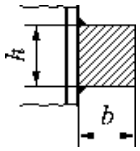
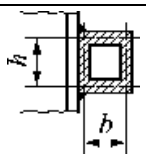
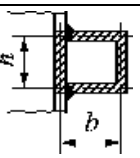
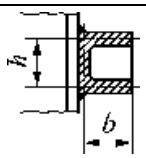
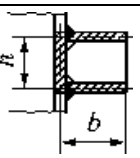
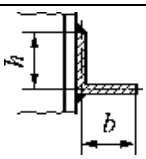
$$\begin{aligned} &\text{zul } M_t = f_T \cdot m_t \quad \text{bzw. } f_T^* \cdot m_t \\ &\text{zul } M_b = f_T \cdot m_b \quad \text{bzw. } f_T^* \cdot m_b \\ &\text{zul } Q = f_T \cdot q_t \quad \text{bzw. } f_T^* \cdot q_t \end{aligned} \quad (2)$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23



0 Querkraftmittelpunkt q Streckenlast F_S Stützenkraft

Bild 1 — Prinzipbild

	I	II
Rechteckiges Vollprofil		
Kastenprofil		
U-Profil		
L-Profil		

(Die schraffierte Fläche entspricht der Querschnittsfläche A_T des Ringes)

Bild 2 — Konstruktionstypen für Tragringe

7 Globaler Tragfähigkeitsnachweis des Ringes

Die zulässige Kraft als Einzellast auf die Stütze ergibt sich als das Minimum aus der zulässigen Biegemomentenbelastung und der zulässigen Querkraftbelastung zu

$$\text{zul } F_s = \min\left\{\begin{array}{l}\dfrac{4 \cdot \pi \cdot \text{zul } M_b}{d_4 \cdot \sqrt{Z_0^2 + Z_1^2 \cdot (\text{zul } M_b / \text{zul } M_t)^2}} \\ 2 \cdot \text{zul } Q\end{array}\right\} \quad (3)$$

Bei gleichmäßiger Lagerung ist

$$\text{zul } F = \frac{4 \cdot \pi \cdot \text{zul } M_b}{|\beta - \delta| \cdot d_4} \quad (3a)$$

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Werte für Z_0 und Z_1 können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Die Anwendung dieser Werte führt zu konservativen Ergebnissen. Genauer können die zulässigen Kräfte mit den Z_0- und Z_1-Werten aus Anhang 1 ermittelt werden.

n_s	Z_0	Z_1
2	1,8	1,1
3	1,9	0,7
4	2,1	0,7
6	2,7	0,7
8	3,5	0,7

Die bezogenen Hebelarme β und δ errechnen sich nach den Formeln (4) und (5) mit den Durchmessern nach Bild 1 zu

$$-0{,}2 \le \beta = \frac{d_7 - d_5}{d_4} \le 0{,}2 \tag{4}$$

$$-0{,}2 \le \delta = \frac{d_6 - d_5}{d_4} \le 0{,}2, \tag{5}$$

wobei für außenliegende Ringe

$$d_5 = d_3 + e_4 + 2 \cdot t_0$$

und für innenliegende Ringe

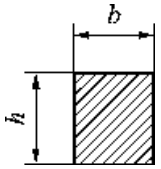
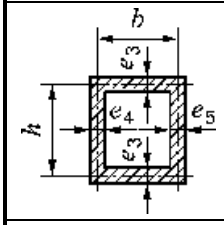
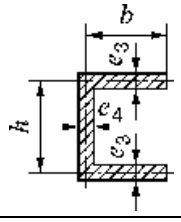
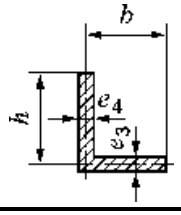
$$d_5 = d_4 - e_4 - 2 \cdot t_0$$

ist. Für geschlossene Querschnitte ist t_0 Tafel 1 zu entnehmen. Für offene Ringquerschnitte ist $t_0 = 0$.

8 Lokaler Tragfähigkeitsnachweis

Für die Tragfähigkeitsnachweise an einzelnen Stellen des Ringes bzw. des Ringquerschnittes sind z. B. die Schweißnähte und eventuell vorhandene Schraubverbindungen nachzuweisen.

Tafel 1 — Zulässige Einheitsschnittgrößen

	m_t	m_b	q_t	t_0
	Für $h \ge b$: $\left(\frac{h \cdot b^2}{4} - \frac{b^3}{12}\right)$ für $h \le b$: $\left(\frac{b \cdot h^2}{4} - \frac{h^3}{12}\right)$	$\frac{b \cdot h^2}{4}$	$\frac{b \cdot h}{2}$	$\frac{b}{2}$
	$b \cdot h \cdot \min\{e_3;e_4;e_5\}$ $e_3 \cdot e_4 \cdot e_5 \ne 0$	$\left[e_3 \cdot b \cdot h + (e_4 + e_5) \cdot \frac{h^2}{4}\right]$	$(e_4 + e_5) \cdot \frac{h}{2}$	$\frac{b \cdot e_5}{e_4 + e_5}$
	$\left(\frac{e_3^2 \cdot b}{2} + \frac{e_4^2 \cdot h}{4}\right)$	$\left(e_3 \cdot b \cdot h + \frac{e_4 \cdot h^2}{4}\right)$	$\frac{e_4 \cdot h}{2}$	0
	$\left(\frac{e_3^2 \cdot b}{4} + \frac{e_4^2 \cdot h}{4}\right)$	$\frac{e_4 \cdot h^2}{4} \cdot \left[\frac{4e_3 \cdot b \cdot (e_3 \cdot b + e_4 \cdot h) + e_4^2 \cdot h^2}{(e_3 \cdot b + e_4 \cdot h)^2}\right]$	$\frac{e_4 \cdot h}{2}$	0

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.1 Schnittgrößenverteilung

Der Schnittgrößenverlauf zwischen den Auflagerpunkten lässt sich für eine endliche Zahl von Stützen mit Hilfe der Formeln (6) bis (8) ermitteln. In Abhängigkeit vom Winkel τ (siehe Bild 1) ergeben sich mit $\tilde{g} = \pi / n_s$ folgende Schnittgrößen

$$M_b = \left[\frac{\tilde{g}}{\sin(\tilde{g})}(1+\beta)\cdot\cos(\tau) - (1+\delta)\cdot\left(1 \pm \frac{\cos(n_s\cdot\tau)}{n_s^2 - 1}\right)\right]\cdot F\cdot\frac{d_4}{4\pi} \quad (6)$$

$$M_t = \left[-\frac{\tilde{g}}{\sin(\tilde{g})}(1+\beta)\cdot\sin(\tau) + \tau \pm (1+n_s^2\cdot\delta)\cdot\frac{\sin(n_s\cdot\tau)}{n_s(n_s^2-1)}\right]\cdot F\cdot\frac{d_4}{4\pi} \quad (7)$$

$$Q = \left(\tau \pm \frac{\sin(n_s\cdot\tau)}{n_s}\right)\cdot F\cdot\frac{1}{2\pi} \quad (8)$$

Die Schnittgrößen nach den Formeln (6) bis (8) sind jeweils für das positive und das negative Vorzeichen in den Klammerausdrücken zu berechnen und mit dem jeweils größeren Wert der weiteren Berechnung zugrunde zu legen.

Für eine gleichmäßige Lagerung sind die Größen nach den Formeln (9) und (10) zu ermitteln.

$$M_b = (\beta - \delta)\cdot F\cdot\frac{d_4}{4\pi} \quad (9)$$

$$M_t = Q = 0 \quad (10)$$

Vereinfacht können die zulässigen Größen nach Formel (2) der Berechnung zugrunde gelegt werden.

8.2 Schweißnähte

8.2.1 Schweißnähte zur Verbindung Behälter — Ring

Mit dem Festigkeitsnachweis nach Abschnitt 7 sind die Verbindungsnähte zwischen Behälter und Ring nachgewiesen, wenn der Ring beidseitig verschweißt ist und das g-Maß jeweils mindestens dem 0,7-Fachen der dünnsten anschließenden Wanddicke (Ringwandung bzw. Behälterwandung) entspricht. Anderenfalls ist ein detaillierter Nachweis erforderlich.

8.2.2 Radiale Schweißnähte im Ring

An Stoßstellen der Ringsegmente sind die erforderlichen Nähte für Schweißnahtfaktoren < 1 wie folgt nachzuweisen:

$$f_T^* \geq \frac{1}{v}\left[\left[\frac{M_b}{W_b}\right]^2 + 3\left[\frac{|M_t|}{W_t} + \frac{|Q|}{A_T}\right]^2\right]^{1/2} \quad (11)$$

mit v = Schweißnahtfaktor.

8.2.3 Umlaufende Nähte im Ring

Für umlaufende Schweißnähte in Ringen mit Kastenprofilquerschnitt (Bild 3) auf Einzelstützen ist für die Nähte 1, 2 und 3 nachzuweisen, dass

$$f_T^* \geq \frac{|M_t|}{g\cdot b\cdot h} \quad (12)$$

ist.

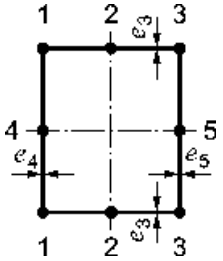


Bild 3 — Schweißnähte

Für die Schweißnähte 4 und 5 muss

$$f_T^* \geq \frac{1}{g_i\cdot v}\cdot\left(\frac{|M_t|}{b\cdot h} + \frac{2\cdot|Q|\cdot e_i}{h\cdot(e_4+e_5)}\right) \quad (13)$$

sein, mit $i = 4, 5$.

Bei offenen Profilen und gleichmäßig aufliegenden Ringen wird als Mindestwert $g \geq 0{,}5\cdot e_{min}$ empfohlen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8.3 Beulnachweise

Zur Erhaltung der Formstabilität und zur Einleitung der Stützenlasten werden Rippen vorgesehen. Diese werden gleichmäßig über den Umfang verteilt. Falls in Ausnahmefällen über den Stützen keine Rippen angeordnet werden können, muss der Lasteinleitungsbereich analog AD 2000-Merkblatt S 3/1 nachgewiesen werden.

8.3.1 Nachweis der Rippen

Die Rippen sind gegen Beulen infolge der Auflagerkraft nachzuweisen. Ist Formel (14) erfüllt, so besteht keine Beulgefahr.

$$Q \le f_R \cdot u \cdot e_6 \cdot \Phi \tag{14}$$

mit

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt{1+\left[\frac{\varepsilon}{C_2}\cdot\left(\frac{u}{10\cdot e_6}\right)^2\right]^2}} \tag{15}$$

und Q aus Formel (8) sowie e_6 und u aus Bild 4. Bei Rippen über den Stützen ist $Q = F/n_s$.

Die Dehnungszahl ε ist gleich

$$\varepsilon = 10^3 \cdot \frac{f_R}{E}. \tag{16}$$

Hierbei ist ε für Raumtemperatur zu ermitteln.

Mit $y = \frac{w}{u}$ (17)

ergibt sich der Faktor C_2

für Kastenprofile

$y \le 1 \quad C_2 = 6 \cdot (y + 1/y)^2$

$y > 1 \quad C_2 = 24$

für offene Profile

$y \le 1{,}64 \quad C_2 = 6 \cdot (0{,}56 + (1/y)^2 + 0{,}13 \cdot y^2)$

$y > 1{,}64 \quad C_2 = 7{,}7$

mit u = Rippenbreite und w = Rippenhöhe (Bild 4). Rippen über den Stützen sind mit $Q = F/n_s$ nachzuweisen.

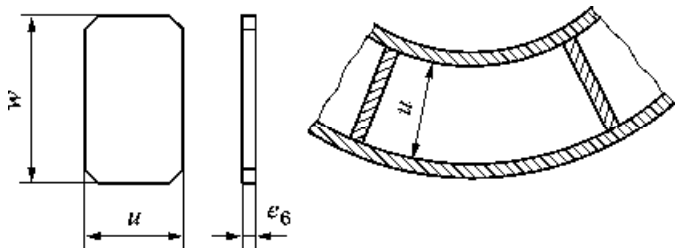


Bild 4 — Rippen

Die im L-förmigen Tragring über den Lagerstellen angeordneten Rippen müssen noch hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit z. B. sinngemäß mit Hilfe von AD 2000-Merkblatt S 3/4 Abschnitt 7.3 nachgewiesen werden.

8.3.2 Nachweis der Gurtbleche

Die Ober- und Untergurtbleche des Ringes sind gegen Beulen aus Biegung nachzuweisen. Wenn Formel (18) erfüllt ist, besteht keine Beulgefahr.

$$\frac{u}{e_3} \le 10 \cdot \sqrt{\frac{D}{\varepsilon}} \tag{18}$$

D = 24,0 für Kastenprofile,

D = 7,7 für offene Profile.

9 Schrifttum

[1] Richtlinienkatalog Festigkeit RKF, Teil 2, BR-A65 (Ringträger und Tragringe), 3. Aufl. 1979. VEB Komplette Chemieanlagen Dresden (jetzt Linde-KCA-Dresden GmbH).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt S 3/5

Erläuterung zum AD 2000-Merkblatt S 3/5

Zu Abschnitt 7:

Beim globalen Tragfähigkeitsnachweis wurden gegenüber [1] folgende Vereinfachungen vorgenommen:

— Ein evtl. vorhandenes Mittragen der Behälterwand wurde bei der Tragringberechnung nicht berücksichtigt. (Mit der Bezeichnung nach [1]: $K_2 = 1$.)

— Die Z_0- und Z_1-Werte sind nicht nur von n_s, sondern auch von β und δ abhängig. In der Tabelle sind nur die im Parameterbereich $-0{,}2 \le \beta \le 0{,}2$ und $-0{,}2 \le \delta \le 0{,}20$ vorkommenden Maximalwerte genannt. Das mit diesen Werten ermittelte Ergebnis ist in der Regel sehr konservativ. Die genauen Z_0- und Z_1-Werte können aus den Bildern A.1 bis A.4, die von [1] übernommen wurden, ermittelt werden.

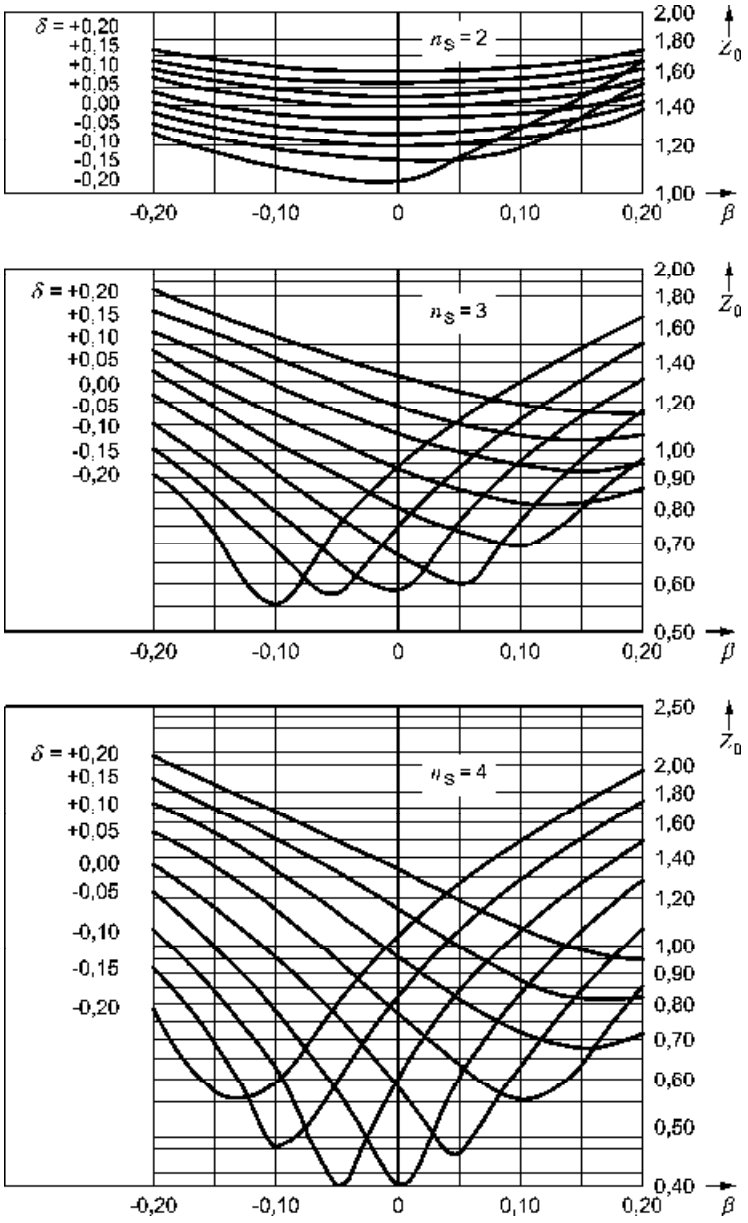


Bild A.1 — Parameter Z_0 für n_s = 2, 3 und 4

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

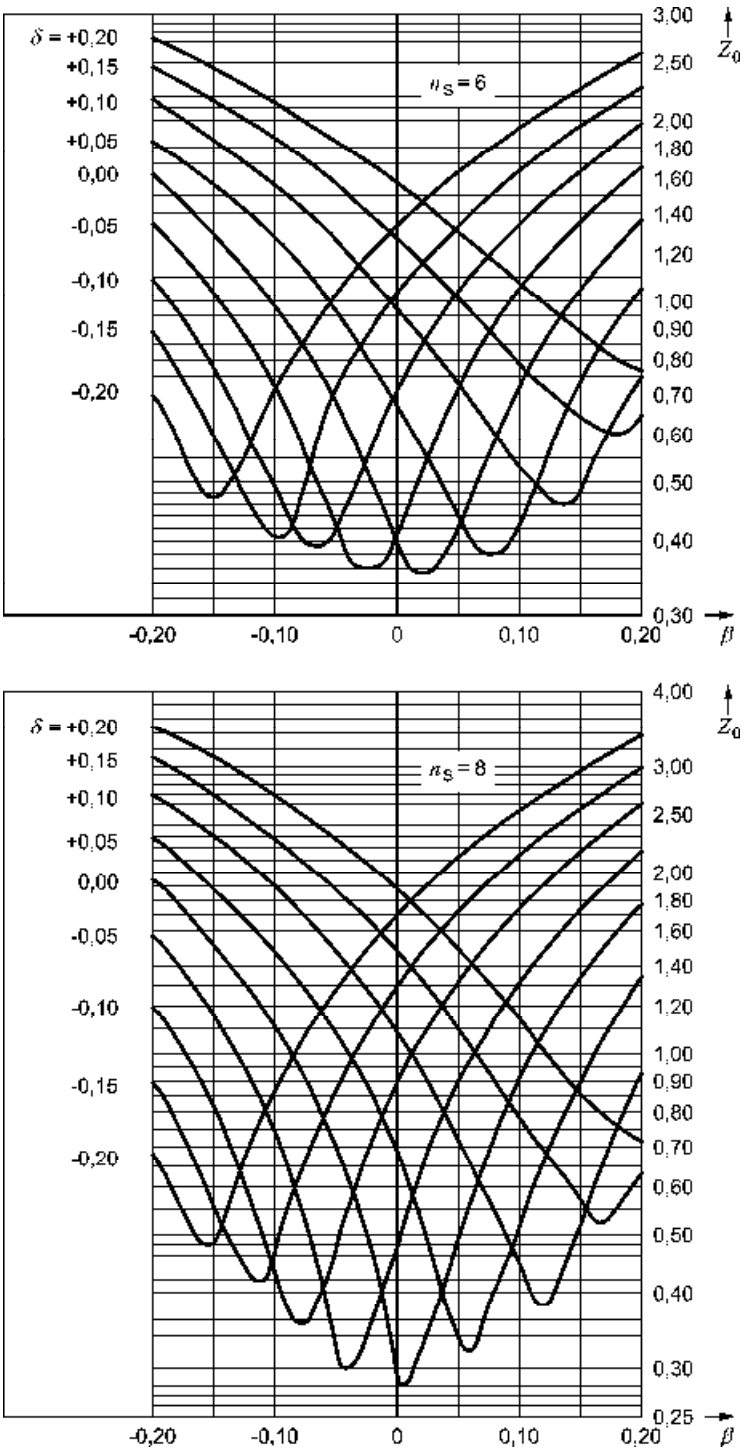


Bild A.2 — Parameter Z_0 für n_s = 6 und 8

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

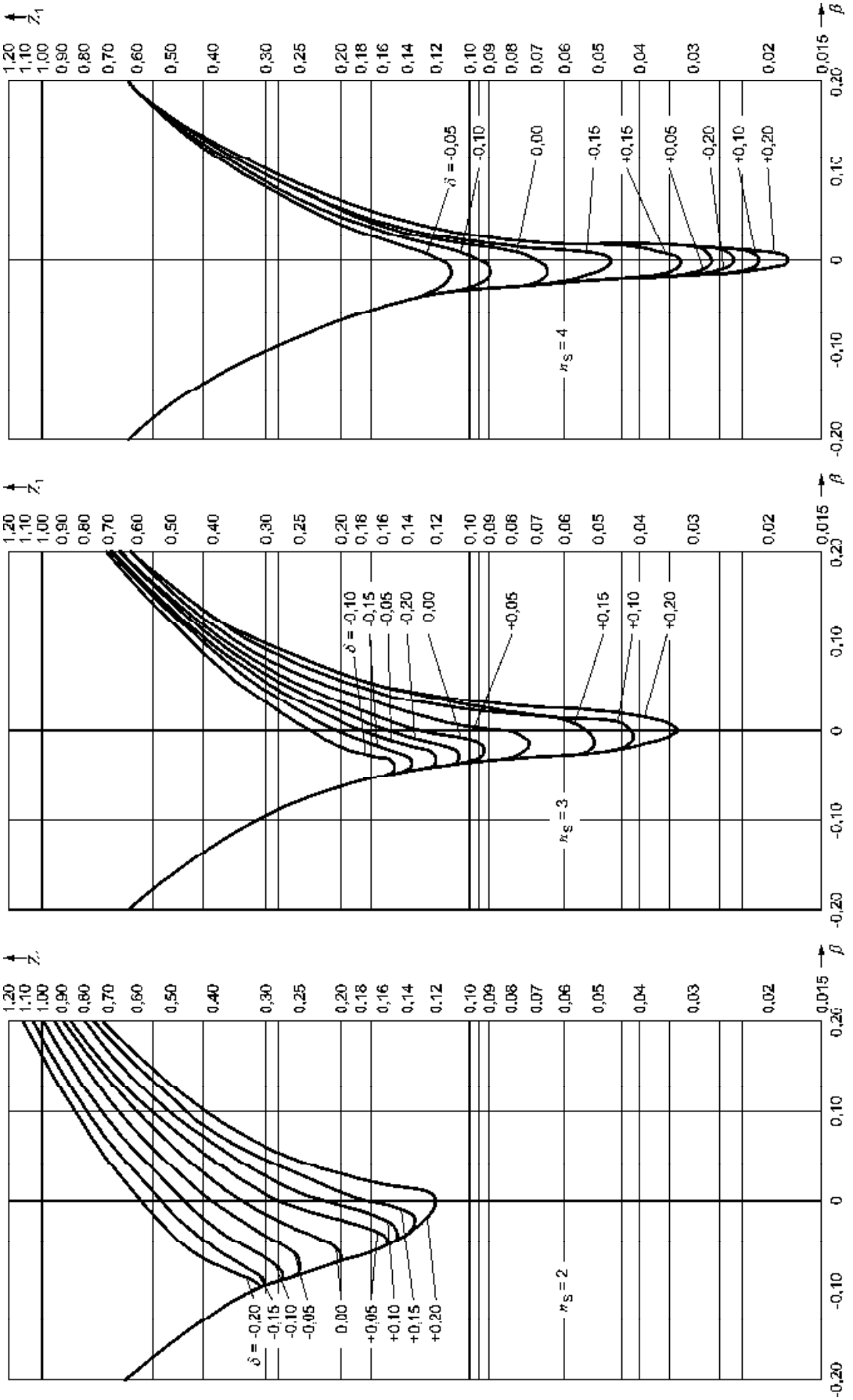


Bild A.3 — Parameter Z_1 für n_S = 2, 3 und 4

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-Kdnr.773809-LfNr.782770100 1-2017-01-26 16:23

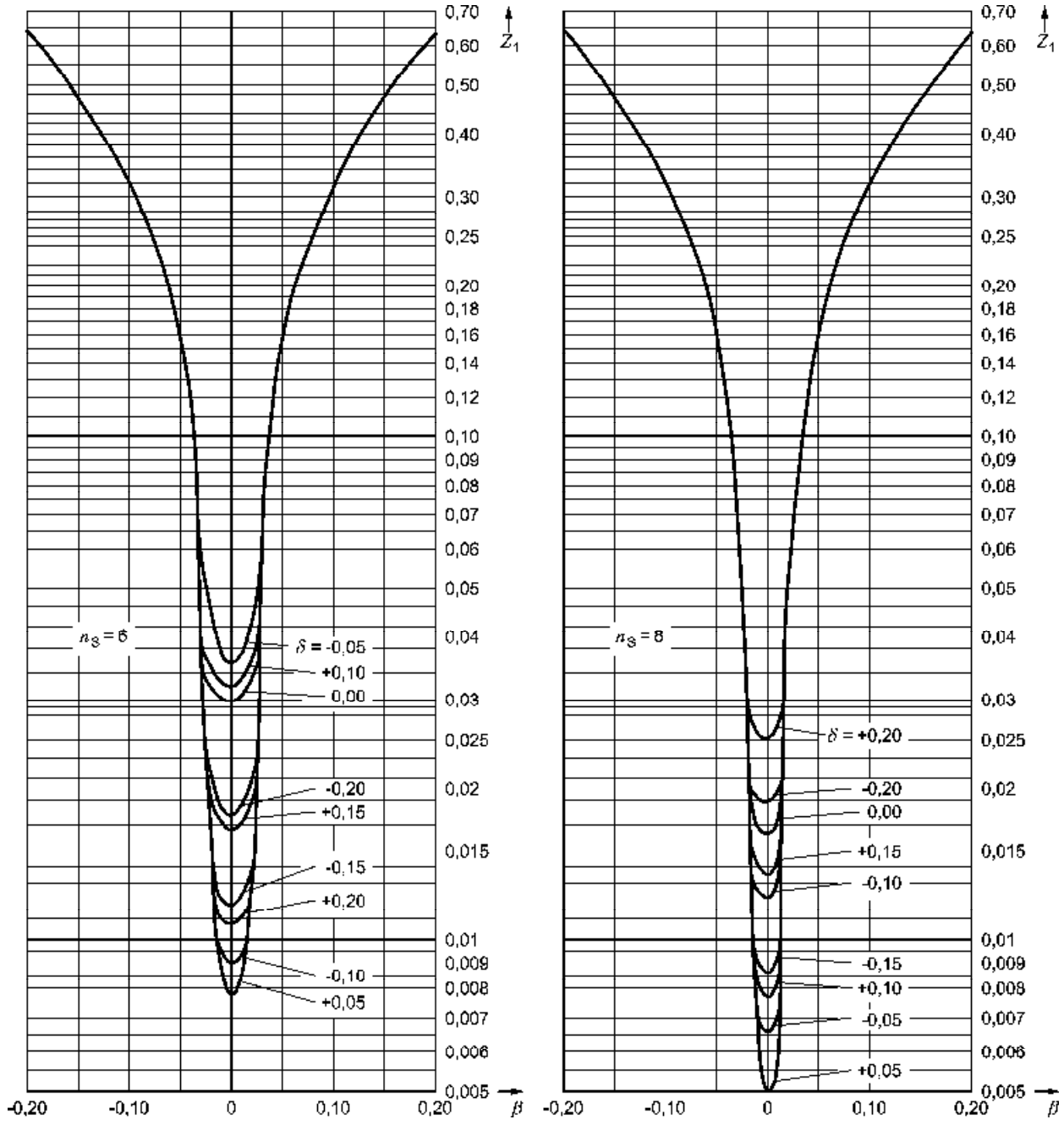


Bild A.4 — Parameter Z_1 für n_s = 6 und 8

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2001**

Sonderfälle	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter **Behälter mit Stutzen unter Zusatzbelastung**	AD 2000-Merkblatt **S 3/6**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Einzelspannungen
5 Festigkeitsbedingung
6 Schrifttum
Anhang 1: Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt S 3/6

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt dient der Berechnung von örtlichen statischen oder quasistatischen Beanspruchungen der Druckbehälterwandung im Bereich der Verbindung von Grundschale und Stutzen infolge Druckbelastung und zusätzlich angreifenden äußeren Kräften und Momenten. Die Stutzenlage wird im Allgemeinen senkrecht zur Grundschale (radial) vorausgesetzt; bei Stutzen im Kalotten- und Krempenbereich von gewölbten Böden kann die Stutzenachse parallel zur Behälterachse angeordnet sein. Haben Stutzen an Behältern Tragfunktion für den Behälter, so sind ggf. weitergehende Betrachtungen erforderlich.

Ein Nachweis ist nicht erforderlich, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig eingehalten werden:

- Das Stutzenrohr muss volltragend mit der Grundschale verbunden sein.
- Die Mindestwanddicke des Stutzenrohres muss bei ferritischen Werkstoffen DIN 28 115, bei austenitischen Werkstoffen DIN 28 025 Teil 1 oder Teil 2 entsprechen.
- Stützweiten und Flexibilitätsverhalten der anschließenden Rohrleitung müssen der Stützweitentabelle bzw. dem Flexibilitätsnomogramm der AD 2000-Merkblätter der Reihe HP 100 R genügen.
- Der Durchmesser des Stutzens d_i darf nicht größer als $0{,}3 \cdot D_i$ sein.
- Die Auslegung gegen Innendruck nach den AD 2000-Merkblättern B 3 bzw. B 9 und B 1 muss mit einem um 10 % erhöhten Innendruck erfolgen, wobei eine evtl. notwendige Verstärkung in der Grundschale und/oder im Stutzen vorgenommen werden muss.

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

– Die Auslegung erfolgt nicht gegen Versagen durch Überschreiten der Zeitstandfestigkeit.

2 Allgemeines

Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur in Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt S 3/0 anzuwenden.

Äußere Lasten an Stutzen sind häufig durch Rohrleitungsreaktionen bedingt. Um zu realistischen Rohrleitungsreaktionen zu gelangen, sollten die wesentlichen Nachgiebigkeiten des Behälters, insbesondere die im Bereich des betroffenen Stutzens, als Federsteifigkeit des Rohrsystems in der Rohrleitungsberechnung berücksichtigt werden.

Die Nachgiebigkeiten von Stutzen können bei Kugeln nach [1], bei Zylindern nach [1] oder [3] abgeschätzt werden.

Ungeachtet der Wahl des Verfahrens zur Berücksichtigung von Zusatzspannungen muss eine Auslegung gegen Beanspruchungen aus Innen- bzw. Außendruck, abhängig von der Lage des jeweiligen Stutzens, nach den AD 2000-Merkblättern B 9 und B 1 bzw. B 3 erfolgen.

Unabhängig von der Wahl der Quelle zur Bestimmung von Einzelspannungen sind die in den jeweiligen Quellen angegebenen Anwendungsgrenzen zu beachten.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

$a\ (e_S/e_A)$	Formelabkürzung	–
$b\ (e_S/e_A)$	Formelabkürzung	–
c_i	(i = 1, 2) Zuschläge zur Wanddicke gem. AD 2000-Merkblatt B 0	in mm
d_i	Innendurchmesser des Stutzenrohres	in mm
e_A	Wanddicke am Ausschnittrand der Grundschale ohne Zuschläge	in mm
e_S	Wanddicke am Stutzen ohne Zuschläge	in mm
$\overline{K}$	fiktive Festigkeitsreserve für Stutzenzusatzlasten	in N/mm²
D_i	Innendurchmesser des Grundrohres	in mm
α	Spannungserhöhungsfaktor	–
ϱ	Ausnutzung der Festigkeit durch Druck	–
ψ	Geometriefaktor	–

4 Einzelspannungen

4.1 Stutzen in Kugeln

Die resultierende maximale Spannungskomponente kann als Vergleichsspannung nach [1], Abschnitt G.2.5, unter Berücksichtigung von Spannungen aus Druck- und Zusatz-Belastungen bestimmt werden.

4.1.1 Spannungen infolge Druckbelastung

Einzelspannungen aus Innen- bzw. Außendruckbelastung können nach Verfahren der Literatur ermittelt werden. Der Anhang enthält konkrete Literaturhinweise.

Abschnitt 5.3 erlaubt eine Formulierung ohne explizite Ermittlung dieser Spannungen.

4.1.2 Spannungen infolge Zusatzlasten

Die Spannungen können, abhängig vom Ort, nach Abschnitt 3 von [2] bestimmt werden. Die Ermittlung der Vergleichsspannungen nach *von Mises* oder nach *Tresca* muss sowohl für die Membran- als auch für die Gesamtspannungen vorzeichengerecht an jedem der acht Orte erfolgen.

4.2 Stutzen in Zylindern

Die resultierende maximale Vergleichsspannung, die sich aus Beanspruchungen aus Innendruck und Zusatzlasten zusammensetzt, kann nach [1], Abschnitt G.2.3, bestimmt werden.

4.2.1 Spannungen infolge Druckbelastung

Einzelspannungen aus Innen- bzw. Außendruckbelastungen können z. B. [4] oder [5] entnommen werden. Sofern dies die Anwendungsgrenzen zulassen, sollte [4] bevorzugt werden. Die in [5] angegebenen Kurven für die Spannungserhöhung durch Druckbelastung können nach [6] durch folgende Gleichungen angenähert werden:

$$\alpha = 2{,}2 + e^{a(e_S/e_A)} \cdot \psi^{b(e_S/e_A)}$$

mit $a\ (e_S/e_A) = -\ 1{,}14 \cdot (e_S/e_A)^2\ -\ 0{,}89\ (e_S/e_A) + 1{,}43$

$$b\ (e_S/e_A) = 0{,}326 \cdot (e_S/e_A)^2\ -\ 0{,}59\ (e_S/e_A) + 1{,}08$$

und $\psi = [(d_i + e_S)/(D_i + e_A)] \cdot [(D_i + e_A)/2 \cdot e_A]^{0{,}5}$

Die mit dem Faktor α erweiterte Spannung aus der globalen Beanspruchung durch Innendruck (Kesselformel) ergibt die Gesamtspannung im Verschneidungsbereich. Sie enthält die globalen und auch alle lokalen Anteile.

4.2.2 Spannungen infolge Zusatzlasten

Die Spannungen können nach Abschnitt 4 von [2] oder nach [3] bestimmt werden, sofern folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$\frac{e_A - c_1 - c_2}{D_a} \geq 0{,}0017$$

$$\frac{e_S}{e_A} \geq 0{,}5$$

Außerhalb dieses Bereiches müssen die Spannungen nach [3] ermittelt werden.

Die Ermittlung der Vergleichsspannungen in Form von Membran- und Gesamtspannungen muss wiederum an jedem der in beiden Quellen betrachteten acht Orte erfolgen und kann wahlweise mit der Vergleichsspannungshypothese nach *Tresca* oder nach *von Mises* erfolgen.

5 Festigkeitsbedingung

Neben den Nachweisen des Rohrquerschnittes aufgrund globaler Beanspruchungen aus Innendruck (Kesselformel) und äußeren Kräften und Momenten (als balkenförmiges Bauteil) bedarf es eines Nachweises der lokalen Beanspruchungen im Bereich der Verbindung von Stutzen und Grundschale.

5.1 Vollständiger Nachweis nach [1]

Erfolgt der vollständige Nachweis nach den Abschnitten 4.1 bzw. 4.2 nach [1], kann auch die Spannungsbewertung nach den entsprechenden Abschnitten G.2.6 bzw. G.2.3.5 von [1] mit *f* nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 erfolgen.

5.2 Überlagerung aller Einzelspannungen

Die unterschiedlichen Spannungskomponenten aus Druck- und Zusatzlasten sind getrennt nach Membran- und Ge-

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

samtspannungen örtlich zu überlagern. Die Bewertung dieser Spannungen kann nach AD 2000-Merkblatt S 4 erfolgen. Der Sicherheitsbeiwert ist lastfallabhängig entsprechend Abschnitt 4.3.4 von AD 2000-Merkblatt S 3/0 einzusetzen.

5.3 Interaktionsbeziehung zwischen Beanspruchungen aus Druck- und Zusatzlasten

Vereinfachend und in sicherer Abschätzung kann im Falle vorwiegend ruhender Belastungen auf die Ermittlung von Spannungen aus der Druckbelastung nach den Abschnitten 4.1.1 und 4.2.1 verzichtet werden. Auf der Basis von Nachweisen für Beanspruchungen aus Innen- oder Außendruck nach den AD 2000-Merkblättern B 9 und B 1 wird durch Bezug von vorhandenem Druck p bzw. p' auf den zulässigen Druck p_{zul} ein Ausnutzungsgrad

$$\varrho = \frac{p}{p_{zul}}$$

festgestellt. Die daraus ableitbare fiktive Festigkeitsreserve

$$\overline{K} = K \cdot (1 - \varrho)$$

kann zur Übernahme der Beanspruchungen aus Zusatzbelastungen nach Abschnitt 4.1.2 bzw. 4.2.2 genutzt werden. Dabei ist vorausgesetzt, dass die Steifigkeitsgrenzen nach [1] eingehalten sind und die Ausschnittverstärkung nicht ausschließlich im Stutzen erfolgt. Die Bewertung der Spannungen kann auch hier wie in Abschnitt 5.2 unter Verwendung von K als Festigkeitskennwert durchgeführt werden.

6 Schrifttum

[1] British Standard 5500: Unfired Fusion Welded Pressure Vessels.
British Standards Institution

[2] *Wichman, K. R., A.G. Hopper* and *J. L. Mershon:* Local stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings.
WRC Bulletin 107, Rev. 3.79

[3] *Mershon, J.L., K. Mokhtarian, G.V. Ranjan* and *E.C. Rodabaugh:* Local Stresses in Cylindrical Shells due to External Loadings on Nozzles.
WRC Bulletin 297, Rev. I, 9.87 (Supplement to WRC Bulletin 107)

[4] Sicherheitstechnische Regel des Kerntechnischen Ausschusses: KTA 3211.2.
Carl Heymanns Verlag KG, Köln, Berlin, 1993

[5] *Bickell, M.B.,* and *C. Ruiz:* Pressure Vessel Design and Analysis.
Macmillan and Co., London 1967

[6] *Becker, M.:* Berücksichtigung von Kräften und Momenten auf Behälterstutzen nach WRC 107 und WRC 297 und die Überlagerung mit Innendruck.
RWTÜV e.V., Essen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt S 3/6

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt S 3/6

Zu Abschnitt 1

Die angegebenen Ausschlusskriterien spiegeln die bisherige positive Betriebserfahrung mit dem Bauteil Stutzen an Behältern wider, wenn Stutzen und Rohrleitung dem Stand der Technik entsprechend konstruiert und gebaut sind. Sie sollen zukünftig ein praktikables Verfahren bei Auslegung und Vorprüfung ermöglichen.

In extremen Fällen, beispielsweise wenn Stutzen bei Einbau von Kompensatoren besondere Schnittkräfte zu übernehmen haben, ist ein Nachweis der Stutzen und evtl. des gesamten Behälters einschließlich seiner Tragelemente angebracht, obwohl evtl. keines der Ausschlusskriterien verletzt ist.

Zu Abschnitt 4

Abschnitt 4 gibt nur Hinweise auf Quellen zu Behandlung von Stutzen in Kalotten und Zylindern. Für die Ermittlung von Spannungskomponenten an Stutzen in Krempen von gewölbten Böden sind keine Quellen bekannt. Wenn dort ein Nachweis erforderlich ist, weil z. B. die Ausschlusskriterien nach Abschnitt 1 verletzt sind, muss dieser mit numerischen Methoden geführt werden.

Zu Abschnitt 4.1.1

Spannungen aus Innendruck-Belastung an Stutzen in Kugelschalen können z. B. [A 1] entnommen werden.

Zu Abschnitt 4.1.2

Greifen an einem Stutzen verschiedene Momente an, können diese vereinfachend zu jeweils einem resultierenden Biege- und einem Torsionsmoment, bezogen auf den Schnitt des Stutzenrohres, vektoriell zusammengefasst werden.

Zu Abschnitt 4.2.1

Wegen der fehlenden Separierbarkeit der Spannungsanteile in [5] schlägt [6] vor, für die Membranvergleichsspannungen auf Erhöhungsanteile zu verzichten, also nur die globalen Membranspannungen aus Innendruck anzusetzen. Die lokalen Membranspannungsanteile werden dann in der Gesamtspannung erfasst und nur beim Nachweis der Membran- und Biegespannungen bewertet. Diese Vorgehensweise wird mit den konservativen Gesamtspannungswerten, die sogar als sekundär einstufbare Anteile enthalten, begründet.

Zu Abschnitt 4.2.2

Erfahrungsgemäß muss beim Übergang von [2] auf [3] mit einer Erhöhung der angezeigten Spannungen gerechnet werden. [A 2] bietet ein vollständiges Verfahren zur Bestimmung von Spannungen aus Druckbelastung und Zusatzlasten für den Fall, dass Grundschale und Stutzenrohr gleiche Wanddicke haben.

Zu Abschnitt 5.3

Die Abschätzung nach Abschnitt 5.3 ist sicher, weil die Formulierung so interpretiert werden kann, dass alle Spannungskomponenten aus Zusatzlasten an jedem betrachteten Ort dem einen, kritischsten Spannungszustand infolge Druckbelastung überlagert wird, ungeachtet wo dieser auftritt und wie der Spannungstensor ausgebildet ist.

Schrifttum

[A 1] *Varga, L.:* Bestimmung der in der Umgebung der Ausschnitte von innendruckbeanspruchten Druckbehältern auftretenden Spannungen.
Forschung im Ingenieurwesen, **29** (1963), S. 115–122

[A 2] *Decock, J.:* Stresses in Cylindrical Shells with Nozzles Submitted to External Loading and Internal Pressure.
Bericht MT 156, **8** (1983), Univ. Gent

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Sonderfälle	Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter **Berücksichtigung von Wärmespannungen bei Wärmeaustauschern mit festen Rohrplatten**	**AD 2000-Merkblatt** **S 3/7**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin
Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main
Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf
VGB PowerTech e.V., Essen
Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Berechnung der Wärmespannungen

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die hier angegebene Spannungsermittlung aus Wärmespannungen gilt für Wärmeaustauscher mit festen Rohrplatten nach AD 2000-Merkblatt B 5 Bild 9.

Wärmeaustauscher mit festen Rohrplatten (ohne Kompensator) können durch unterschiedliche Wärmedehnungen zwischen Mantel und Rohren zusätzlich beansprucht werden. Wesentliche Wärmespannungen sind insbesondere bei Überschreitung einer Wärmedehnungsdifferenz zwischen Mantel und Rohren während des Betriebs von

$$|\alpha_M \cdot \vartheta_M - \alpha_R \cdot \vartheta_R| \geq 5 \cdot 10^{-4}$$

zu erwarten.

Mit α als thermischen Längenausdehnungskoeffizient in 1/K und den Indizes M für Mantel und R für Randrohre (der beiden äußeren Rohrreihen) kann für einfache Wärmeaustauscher mit Durchmessern bis 1200 mm und zulässigen Betriebsüberdrücken bis 10 bar die Berechnung nach Abschnitt 2 durchgeführt werden.

2 Berechnung der Wärmespannungen

Bei Annahme steifer Rohrböden können die Wärmespannungen wie folgt berechnet werden:

2.1 Wärmespannung im Mantel

$$\sigma_M = \frac{\alpha_R \cdot \vartheta_R - \alpha_M \cdot \vartheta_M}{\frac{1}{E_M} + \frac{A_M}{A_R \cdot E_R}} \quad (1)$$

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.2 Wärmespannung in den Randrohren

$$\sigma_R = \frac{\alpha_M \cdot \vartheta_M - \alpha_R \cdot \vartheta_R}{\frac{1}{E_R} + \frac{A_R}{A_M \cdot E_M}} \quad (2)$$

Diese Wärmespannungen sind bei Vernachlässigung der Bodendurchbiegung den nach AD 2000-Merkblatt B 5 ermittelten Größen zu überlagern. Treten dabei Druckspannungen in den Randrohren auf, so sind zusätzlich die Knicklasten für die Randrohre unter Einschluss dieser Spannungen zu überprüfen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

ICS 23.020.30 **Ausgabe Oktober 2000**

Sonderfälle	**Bewertung von Spannungen bei rechnerischen und experimentellen Spannungsanalysen**	**AD 2000-Merkblatt S 4**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Bezeichnungen und Begriffsbestimmungen
3 Allgemeine Festlegungen
4 Spannungsanalyse, Spannungskategorien
5 Spannungsüberlagerung und Spannungsbeurteilung
6 Begrenzung der Vergleichsspannungen und der Vergleichsspannungsschwingbreiten
7 Schrifttum

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt enthält Kriterien zur Bewertung von Spannungen. Es kann in den Fällen angewendet werden, in denen der Beanspruchungszustand des Bauteils auf der Grundlage eines linear-elastischen Spannungs-Dehnungszusammenhanges berechnet worden ist. Es gilt auch für die Bewertung gemessener Beanspruchungszustände, sofern dabei – abgesehen von örtlich beschränkten Teilplastifizierungen im Querschnitt – ein linear-elastisches Werkstoffgesetz insbesondere nach wiederholter Belastung erkennbar ist. Diese Kriterien sind anzuwenden, wenn das AD 2000-Regelwerk keine zutreffenden Regelungen enthält, siehe z. B. AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 2.2. Hiermit sind andere Nachweismöglichkeiten nicht ausgeschlossen.

Bei auf der Grundlage von elastoplastischen Analysen ermittelten Spannungen können diese Kriterien nicht ohne weiteres zu deren Bewertung herangezogen werden.

1.2 Die in diesem AD 2000-Merkblatt angegebenen Kriterien der Spannungsbewertung gelten für Bauteile von Behälter-, Kessel-, Tank- und Rohrleitungsanlagen, soweit sich diese als ebene oder gekrümmte Flächentragwerke (bestehend aus isotropen Scheiben, Platten oder Schalen) oder als räumliche Stabwerke (bestehend aus Rohren oder aus Stäben mit rechteckigen oder runden Vollquerschnitten) darstellen lassen.

1.3 Die Spannungen können z. B. durch Über- bzw. Unterdrücke, äußere Kräfte und Momente, Massenkräfte sowie behinderte Wärmedehnung hervorgerufen werden.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

1.4 Die hier getroffenen Festlegungen gelten für die im Druckbehälterbau zugelassenen Stähle. Bei der Übertragung auf andere metallische Werkstoffe, z. B. Nichteisenmetalle, sind die spezifischen Eigenschaften zu berücksichtigen.

1.5 Die auftretenden Bauteiltemperaturen (Wandungstemperaturen) liegen im Bereich zeitunabhängiger Festigkeitskennwerte.

1.6 Die Anforderungen des AD 2000-Regelwerkes hinsichtlich verwendeter Werkstoffe, Herstellung, Verarbeitung sowie erstmaliger und wiederkehrender Prüfungen müssen eingehalten werden.

1.7 Versagensarten

1.7.1 Bei Einhaltung der in diesem AD 2000-Merkblatt enthaltenen Kriterien zur Spannungsbegrenzung werden folgende Versagensarten vermieden:

- Zähes Bruchversagen und unzulässige Werkstoffverformung durch mechanische Überlastung,
- schrittweiser Dehnungszuwachs durch zyklische Belastung,
- Ermüdungsbruch durch Überschreiten der Zeit- oder Dauerfestigkeit (in Verbindung mit AD 2000-Merkblatt S 1 oder S 2).

1.7.2 Die Einhaltung der Spannungsbewertungskriterien nach Abschnitt 4 beinhaltet keine Absicherung gegen die nachfolgend genannten Versagensarten; diese müssen zusätzlich überprüft werden:

- Instabilität,
- Sprödbruch,
- Zeitstandbruch,
- Hochtemperaturermüdung,
- Spannungsrisskorrosion,
- Schwingungsrisskorrosion.

2 Bezeichnungen und Begriffsbestimmungen

e	Berechnungswanddicke an der betrachteten Stelle (vgl. AD 2000-Merkblatt S 3/0)	in mm
f	zulässige Berechnungsspannung (vgl. AD 2000-Merkblatt S 3/0)	in N/mm²
F	Spannungsspitze	in N/mm²
P	primäre Spannung	in N/mm²
P_e	Zwängungsspannungen, z. B. durch behinderte Wärmedehnung hervorgerufene Membran- und/oder Biegespannungen	in N/mm²
P_b	primäre Biegespannung	in N/mm²
P_l	primäre lokale Membranspannung	in N/mm²
P_m	primäre globale Membranspannung	in N/mm²
Q	sekundäre Spannung	in N/mm²
R	kleinster Krümmungsradius der Schale an der betrachteten Stelle	in mm
$R_{p0,2\,\vartheta}$, $R_{p1,0\,\vartheta}$	0,2 bzw. 1,0%-Dehngrenze (Mindestwerte)	in N/mm²
$\sigma_{1,2,3}$	Hauptspannungen	in N/mm²
$\sigma_{x,y,z}$	Normalspannungen	in N/mm²
σ_{max}	größte Hauptspannung	in N/mm²
σ_{min}	kleinste Hauptspannung	in N/mm²
$\sigma_{v,\,Tresca}$	Vergleichsspannung nach *Tresca*	in N/mm²
$\sigma_{v,\,v.Mises}$	Vergleichsspannung nach *v. Mises*	in N/mm²
$\tau_{xy,\,yz,\,zx}$	Schubspannungskomponenten	in N/mm²

3 Allgemeine Festlegungen

3.1 Zielsetzung

3.1.1 Mit der Analyse der Spannungen muss durch den Vergleich mit den zulässigen Spannungen nachgewiesen werden, dass die untersuchten Bauteile allen auftretenden Belastungen bei den verschiedenen Belastungsfällen (Betriebs-, Prüf-, Montage- und Sonderfälle gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0) standhalten.

3.1.2 Im Rahmen der durchzuführenden Analyse sind die Spannungen und erforderlichenfalls die Kraftgrößen und die Verformungen der zu untersuchenden Bauteile infolge von Belastungen unter Einhaltung der Randbedingungen und unter Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung ihrer Nachbarbauteile zu ermitteln. Diese Ermittlung darf rechnerisch oder experimentell oder in Kombination rechnerisch und experimentell erfolgen.

3.1.3 Die nach Abschnitt 3.1.2 ermittelten Spannungen sind hinsichtlich ihrer Zulässigkeit gemäß den Abschnitten 4, 5 und 6 zu überprüfen. Dabei ist zu beachten, dass die Genauigkeit der ermittelten Größen von der Güte der geometrischen Idealisierung des Bauteils, von der Genauigkeit der Annahme der Belastungen, Randbedingungen und Werkstoffeigenschaften sowie von den Eigenschaften des gewählten Berechnungsverfahrens und der Art seiner Durchführung abhängt.

3.2 Schweißnähte

Die zulässige Spannung in Schweißnähten ist entsprechend der Schweißnahtwertigkeit gemäß AD 2000-Merkblatt B 0 zu bestimmen.

3.3 Plattierungen

3.3.1 Bei der Bestimmung der erforderlichen Wanddicken und Querschnitte sind vorhandene Plattierungen in der Regel als nicht tragend anzusehen. Auftragsschweißungen auf das Grundmaterial mit gleichwertigen Werkstoffen gelten nicht als Plattierung.

3.3.2 Wenn die Plattierungsdicke mehr als 10 % der Wanddicke beträgt, ist die Plattierung bei einer Analyse der Kräfte und Spannungen zu berücksichtigen.

3.4 Belastungen

Als Belastungen sind alle Einwirkungen auf das Bauteil anzunehmen, die Beanspruchungen in diesem hervorrufen. Die Belastungen sind zu Lastfällen nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 zusammenzufassen. Anzusetzende Belastungen sind anzugeben.

3.5 Spannungen

3.5.1 Die Spannungen bestehen aus Normal- und Schubspannungen oder aus einer Kombination von Normal- und Schubspannungen. Ihre Bewertung erfolgt als Vergleichsspannungen.

Im Falle einer linearelastischen Spannungsanalyse besteht ein linearer Zusammenhang zwischen den Spannungen und Verformungen. Dieser proportionale Zusammenhang ist auch oberhalb der Streckgrenze oder Dehngrenze des Werkstoffs zugrunde zu legen (fiktive Spannungen). Im Falle elastisch-plastischer Analysen ist vom tatsächlichen Spannungs-Dehnungs-Zusammenhang auszugehen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.5.2 Die Spannungen treten entweder als (vorwiegend) ruhende Beanspruchungen, als Wechselbeanspruchungen oder dynamische Beanspruchungen auf. Schwellende Beanspruchung ist als Sonderfall der Wechselbeanspruchung anzusehen.

3.5.3 Die Begrenzung der Spannungen bei ruhender Beanspruchung erfolgt nach Abschnitt 6 auf der Grundlage der Spannungsanalyse und -kategorisierung sowie der Vergleichsspannungsbildung nach den Abschnitten 4 und 5, die Begrenzung wechselnder Beanspruchungen nach dem AD 2000-Merkblatt S 2.

4 Spannungsanalyse, Spannungskategorien

Durch eine Spannungsanalyse mit Spannungskategorisierung und Spannungsbegrenzung ist nachzuweisen, dass keine unzulässigen (insbesondere nur begrenzte plastische) Verformungen auftreten.

4.1 Spannungskategorien

4.1.1 Die Spannungen sind abhängig von ihrer erzeugenden Ursache und ihrer Auswirkungen auf das Festigkeitsverhalten des Bauteils in primäre Spannungen, sekundäre Spannungen und Spannungsspitzen einzuteilen [4] und gemäß ihrer Zuordnung in unterschiedlicher Weise zu begrenzen.

4.1.2 Erscheint in Grenzfällen die Zuordnung zu einer der genannten Spannungskategorien nicht eindeutig, ist die Auswirkung einer plastischen Verformung auf das Festigkeitsverhalten im Falle einer angenommenen Überschreitung der vorgesehenen Belastung als maßgebend anzusehen.

4.2 Primäre Spannungen *P*

4.2.1 Primäre Spannungen *P* sind solche Spannungen, die das Gleichgewicht mit äußeren Kraftgrößen (Lastgrößen) herstellen.

4.2.2 Hinsichtlich des Festigkeitsverhaltens ist ihr wesentliches Merkmal, dass bei einer (unzulässigen großen) Steigerung der äußeren Lasten die Verformungen nach vollständiger Plastifizierung des Querschnitts wesentlich zunehmen, ohne sich hierbei selbst zu begrenzen.

4.2.3 Die primären Spannungen sind gesondert nach ihrer Verteilung über dem für das Tragverhalten zugrunde zu legenden Querschnitt als Membranspannung P_m, P_l und als Biegespannung P_b zu unterscheiden. Hierbei sind die Membranspannungen definiert als Mittelwert der jeweiligen Spannungskomponente über dem für das Tragverhalten zugrunde zu legenden Querschnitt, bei Flächentragwerken jeweils als Mittelwert der Spannungskomponente über der Wanddicke. Die Biegespannungen im Sinne dieses Merkblattes sind definiert als die über dem betrachteten Querschnitt proportional zum Abstand von der neutralen Achse linear veränderlichen Spannungen, bei Flächentragwerken als der linear veränderliche Anteil der über der Wanddicke verteilten Spannungen.

4.2.4 Hinsichtlich der Verteilung der Membranspannung entlang der Wand sind primäre globale Membranspannungen P_m und primäre lokale Membranspannungen P_l zu unterscheiden. Rotationssymmetrische primäre Membranspannungen im Bereich von Störstellen, die von der globalen Membranspannung abweichen, werden als lokal eingestuft, wenn sie außerhalb eines die Störstelle enthaltenden Bereiches von der Länge $1{,}0 \cdot \sqrt{R \cdot e}$ in meridionaler Richtung das 1,1fache der zulässigen globalen Membranspannung nicht überschreiten. Zwei benachbarte Bereiche mit lokalen primären Membranspannungen müssen mindestens $2{,}5 \cdot \sqrt{R \cdot e}$ in meridionaler Richtung voneinander entfernt sein. Dabei ist R der kleinere Hauptkrümmungsradius und e die Wanddicke gemäß Abschnitt 2. Einzelne begrenzte Bereiche mit lokalen primären Membranspannungen, hervorgerufen durch konzentrierte Belastungen (z. B. Pratzen, Stutzen), sind so anzuordnen, dass es zu keinen Überlappungen von Bereichen kommt, in denen das 1,1fache der zulässigen globalen Membranspannung überschritten wird.

4.2.5 Während primäre globale Membranspannungen so verteilt sind, dass als Folge einer Plastifizierung keine wesentliche Spannungsumlagerung zu benachbarten Bereichen hin stattfinden würde, führt im Falle der primären lokalen Membranspannungen eine Plastifizierung zur Spannungsumlagerung.

4.3 Sekundäre Spannungen *Q*

4.3.1 Sekundäre Spannungen *Q* sind solche Spannungen, die durch Zwängung infolge geometrischer Unstetigkeiten und bei Verwendung von Werkstoffen mit unterschiedlichen Elastizitätsmoduln unter äußeren Belastungen entstehen oder die sich durch Zwängungen infolge unterschiedlicher Wärmedehnung ergeben. Nur Spannungen aus dem linearisierten Verlauf der Spannungsverteilung werden zu den sekundären Spannungen gezählt.

4.3.2 Hinsichtlich des Festigkeitsverhaltens ist ihr wesentliches Merkmal, dass sie im Falle des Überschreitens der Fließgrenze beim Ausgleich der Verformungsdifferenzen plastische Verformungen bewirken, die sich selbst begrenzen.

4.3.3 Spannungen in Rohrleitungen, die aufgrund von Dehnungsbehinderungen im System oder allgemein infolge der Erfüllung kinematischer Randbedingungen entstehen, werden mit P_e bezeichnet. Unter ungünstigen Bedingungen können sich in relativ langen Rohrleitungen Stellen mit großen Verformungen ergeben. Die sie verursachenden Zwängungen wirken dann wie äußere Lasten. Zusätzlich kann es für diese Stellen notwendig sein nachzuweisen, dass keine unzulässige Werkstoffverformung auftritt.

4.4 Spannungsspitzen *F*

4.4.1 Spannungsspitzen *F* sind solche Spannungen, die der Summe der betreffenden primären und sekundären Spannungen überlagert sind. Sie haben keine merklichen Verformungen zur Folge und sind in Verbindung mit primären und sekundären Spannungen nur für Ermüdung und Sprödbruchgefährdung von Bedeutung.

4.4.2 Zu den Spannungsspitzen zählen auch die Abweichungen von Nennspannungen an Lochrändern infolge Druck und Temperatur, wobei die Nennspannungen aus Gleichgewichtsbetrachtungen abzuleiten sind.

5 Spannungsüberlagerung und Spannungsbeurteilung

Für jeden Lastfall sind, wie im Folgenden dargelegt, die gleichzeitig wirkenden gleichgerichteten Spannungen für jede Spannungskategorie gesondert oder für verschiedene Spannungskategorien (z. B. primäre und sekundäre Spannungen) gemeinsam zu addieren.

Beispiele für die Zuordnung von Spannungskategorien geben die Tafeln 1 bis 3.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Aus diesen Spannungen ist für die primären Spannungen die Vergleichsspannung zu bilden. Für die Summe aus primären und sekundären Spannungen sowie für die Summe aus primären Spannungen, sekundären Spannungen und Spannungsspitzen ist jeweils die Vergleichsspannungsschwingbreite zu bilden (für weitergehende Angaben vergleiche [6]).

5.1 Vergleichsspannungen

5.1.1 Nach Festlegung eines kartesischen Koordinatensystems sind die Summen aller gleichzeitig wirkenden Normal- und Schubspannungen der jeweiligen Achsenrichtung für

a) die primären globalen Membranspannungen oder

b) die primären lokalen Membranspannungen und

c) die Summe aus primären Biegespannungen und entweder den primären globalen oder den lokalen Membranspannungen

gesondert zu bilden.

Hieraus ist die Vergleichsspannung nach *v. Mises* unmittelbar zu berechnen

$$\sigma_{v,\,v.Mises} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \left(\sigma_x\,\sigma_y + \sigma_y\,\sigma_z + \sigma_z\,\sigma_x\right) + 3\left(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2\right)} \qquad (1)$$

5.1.2 Zur Bildung der Vergleichsspannung nach *Tresca* sind für jeden der drei Fälle nach Abschnitt 5.1.1 a) bis c) unter Berücksichtigung der jeweiligen primären Schubspannungen die Hauptspannungen zu ermitteln, es sei denn, die primären Schubspannungen verschwinden oder sind vernachlässigbar klein, so dass die vorhandenen Normalspannungen bereits die Hauptspannungen darstellen. Die Vergleichsspannung ist dann jeweils gleich der Differenz aus der größten und der kleinsten Hauptspannung.

$$\sigma_{v,\,Tresca} = \sigma_{max} - \sigma_{min}$$

Für die drei Fälle nach Abschnitt 5.1.1 a), b) und c) erhält man so die Vergleichsspannung aus P_m, P_l und $P_m + P_b$ oder $P_l + P_b$.

5.2 Vergleichsspannungsschwingbreiten

5.2.1 Zur Vermeidung des Versagens infolge

a) eines unbegrenzt fortschreitenden Dehnungszuwachses infolge zyklischer Belastung,

b) Ermüdung (vgl. AD 2000-Merkblatt S 2)

sind die zugehörigen Vergleichsspannungsschwingbreiten aus unterschiedlichen Spannungskategorien zu ermitteln und unterschiedlich zu begrenzen.

5.2.2 Im Falle nach Abschnitt 5.2.1 a) sind die benötigten Spannungstensoren aus den gleichzeitig wirkenden Spannungen der primären und sekundären Spannungskategorien zu bilden, im Fall b) aus den gleichzeitig wirkenden Spannungen aller Spannungskategorien.

5.2.3 Aus der Menge der zu betrachtenden Beanspruchungszustände sind unter Verwendung eines festen Koordinatensystems zwei Beanspruchungszustände so auszuwählen, dass die aus der Differenz der zugehörigen Spannungstensoren nach der verwendeten Festigkeitshypothese gebildete Vergleichsspannung ein Maximum wird. Dieses Maximum stellt die Vergleichsspannungsschwingbreite dar.

5.2.4 Haben die zu betrachtenden Beanspruchungszustände gleichbleibende Hauptspannungsrichtungen, so genügt es bei der Anwendung der Festigkeitshypothese nach *Tresca,* das Maximum der Differenzen je zweier Hauptspannungsdifferenzen gleicher Paare von Hauptspannungsrichtungen zu bilden. Dieses Maximum stellt dann die Vergleichsspannungsschwingbreite (nach *Tresca*) dar.

6 Begrenzung der Vergleichsspannungen und der Vergleichsspannungsschwingbreiten

6.1 Allgemeines

6.1.1 Für jeden Lastfall (Betriebs-, Prüf-, Montage-, Sonderfälle) nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 sind die Vergleichsspannungen und die Vergleichsspannungsschwingbreiten in Abhängigkeit von den mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes zu begrenzen. Die hier verwendeten Begrenzungen gelten für volle Rechteckquerschnitte, wie sie zum Beispiel der betrachteten Spannungsverteilung in Schalen zugrunde gelegt werden. Bei anderen Querschnitten sind die Stützziffern in Abhängigkeit von dem jeweiligen Tragverhalten festzulegen.

6.1.2 Im Falle der Vergleichsspannungen aus primären Spannungen und der Vergleichsspannungsschwingbreiten aus primären und sekundären Spannungen hat die Begrenzung unter Zugrundelegung des Spannungsvergleichswertes f (zulässige statische Berechnungsspannung) gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 zu erfolgen.

6.1.3 Bei der Bildung der zulässigen statischen Berechnungsspannung f nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 darf bei den verschiedenen Lastfällen (Betriebs-, Prüf-, Montage- und Sonderfälle) die örtlich und zeitlich jeweils vorhandene Temperatur verwendet werden.

6.1.4 Die Vergleichsspannungsschwingbreiten aus primären Spannungen, sekundären Spannungen und Spannungsspitzen sind im Rahmen einer Ermüdungsanalyse nach AD 2000-Merkblatt S 2 zu begrenzen.

6.2 Begrenzung der primären Vergleichsspannungen

Die primären Vergleichsspannungen sind für alle Lastfälle gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 zu begrenzen mit

$P_m \le f$

$P_l \le 1{,}5f$

$(P_m + P_b)$ oder $(P_l + P_b) \le 1{,}5f$

$P_e \le 1{,}5f$

Die Einordnung für P_e ist abhängig von der Anordnung der betrachteten Stelle im Bauteil zu entscheiden, siehe hierzu Abschnitt 4.3.3.

6.3 Begrenzung der primären und sekundären Vergleichsspannungsschwingbreiten

Die primären und sekundären Vergleichsspannungsschwingbreiten sind für alle Betriebsfälle gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 zu begrenzen mit

$(P_m + P_b + Q)$ bzw. $(P_l + P_b + Q) \le 3f$

$P_e \le 3f$

Bei Stahlguss darf die Vergleichsspannungsschwingbreite anstelle von 3 f mit 4 f begrenzt werden.

Die Zulässigkeit der Einordnung von P_e als Sekundärspannung ist abhängig von der Anordnung der betrachteten Stelle im Bauteil zu entscheiden, vgl. Abschnitt 4.3.3.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.4 Abweichende Begrenzung der Vergleichsspannungen und der Vergleichsspannungsschwingbreiten

Mit Ausnahme der allgemeinen primären Membranspannungen sind Abweichungen bei der Begrenzung der Vergleichsspannungen und den Vergleichsspannungsschwingbreiten möglich, wenn durch andere Nachweise gezeigt wird, dass das Bauteil den gestellten Anforderungen genügt (z. B. durch Bauteilversuche, plastische Analyse u. a.).

6.5 Spannungsbegrenzung bei dreiachsigem Zugspannungszustand

Ergibt die Spannungsanalyse einen dreiachsigen Zugspannungszustand, muss zur Vermeidung eines durch die dann eingeschränkte Duktilität hervorgerufenen spröden Versagens immer dann, wenn die kleinste Zugspannung den halben Betrag der größten Zugspannung übersteigt, zusätzlich die folgende Bedingung eingehalten werden:

$$\max\left(\sigma_1;\ \sigma_2;\ \sigma_3\right) \leq R_{p0,2\,\vartheta}$$

Anstelle von $R_{p0,2\,\vartheta}$ darf $R_{p1,0\,\vartheta}$ verwendet werden, sofern zur Bestimmung der zulässigen statischen Berechnungsspannung f nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 dieser Wert zugrunde gelegt wurde.

7 Schrifttum

[1] KTA 3201.2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung von Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren.
Beuth Vertrieb, Berlin (3/84).

[2] KTA 3211.2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung von Komponenten der äußeren Systeme von Leichtwasserreaktoren.
Beuth Vertrieb, Berlin (6/92).

[3] Criteria of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code for Design by Analysis.
The American Society of Mechanical Engineers, New York 1969.

[4] *Kroenke, W. C.:* Classification of finite element stresses according to ASME Section III stress categories.
Technical paper presented to ASME 94th Winter Annual Meeting. Detroit, Michigan. November 11–15, 1973.

[5] VdTÜV-Merkblatt 803: Richtlinien zur Durchführung und Auswertung von Dehnungsmessungen mit Dehnungsmessstreifen (DMS), Ausgabe März 1993.
Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln.

[6] *Dietmann, H.,* u. *H. Kockelmann:* Verwendung der Gestaltänderungsenergiehypothese im Anwendungsbereich der KTA-Regeln.
VGB Kraftwerkstechnik **74** (1994), Heft 6.

Tafel 1. Spannungskategorisierung in Behältern für einige typische Fälle

Behälterteil	Ort	Spannungen hervorgerufen durch	Art der Spannung	Spannungskategorie
Zylinder- oder Kugelschale	Ungestörter Bereich	Innendruck	Membranspannung Spannungsänderung senkrecht zur Schalenmittelfläche	P_m Q
		Axialer Temperaturgradient	Membranspannung Biegespannung	Q Q
	Verbindung mit Boden oder Flansch	Innendruck	Membranspannung[3] Biegespannung	P_l Q[1]
Beliebige Schale oder Boden	Beliebiger Schnitt durch den gesamten Behälter	Äußere Kraft oder Moment oder Innendruck[2]	Mittelwert der Membranspannung über den gesamten Behälterschnitt (Spannungskomponente senkrecht zur Schnittebene)	P_m
		Äußere Kraft oder Moment[2]	Biegeanteil über den gesamten Behälterschnitt (Spannungskomponente senkrecht zur Schnittebene)	P_m
	In der Nähe von Stutzen oder anderen Öffnungen	Äußere Kraft oder Moment oder Innendruck[2]	Membranspannung[3] Biegespannung Spannungskonzentration an Hohlkehle oder Ecke	P_l Q F
	Beliebig	Temperaturdifferenz zwischen Boden und Mantel	Membranspannung Biegespannung	Q Q
Gewölbter oder kegeliger Boden	Im Bereich der Rotationsachse	Innendruck	Membranspannung Biegespannung	P_m P_b
	Im Bereich der Krempe oder Verbindung zum Mantel	Innendruck	Membranspannung Biegespannung	P_l[4] Q
Ebener Boden	Im Bereich der Rotationsachse	Innendruck	Membranspannung Biegespannung	P_m P_b
	Verbindung zum Mantel	Innendruck	Membranspannung Biegespannung	P_l Q

(Fortsetzung auf Seite 6)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(Fortsetzung von Seite 5)

Behälterteil	Ort	Spannungen hervorgerufen durch	Art der Spannung	Spannungs-kategorie
Gelochter Boden oder Mantel	Regulärer Steg in einem regelmäßigen Lochfeld	Druck	Membranspannung (Mittelwert über Stegquerschnitt) Biegespannung (Mittelwert über Stegbreite, aber veränderlich über Wanddicke) Spannungskonzentration	P_m P_b F
	Einzelner oder von der normalen Anordnung abweichender Steg	Druck	Membranspannung (wie vor) Biegespannung (wie vor) Spannungskonzentration	Q F F
Stutzen	Querschnitt senkrecht zur Stutzenachse	Innendruck oder äußere Kraft oder Moment[2])	Mittelwert der Membranspannung über den Stutzenquerschnitt (Spannungskomponente senkrecht zur Schnittebene)	P_m
		Äußere Kraft oder Moment[2])	Biegung über den Stutzenquerschnitt	P_m
	Stutzenwand	Innendruck	Allgemeine Membranspannung Örtliche Membranspannung Biegung Spannungskonzentration	P_m P_l Q F
		Unterschiedliche Dehnung	Membranspannung Biegespannung Spannungskonzentration	Q Q F
Plattierung	Beliebig	Unterschiedliche Dehnung	Membranspannung Spannungskonzentration	F F
Beliebig	Beliebig	Radiale Temperaturverteilung[5])	Äquivalenter linearer Anteil[6]) Abweichung vom äquivalenten linearen Spannungsverlauf	Q F
Beliebig	Beliebig	Beliebig	Spannungskonzentration durch Kerbwirkung	F

[1]) Wenn das Randmoment erforderlich ist, um die Biegemomente in Boden- oder Plattenmitte in zulässigen Grenzen zu halten, sind diese Biegespannungen als P_b zu klassifizieren.

[2]) Hierzu gehören alle Anschlusskräfte der Rohrleitungen aus Eigengewicht, Schwingungen und behinderter Wärmedehnung sowie Trägheitskräfte.

[3]) Außerhalb des die Störstelle enthaltenden Bereiches darf die Membranspannung in Meridian- und Umfangsrichtung der Grundschale den Wert von $1{,}1 \cdot S_m$ nicht überschreiten, und die Länge des Bereiches in meridionaler Richtung darf nicht größer sein als $1{,}0 \cdot \sqrt{R \cdot e}$.

[4]) In dünnwandigen Behältern muss die Möglichkeit des Einbeulens und unzulässiger Deformation untersucht werden.

[5]) Es ist zu untersuchen, ob die Gefahr des Versagens infolge unbegrenzt fortschreitender Deformation besteht.

[6]) Der äquivalente lineare Anteil ist definiert als die lineare Spannungsverteilung, die das gleiche Biegemoment erzeugt wie die tatsächliche Spannung.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2. Spannungskategorisierung in Rohrleitungen für einige typische Fälle

Rohrleitungs-komponente	Ort	Spannungen hervorgerufen durch	Art der Spannung	Spannungs-kategorie
Gerade Rohre, Krümmer und Reduzierstücke, Abzweige und T-Stücke mit Ausnahme des Durchdringungs-bereiches	Ungestörtes Rohr	Innendruck	Mittlere Membranspannung	P_m
		Mechanische Lasten einschließlich Eigen-gewichte und Träg-heitskräfte	Biegespannung über Rohrquer-schnitt (Spannungskomponente senkrecht zur Schnittebene)	P_b
	Im Bereich von Stör-stellen (Wanddicken-änderungen, Verbin-dung verschiedener Rohrleitungsteile)	Innendruck	Membranspannung (über Wand-dicke) Biegespannung (über Wanddicke)	P_l Q
		Mechanische Lasten einschließlich Eigen-gewicht und Träg-heitskräfte	Membranspannung (über Wand-dicke) Biegespannung (über Wanddicke)	P_l Q
		Behinderte Wärme-dehnung	Membranspannung Biegespannung	P_e P_e
		Axialer Temperatur-gradient	Membranspannung Biegespannung	Q Q
	Beliebig	Beliebig	Spannungskonzentration	F
Abzweige und T-Stücke	Bereich der Durch-dringung	Innendruck, mecha-nische Lasten ein-schließlich Eigenge-wicht und Trägheits-kräfte und behinderte Wärmedehnung	Membranspannung Biegespannung	P_l Q
		Axialer Temperatur-gradient	Membranspannung Biegespannung	Q Q
		Beliebig	Spannungskonzentration	F
Flansche	Ungestörte Bereiche	Innendruck, Dicht-kraft, Schrauben-kräfte	Mittlere Membranspannung Biegespannung	P_m P_b
	Im Bereich von Wanddicken-änderungen	Innendruck, Dicht-kraft, Schrauben-kräfte	Membranspannung Biegespannung	P_l Q
		Axialer oder radialer Temperaturgradient	Membranspannung Biegespannung	Q Q
		Behinderte Wärme-dehnung	Membranspannung Biegespannung	P_e P_e
		Beliebig	Spannungskonzentration	F
Beliebig	Beliebig	Radialer Temperatur-gradient[1])	Äquivalenter Anteil[2]) der Biege-spannung über der Wand Spannungskonzentration	F F

[1]) Es ist zu untersuchen, ob die Gefahr des Versagens infolge unbegrenzt fortschreitender Deformation besteht.

[2]) Der äquivalente Anteil ist definiert als die lineare Spannungsverteilung, die das gleiche Biegemoment erzeugt wie die tatsächliche Spannungsverteilung.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Spannungskategorisierung integraler Bereiche von Komponentenstützkonstruktionen für einige typische Fälle

Typ der Komponentenstützkonstruktion	Ort	Spannungen hervorgerufen durch	Art der Spannung	Spannungskategorie
Beliebige Schale	Beliebiger Schnitt durch die gesamte Komponentenstützkonstruktion	Aufzunehmende Kraft oder aufzunehmendes Moment	Mittelwert der Membranspannung über den gesamten Schnitt (Spannungskomponente senkrecht zur Schnittebene)	P_m
		Aufzunehmende Kraft oder aufzunehmendes Moment	Biegeanteil über den gesamten Schnitt (Spannungskomponente senkrecht zur Schnittebene)	P_b
	Im Bereich einer Störstelle[1]) oder Öffnung	Aufzunehmende Kraft oder aufzunehmendes Moment	Membranspannung Biegespannung	P_m Q[2])
	Beliebige Stelle	Ausdehnungsbehinderung[3])	Membranspannung Biegespannung	P_e P_e
Beliebige Platte oder Scheibe	Beliebige Stelle	Aufzunehmende Kraft oder aufzunehmendes Moment	Membranspannung Biegespannung	P_m P_b
	Im Bereich einer Störstelle[1]) oder Öffnung	Aufzunehmende Kraft oder aufzunehmendes Moment	Membranspannung Biegespannung	P_m Q[2])
	Beliebige Stelle	Ausdehnungsbehinderung[3])	Membranspannung Biegespannung	P_e P_e

[1]) Unter Störstellen sind wesentliche Geometrieänderungen wie Wanddickenänderungen und Übergänge zwischen verschiedenen Schalentypen zu verstehen. Lokale Spannungskonzentrationen, z.B. an Ecken und Bohrungen, fallen nicht darunter.

[2]) Berechnung ist nicht erforderlich.

[3]) Dies sind Spannungen, die aus der Unterdrückung oder Behinderung von Verschiebungen oder aus unterschiedlichen Verschiebungen von Komponentenstützkonstruktionen oder Festpunkten herrühren, einschließlich Spannungserhöhungen an Störstellen. Ausgenommen ist die behinderte Wärmedehnung von Rohrleitungen. Die Kräfte und Momente aus behinderter Wärmedehnung von Rohrleitungen fallen für die Komponentenstützkonstruktionen unter „Aufzunehmende Kraft oder aufzunehmendes Moment".

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juli 2009**

Sonderfälle	Berechnung von Druckbehältern **Experimentelle Auslegungsmethode**	AD 2000-Merkblatt **S 5**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Allgemeines
3 Formelzeichen und Einheiten
4 Prüfprogramm
5 Anforderungen an den Prüfkörper vor der Berstdruckprüfung
6 Prüfmedium und Sicherheitsanforderungen während der Prüfung
7 Prüfmethode und erforderlicher Berstdruck
8 Bedingungen für eine positive Bewertung des Berstdruckversuches
9 Prüfbericht

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt beschreibt eine experimentelle Vorgehensweise zum Festigkeitsnachweis von Strukturen oder Teilstrukturen, deren Berechnung mit den Formeln in den AD 2000-Merkblättern der Reihe B nicht möglich ist.

Das beschriebene Verfahren ist begrenzt auf:

- den Beanspruchungsfall I entsprechend AD 2000-Merkblatt W 10,
- den Bereich $PS \times V < 6000$ bar · l und $PS \times DN < 3000$ bar, sofern keine zusätzlichen Berechnungen angewendet werden,
- Bauteilbelastungen, die überwiegend ruhend im Sinne des AD 2000-Merkblattes S 1 sind.

Die in diesem Merkblatt beschriebene Methode der experimentellen Auslegung ist nicht anzuwenden

- auf Druckgeräte, die im Zeitstandbereich betrieben werden,
- zur Bemessung gegen gegebenenfalls gesondert zu berücksichtigende Zusatzbeanspruchungen aus thermischen Einflüssen sowie äußeren Kräften,
- zum Nachweis stabilitätsgefährdeter Strukturen.

Dieses AD 2000-Merkblatt findet für Plattenwärmetauscher keine Anwendung.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf photomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden. Zugelassen sind die Werkstoffe, die im AD 2000-Merkblatt B 0 Tafel 2 genannt sind.

2.2 Der Prüfkörper muss in seinen zu prüfenden festigkeitsmäßig relevanten Abmessungen, dem Herstellungsverfahren, Werkstoff und Prüfumfang dem Druckgerät entsprechen. Sind Teilbereiche des Druckgerätes mit Formeln zu berechnen, sind die nach den Bemessungsformeln ermittelten erforderlichen Wanddicken einzuhalten.

2.3 Der für die Berstdruckprüfung eingesetzte Prüfkörper darf nach der Berstdruckprüfung nicht verwendet werden, auch wenn der Prüfkörper weder Verformungen, Risse oder Leckagen aufweist.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

s_y	se-c1-c2	mm
s_g	am Prüfkörper gemessene Wanddicken	mm
n	Formfaktor	–
$R_{m\,(3)}$	Mittelwert der Zugfestigkeit an 3 Proben aus gleicher Schmelze	N/mm²
R_m	Mindestwert der Zugfestigkeit nach Norm	N/mm²
SF	Sicherheitsbeiwert zur Berechnung von PB	–
PB	erforderlicher Berstdruck	bar

Der erforderliche Sicherheitsbeiwert gegen den Berstdruck zur Berechnung von PB beträgt für:

Walz- und Schmiedestähle	$SF = 5{,}0$
Stahlguss	$SF = 6{,}0$
Gusseisen mit Kugelgraphit	$SF = 7{,}0$
Grauguss	$SF = 9{,}0$
Aluminium und Legierung/Knetwerkstoff	$SF = 5{,}0$
Nickel 1+2, Titan	$SF = 5{,}0$
Kupfer	$SF = 6{,}0$

4 Prüfprogramm

Die Durchführung des Berstversuches ist in einem Prüfprogramm festzulegen und mit der benannten Stelle abzustimmen. Im Prüfprogramm sind mindestens die unten aufgeführten Angaben erforderlich:

- Konstruktionszeichnungen mit Hauptabmessungen und Angaben zum Werkstoff des Prüfstückes
- Herstellungsverfahren
- Prüfbedingungen, Anzahl der Prüflinge
- Beschreibung der Prüfinstrumentierung
- Beurteilung des Prüfergebnisses
- Kriterien für die Anerkennung oder Verwerfung des Prüfergebnisses

5 Anforderungen an den Prüfkörper vor der Berstdruckprüfung

Der Prüfkörper muss der Produktion entnommen werden. Am Prüfkörper sind ausreichende Entlüftungsstutzen vorzusehen oder eine ausreichende Entlüftung zu gewährleisten. Während der weiteren Fertigung dürfen keine Änderungen an den Fertigungstoleranzen, Fertigungsmethoden oder Werkstoffen vorgenommen werden. Die mechanisch-technologischen Güteeigenschaften der verwendeten Werkstoffe sind entsprechend den Anforderungen AD 2000, Reihe W, zu bescheinigen.

6 Prüfmedium und Sicherheitsanforderungen während der Prüfung

Der im Berstversuch erforderliche Druck wird aus Sicherheitsgründen mit einer Flüssigkeit aufgebracht (Hydrauliktest), die weder korrosiven noch sonstigen Einfluss auf den Werkstoff hat. Da die Prüfung bis zum schlagartigen Versagen des Prüfkörpers führen kann, sind angemessene Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.

7 Prüfmethode und erforderlicher Berstdruck

Methode: Berstdruckversuch

Diese Methode ist für die im Geltungsbereich (siehe Kapitel 2.1) benannten Werkstoffe anwendbar. Der werkstoffabhängige Sicherheitsbeiwert ist in Abschnitt 3 definiert.

Es sollten nur Strukturen mit einfachen Formen und weichen Übergängen geprüft werden. Diese Methode ist bedingt geeignet für Strukturen mit ebenen Flächen. Die bleibende Verformung für Bauteile aus duktilen Stählen darf nach dem Berstversuch im Bereich ebener Flächen die zulässigen Grenzen der Kaltverformung (siehe AD 2000-Merkblätter HP 7/2 und 7/3) nicht überschreiten.

Der erforderliche Berstdruck wird nach Formel (1) berechnet.

$$PB = SF \times PS \times R_{m(3)} / R_m \times K_{20} / K \times (s_g / s_y)^n \qquad (1)$$

mit:

$n = 1$ für gekrümmte Flächen (Zylinder, Kugel) oder Kegel mit einem Winkel $\varphi \leq 30°$

$n = 2$ für alle anderen Flächen

Der Exponent n bzw. die relevante Stelle in der Struktur wird mit der benannten Stelle im Prüfprogramm festgelegt.

Durchführung des Versuches:

a) Prüfkörper und Prüfflüssigkeit sollten bei Versuchsbeginn eine Temperatur nahe Raumtemperatur haben, während der Versuchsdurchführung muss die Temperatur der Prüfflüssigkeit mindestens 10 °C unterhalb der Siedetemperatur bei Atmosphärendruck liegen

b) Im ersten Lastschritt werden 50 % des erforderlichen Mindestberstdruckes aufgebracht. Die weitere Laststeigerung erfolgt jeweils mit 10 % des erforderlichen Mindestberstdruckes. Nach jeder Laststeigerung muss der Druck eine ausreichende Zeit konstant anstehen.

8 Bedingungen für eine positive Bewertung des Berstdruckversuches

Der Prüfkörper darf bis zum Erreichen des nach Formel (1) berechneten erforderlichen Berstdruckes keine unzulässigen plastischen Verformungen (vergleiche Abschnitt 7) und keine Leckagen in der drucktragenden Wand aufweisen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Falls ein Prüfkörper den erforderlichen Berstdruck nicht erreicht, kann der Berstversuch mit einem zweiten Prüfkörper aus der gleichen Fertigung wiederholt werden. Wird mit dem zweiten Prüfkörper der erforderliche Berstdruck erreicht, kann die Prüfung als erfolgreich angesehen werden, sofern man den Grund des Versagens des ersten Prüfkörpers nachvollziehen kann. Versagt jedoch der zweite Prüfkörper ebenso, ist die Konstruktion entsprechend zu verstärken.

Leckagen an Flanschverbindungen sind während des Berstdruckversuches zulässig, sofern der erforderliche Berstdruck erreicht wird. Hierbei muss sichergestellt werden, dass die Flanschverbindungen nach den Anforderungen des AD 2000-Merkblattes B 8 für den maximal zulässigen Druck PS ausreichend dimensioniert sind. Ebenso ist der Einsatz von höherfesterem Schraubenwerkstoff, verglichen mit der erforderlichen Schraubenqualität nach Auslegungsberechnung, zulässig.

9 Prüfbericht

Der Hersteller des Druckgerätes muss mindestens Folgendes dokumentieren:

- Herstellerregistrierung
- Apparatenummer
- Datum und Ort der Prüfung
- Beschreibung des Apparates
- Einzelheiten oder Referenzen über das Prüfverfahren
- Kalibrierung der Messeinrichtung
- Maximal aufgebrachter Berstdruck *PB*
- Prüfdruckmedium
- Berechnung des maximal zulässigen Drucks *PS*
- Zusammenfassung
- Name des Prüfers und der zuständigen unabhängigen Stelle

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2016**

Sonderfälle	**Zeitstandbeanspruchung für Stähle**	**AD 2000-Merkblatt S 6**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Allgemeines ... 2
3 Formelzeichen und Einheiten ... 2
4 Auslegung im Zeitstandbereich ... 3
5 Belastungen ... 5
6 Anforderungen an die Bauteilausführung ... 7
7 Schrifttum ... 8
Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt S 6 ... 9
Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt S 6 ... 15
Anhang 3 zum AD 2000-Merkblatt S 6 (informativ) ... 17

Ersatz für Ausgabe Juni 2014; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt enthält Kriterien zum Umgang mit zeitstandbeanspruchten Stählen. Es muss angewandt werden, wenn eine zeitabhängige Veränderung der Materialeigenschaften infolge Temperatureinfluss zu erwarten ist. Als untere Grenztemperaturen gelten dabei:

- etwa 380 °C für unlegierte Stähle,
- etwa 440 °C für niedriglegierte Stähle,
- etwa 525 °C für hochlegierte Stähle.

1.2 Die Bestimmung der genauen Grenztemperaturen hat in Abhängigkeit von der zutreffenden harmonisierten Materialnorm zu erfolgen. Die Anwendung weiterer Werkstoffe ist möglich, bedarf aber der Eignungsfeststellung in Form eines Materialeinzelgutachtens nach RL 97/23/EG Anhang I Abs. 4.2 einer Benannten Stelle für den jeweiligen Anwendungsfall.

1.3 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nur in Verbindung mit den AD 2000-Merkblättern der Reihe B. Für die AD 2000-Merkblätter S 3 und S 4 bedarf es eines besonderen Spannungsbewertungskonzeptes.

2 Allgemeines

Bei Einhaltung der in diesem AD 2000-Merkblatt enthaltenen Kriterien zur Spannungsbegrenzung werden folgende Versagensarten berücksichtigt:

- Kriechbruch,
- Kriechverformung,
- Kriechermüdung.

Eine Lebensdauerüberwachung für Anlagen im Zeitstandbereich wird grundsätzlich empfohlen. In allen Fällen, in denen ein Sicherheitsbeiwert von $Sf_{cr} < 1{,}5$ (1,8 bei äußerem Überdruck) zugrunde gelegt wird, ist sie zwingend erforderlich.

Für Druckgeräte ohne Lebensdauerüberwachung ist die Nutzungsdauer generell auf 100000 Betriebsstunden beschränkt. Ist ein Nachweis der bereits erlittenen Betriebsstunden nicht zu erbringen, zählen die 100000 Stunden ab dem Beginn des Herstellungsjahres des betroffenen Druckgerätes.

Die Vorgehensweise für Druckgeräte mit Lebensdauerüberwachung erfolgt entsprechend den Maßgaben aus DIN EN 12952-4 [3] bzw. nach VGB-Standard 506 [4] (beinhaltet die zurückgezogene TRD 508 Anlage 1 [2]); siehe auch Anhang 3 zum AD 2000-Merkblatt S 6.

Die Möglichkeit anderer Versagensarten muss ggf. zusätzlich überprüft werden (z. B. Versprödung, Hochtemperaturkorrosion bzw. -oxidation, elastische Instabilität, Spannungsrisskorrosion, Schwingungsrisskorrosion).

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

f	zulässige Spannung bei ruhender Beanspruchung
Sf_{cr}	Sicherheitsbeiwert bei Zeitstandbeanspruchung
s_e	ausgeführte Wanddicke
R_m	Mindestwert der Zugfestigkeit bei 20 °C
$R_{m,t,\vartheta}(t_i, \vartheta_i)$	interpolierter Mittelwert der Zeitstandfestigkeit in Abhängigkeit von der Auslegungslebensdauer und der Berechnungstemperatur
$R_{m\ 100000\ \theta}$	Mittelwert der Zeitstandfestigkeit für 100000 h bei Berechnungstemperatur
$R_{m\ 150000\ \theta}$	Mittelwert der Zeitstandfestigkeit für 150000 h bei Berechnungstemperatur
$R_{m\ 200000\ \theta}$	Mittelwert der Zeitstandfestigkeit für 200000 h bei Berechnungstemperatur
$R_{m\ 250000\ \theta}$	Mittelwert der Zeitstandfestigkeit für 250000 h bei Berechnungstemperatur

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4 Auslegung im Zeitstandbereich

4.1 Berechnungsdruck

Als Berechnungsdruck gilt mindestens der maximal zulässige Druck (PS) des betreffenden Druckgerätes. Darüber hinaus sind statische Drücke, soweit vorhanden, in voller Höhe zu berücksichtigen.

4.2 Berechnungstemperatur

Die Berechnungstemperatur setzt sich zusammen aus der zulässigen maximalen Temperatur (TS) und einem Temperaturzuschlag. Für den Wasser-/Dampf- und Heißdampfbereich gilt die nachfolgende Tafel 1, ansonsten gilt das AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 5.

4.3 Zulässige Spannung

4.3.1 Allgemeines

Zeitabhängige Festigkeitskennwerte umfassen in der Regel Wertebereiche ab 10000 h. Die Angabe derselben hat generell unter Quellennennung zu erfolgen. Vorzugsweise sind zeitabhängige Festigkeitskennwerte harmonisierten Normen zu entnehmen. Werden andere Quellen herangezogen, ist die Eignung der Werkstoffe gemäß AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 3.2.1 nachzuweisen.

Die Abschnitte 4.3.2 und 4.3.3 legen die Bildung der zulässigen Spannung f für die „Standardfälle“ — Auslegungslebensdauer 100000 Stunden oder 200000 Stunden — fest.

Abschnitt 4.3.4 regelt die Vorgehensweise, wenn von den „Standardfällen“ abgewichen wird.

Tafel 1 — Temperaturzuschläge im Wasser-/Dampf- und Heißdampfbereich

Aggregatzustand	Bezugstemperatur	Temperaturzuschläge			
		Unbeheizte Bauteile**)	Beheizte Bauteile**)		
			Beheizung überwiegend durch		Gegen Strahlung abgedeckt
			Strahlung*)	Berührung	
Wasser- bzw. Wasserdampfgemisch	Sättigungstemperatur beim maximal zulässigen Druck PS (einschließl. hydrost. Säule)	0 K	50 K, bei Sammlern***) $(30 + 3s_e)$ K, mindestens 50 K	$(15 + 2s_e)$ K, höchstens 50 K	20 K
Heißdampf	Heißdampf	15 K****)	50 K	35 K	20 K

*) Schottenüberhitzer werden wie Berührungsüberhitzer behandelt.

**) Definition der Beheizungsarten siehe Vereinbarung FDBR/VGB/VdTÜV 1988/1 (VdTÜV-Merkblatt 451-88/1)

***) Als Sammler gelten, unabhängig von der Durchströmung, rohrförmige Hohlkörper mit äußerem Durchmesser > 76,1 mm, in die drei oder mehr Rohre nicht axial einmünden.

****) Bei unbeheizten heißdampfführenden Bauteilen kann der Temperaturzuschlag von 15 K auf 5 K (Messtoleranz) vermindert werden, wenn sichergestellt ist, dass die bei der Auslegung vorgesehene Heißdampftemperatur nicht überschritten werden kann. Dies kann erreicht werden durch:

(1) Temperaturregelung vor diesen Bauteilen,

(2) Anordnung von Kühl- oder Mischstellen (z. B. durch längsdurchströmte Sammler) vor diesen Bauteilen oder

(3) schaltungstechnische Maßnahmen vor diesen Bauteilen oder dergleichen.

4.3.2 Zulässige Spannung auf Grundlage von $R_{m\,100000\,\theta}$

4.3.2.1 Festigkeitskennwerte und zugehörige Sicherheitsbeiwerte für Walz- und Schmiedestähle

Es gilt der kleinste der folgenden Werte:

— Zugfestigkeit bei Raumtemperatur mit einer Sicherheit von 2,4;

— Mindestwert der Streck- bzw. 0,2-%-Dehngrenze oder — falls zutreffend — der 1-%-Dehngrenze bei Berechnungstemperatur mit einer Sicherheit von 1,5 für inneren Überdruck und 1,8 für äußeren Überdruck. Ist die Streckgrenze nicht ausgeprägt, so ist die nach DIN EN 10002-1 ermittelte 0,2-%-Dehngrenze einzusetzen;

— Mittelwert der Zeitstandfestigkeit für 100000 h bei Berechnungstemperatur mit einer Sicherheit von 1,5 für inneren Überdruck und 1,8 für äußeren Überdruck.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Innerer Überdruck

$$f = \min\left(\frac{R_{\mathrm{m}}}{2{,}4}; \frac{R_{\mathrm{p}\,0{,}2\,\theta}}{1{,}5}; \frac{R_{\mathrm{m}\,100000\,\theta}}{1{,}5}\right)$$

Äußerer Überdruck

$$f = \min\left(\frac{R_{\mathrm{m}}}{2{,}4}; \frac{R_{\mathrm{p}\,0{,}2\,\theta}}{1{,}8}; \frac{R_{\mathrm{m}\,100000\,\theta}}{1{,}8}\right)$$

4.3.2.2 Festigkeitskennwerte und zugehörige Sicherheitsbeiwerte für Stahlguss

Es gilt der kleinste der folgenden Werte:

— Zugfestigkeit bei Raumtemperatur mit einer Sicherheit von 3,2;

— Mindestwert der Streck- bzw. 0,2-%-Dehngrenze oder — falls zutreffend — der 1-%-Dehngrenze bei Berechnungstemperatur mit einer Sicherheit von 2,0 für inneren Überdruck und 2,4 für äußeren Überdruck. Ist die Streckgrenze nicht ausgeprägt, so ist die nach DIN EN 10002-1 ermittelte 0,2-%-Dehngrenze einzusetzen;

— Mittelwert der Zeitstandfestigkeit für 100000 h bei Berechnungstemperatur mit einer Sicherheit von 2,0 für inneren Überdruck und 2,4 für äußeren Überdruck.

Innerer Überdruck

$$f = \min\left(\frac{R_{\mathrm{m}}}{3{,}2}; \frac{R_{\mathrm{p}\,0{,}2\,\theta}}{2{,}0}; \frac{R_{\mathrm{m}\,100000\,\theta}}{2{,}0}\right)$$

Äußerer Überdruck

$$f = \min\left(\frac{R_{\mathrm{m}}}{3{,}2}; \frac{R_{\mathrm{p}\,0{,}2\,\theta}}{2{,}4}; \frac{R_{\mathrm{m}\,100000\,\theta}}{2{,}4}\right)$$

4.3.3 Zulässige Spannung auf Grundlage von $R_{\mathrm{m}\,200000\,\theta}$

Für Stahlguss ist ein Nachweis der Lebensdauer $>$ 100000 h nicht vorgesehen.

Bei der Festlegung der zulässigen Spannung gilt für Walz- und Schmiedestähle der kleinste der folgenden Werte:

— Zugfestigkeit bei Raumtemperatur mit einer Sicherheit von 2,4;

— Mindestwert der Streck- bzw. 0,2-%-Dehngrenze oder — falls zutreffend — der 1-%-Dehngrenze bei Berechnungstemperatur mit einer Sicherheit von 1,5 für inneren Überdruck und 1,8 für äußeren Überdruck. Ist die Streckgrenze nicht ausgeprägt, so ist die nach DIN EN 10002-1 ermittelte 0,2-%-Dehngrenze einzusetzen;

— Mittelwert der Zeitstandfestigkeit für die vorgegebene Betriebszeit (bis 200000 h) bei Berechnungstemperatur mit einer Sicherheit von 1,25 für inneren Überdruck und 1,5 für äußeren Überdruck.

Innerer Überdruck

$$f = \min\left(\frac{R_{\mathrm{m}}}{2{,}4}; \frac{R_{\mathrm{p}\,0{,}2\,\theta}}{1{,}5}; \frac{R_{\mathrm{m}\,200000\,\theta}}{1{,}25}\right)$$

Äußerer Überdruck

$$f = \min\left(\frac{R_{\mathrm{m}}}{2{,}4}; \frac{R_{\mathrm{p}\,0{,}2\,\theta}}{1{,}8}; \frac{R_{\mathrm{m}\,200000\,\theta}}{1{,}5}\right)$$

4.3.4 Zulässige Spannung für Sonderfälle

Ist für Druckgeräte eine Lebensdauer abweichend von Abschnitt 4.3.2 oder 4.3.3 vorgesehen, darf die zulässige Spannung f aus dem Zeitstandfestigkeitskennwert für die vorgesehene Lebensdauer (mindestens 10000 Stunden) bestimmt werden.

Die auf die Mittelwerte der Zeitstandfestigkeit anzuwendenden Sicherheitsbeiwerte Sf_{cr} sind Tafel 2 bzw. 3 zu entnehmen. Weitere Erläuterungen und Beispiele siehe Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt S 6.

Die in Klammern stehenden Werte gelten für äußeren Überdruck.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Im Zeitstandbereich anzuwendende Sicherheitsbeiwerte für Walz- und Schmiedestähle

Auslegung	Mit Lebensdauerüberwachung		Ohne Lebensdauerüberwachung	
t in h	Festigkeitskennwert	Sf_{cr}	Festigkeitskennwert	Sf_{cr}
$10000 \leq t \leq 100000$	$R_{m,t,\vartheta}(t)$	1,25 (1,5)	$R_{m,t,\vartheta}(t)$	1,5 (1,8)
$100000 < t < 200000$	$R_{m,t,\vartheta}(t)$	1,25 (1,5)	n. a.	n. a.
200000[1)]	$R_{m,t,\vartheta}$(100000 h) $R_{m,t,\vartheta}$(150000 h) $R_{m,t,\vartheta}$(200000 h)	1,5 (1,8) 1,35 (1,62) 1,25 (1,5)	n. a.	n. a.
250000[2)]	$R_{m,t,\vartheta}$(250000 h)	1,25 (1,5)	n. a.	n. a.

1) Sind für die geforderte Lebensdauer keine (oder noch keine abgesicherten) Zeitstandfestigkeitskennwerte verfügbar, ist ein Sicherheitsbeiwert von Sf_{cr} = 1,5 auf den $R_{m,t,\vartheta}$(100000 h)-Kennwert anzuwenden.

2) Nur zulässig, wenn Zeitstandfestigkeitskennwerte für 250000 h vorliegen, z. B. aus DIN EN 10216-2.

Tafel 3 — Im Zeitstandbereich anzuwendende Sicherheitsbeiwerte für Stahlguss

Auslegung	Mit Lebensdauerüberwachung		Ohne Lebensdauerüberwachung	
t in h	Festigkeitskennwert	Sf_{cr}	Festigkeitskennwert	Sf_{cr}
$10000 \leq t \leq 100000$	$R_{m,t,\vartheta}(t)$	2,0 (2,4)	$R_{m,t,\vartheta}(t)$	2,0 (2,4)

4.4 Wanddickenzuschläge

Wanddickenzuschläge sind generell bei der Auslegung in voller Höhe entsprechend jeweiliger Toleranzangabe (c_1) bzw. dem definierten Wanddickenabtrag (c_2) zu berücksichtigen.

4.5 Zeitstandfestigkeit der Schweißverbindung

4.5.1 Liegen abgesicherte Langzeitwerte für die Schweißverbindung (bestehend aus GW/WEZ/SG) vor, so sind diese Werte anzuwenden. Anderenfalls ist die nach Abschnitt 4.3 ermittelte zulässige Spannung mit einem Faktor $\leq 0{,}8$ zu multiplizieren. Diese Abminderung ist nur für Spannungskomponenten senkrecht zur Schweißnaht anzusetzen.

4.5.2 Überschreitet die Spannungskomponente senkrecht zur Schweißnahtrichtung die in Abschnitt 4.5.1 ermittelte zulässige Spannung, sind konstruktive Veränderungen zur Einhaltung der gesetzten Begrenzung notwendig.

4.5.3 Von den Forderungen in Abschnitt 4.5.1 und Abschnitt 4.5.2 kann abgewichen werden, wenn in der Schweißnaht ein Beanspruchungszustand vorliegt, in dem die Spannungskomponente senkrecht zur Schweißnaht nicht konstant ist (z. B. Überlagerung aus Axial- und Biegespannungen in Rundnähten) und weiterführende Analysen zeigen, dass die Summe aus Axial- und Biegespannung den 1,25-fachen Wert aus Abschnitt 4.5.1 nicht überschreitet. Dabei darf die Axialspannung aus Innendruck zuzüglich eventueller weiterer konstanter Spannungsanteile (Rohre mit Tragfunktion) die in Abschnitt 4.5.1 gegebene Begrenzung nicht überschreiten.

4.6 Anforderungen an die Schweißverbindung

4.6.1 Der in den Zeichnungen und dazugehörigen Unterlagen festgelegte Schweißnahtfaktor (vgl. hierzu AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 8 sowie Abschnitt 2.1 und die Tafeln 1b, 2b, 3b des AD 2000-Merkblatts HP 0) ist in die Betrachtungen einzubeziehen, wenn dieser nur eine 85 %ige Ausnutzung der Berechnungsspannung in der Schweißnaht gestattet. Die nach Abschnitt 4.5.1 zulässige Spannung ist in diesem Fall mit dem Faktor 0,85 zu multiplizieren.

4.6.2 Für Anschweißteile erfolgt die Festlegung der Bewertungsgruppe für Schweißnahtunregelmäßigkeiten in Absprache mit der zuständigen unabhängigen Stelle.

5 Belastungen

5.1 Vorwiegend ruhende Belastungen

5.1.1 Bei Einhaltung der in den Reihen B 1 bis B 9 genannten Forderungen liegt eine ausreichende Dimensionierung auf vorwiegend ruhende Belastung vor.

5.1.2 Die Abgrenzung gegen Wechselbelastung ist den AD 2000-Merkblättern der Reihe S zu entnehmen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2 Betriebsregime und Schädigungsakkumulation

5.2.1 Allgemeine Anforderungen an das Betriebsregime enthalten DIN EN 12952-4 [3] und als Erkenntnisquelle TRD 508 [1], [2].

5.2.2 Ist für die gesamte geplante Lebensdauer ein konstanter Berechnungsdruck p und eine konstante Berechnungstemperatur θ vorgesehen, erfolgt die Dimensionierung von Bauteilen nach den Gleichungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe B mit der nach Abschnitt 4.3 ermittelten zulässigen Spannung. Sind innerhalb der geplanten Lebensdauer Zeiträume mit unterschiedlichen Parametern vorgesehen, muss sichergestellt werden, dass die Summe der theoretischen Zeitstanderschöpfung aller Zeiträume kleiner oder gleich 100 % abzüglich des prognostizierten Anteils der Wechselerschöpfung ist. Dazu sind zwei Vorgehensweisen möglich, siehe auch Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt S 6.

— Das Bauteil wird für die vorgesehene Lebensdauer mit den maximalen Parametern p und θ dimensioniert, was zu einer deutlichen Überdimensionierung führen kann.

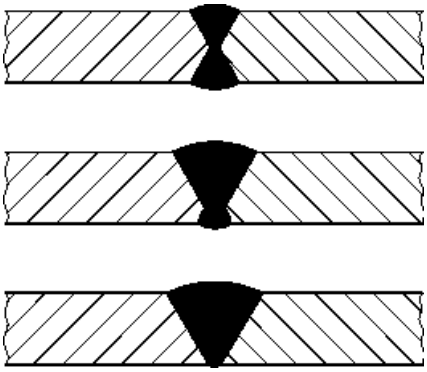
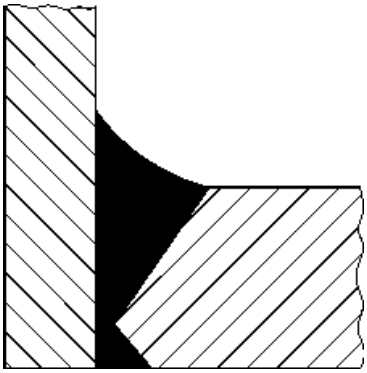
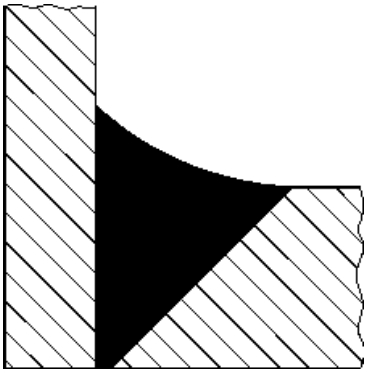
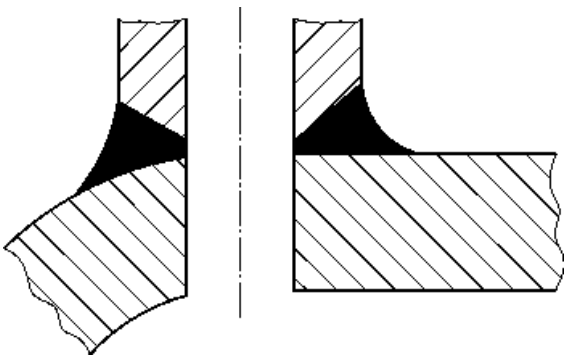
— Es wird ausgehend von Startabmessungen (im Allgemeinen Wanddicken) eine iterative Berechnung ausgeführt, bis die optimalen Abmessungen bei der vorgegebenen Zeitstanderschöpfung erreicht sind.

5.2.3 Die Schädigungsakkumulation setzt sich zusammen aus den Bestandteilen Zeitstanderschöpfung und Erschöpfung aus Wechselbelastung. Die Ermittlung der Zeitstanderschöpfung beruht in der Regel auf automatischer Erfassung und Aufsummierung unterschiedlicher Belastungskollektive an hochbelasteten Bauteilen, gebildet aus Druck respektive zugeordneter Temperatur oberhalb der Kriechgrenze. Wechselbelastung ergibt sich aus mechanischen und thermischen Belastungen (unterhalb und oberhalb der Kriechgrenze) und kann in Form eines Erschöpfungsgrades unter Einsatz des AD 2000-Merkblattes S 2, nach VGB-Standard 506 [4] (beinhaltet zurückgezogene TRD 508 Anlage 1 [2]) oder nach DIN EN 12952-3 [5] ermittelt werden. Die resultierende Gesamterschöpfung ergibt sich aus der Summe der beiden ermittelten Teilerschöpfungen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

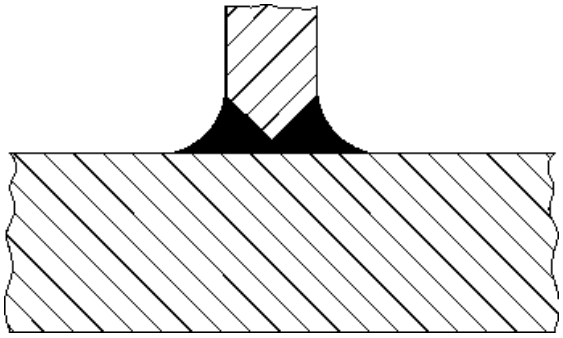
6 Anforderungen an die Bauteilausführung

Tafel 4 — Zulässige Geometrie von Nahtvorbereitungen für drucktragende Schweißverbindungen im Zeitstandbereich

A) Stumpfnähte	
B) beidseitig eingeschweißter Stutzen	
C) einseitig eingeschweißter Stutzen	
D) aufgesetzter Stutzen mit ausgebohrter Wurzel	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 5 — Zulässige Geometrie von Nahtvorbereitungen für nicht-drucktragende Schweißverbindungen im Zeitstandbereich

A) Knaggenanschweißung	

7 Schrifttum

[1] TRD 508, *Prüfung — Zusätzliche Prüfungen an Bauteilen, berechnet mit zeitabhängigen Festigkeitskennwerten*

[2] TRD 508 Anlage 1, *Prüfung — Zusätzliche Prüfungen an Bauteilen — Verfahren zur Berechnung von Bauteilen mit zeitabhängigen Festigkeitskennwerten*

[3] DIN EN 12952-4, *Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten — Teil 4: Betriebsbegleitende Berechnung der Lebensdauererwartung; Deutsche Fassung EN 12952-4*

[4] VGB-Standard 506, *Zustandsüberwachung und Prüfung der Komponenten von Dampfkesselanlagen, Druckbehälteranlagen und Wasser oder Dampf führenden Hochdruckleitungen;* 2012-03

[5] DIN EN 12952-3, *Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten — Teil 3: Konstruktion und Berechnung für drucktragende Kesselteile; Deutsche Fassung EN 12952-3:2011*

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt S 6

Allgemeines

Bei der Auslegung von Bauteilen, die bei höheren Temperaturen betrieben werden sollen, ist als erster Schritt die Entscheidung zu treffen, ob noch mit zeitunabhängigen Festigkeitskennwerten dimensioniert werden darf (Warmstreckgrenzbereich) oder ob zeitabhängige Festigkeitskennwerte zugrunde zu legen sind (Zeitstandbereich).

Diese Entscheidung kann anhand der „Schnittpunkttemperatur“ getroffen werden, welche von der Auslegungstemperatur und der geforderten Betriebszeit abhängt.

Gemäß Druckgeräterichtlinie (DGRL) gilt: Ausschlaggebend für die Dimensionierung ist die kleinere der beiden Spannungen f oder f_{cr}.

Warmstreckgrenzbereich: $$f = \min\left(\frac{R_{eH}}{1,5}; \frac{R_{p0,2\,t}}{1,5}; \frac{R_m}{2,4}\right)$$

Zeitstandbereich: $$f_{cr} = \frac{S_{R,Tt}}{Sf_{cr}}$$

Wenn Zeitstandfestigkeitskennwerte für Schweißnähte niedriger sind als für den Grundwerkstoff, so ist dies bei der Bestimmung von f_{cr} zu berücksichtigen.

Auslegung im Zeitstandbereich — Sicherheitsphilosophie

Die Sicherheitsphilosophie bei der Auslegung von Bauteilen im Zeitstandbereich basiert auf der Überlegung, dass man mit dem Zeitstandfestigkeitskennwert der unteren Streubandgrenze auslegt und die Lebensdauer überwacht. Das aus Zeitstandversuchen bekannte Streuband beträgt $\pm$ 20 %. In Normen (z. B. DIN EN 10216-2, DIN EN 10222-2) und Werkstoffblättern (z. B. VdTÜV) ist immer der Mittelwert angegeben. Aus der Breite des Streubandes ergibt sich:

$$f_{cr} = 0,8 \cdot \overline{R}_{m,t,\vartheta} = R_{m,t,\vartheta_{min}} \quad (1)$$

bzw. in der Schreibweise der Regelwerke mit einem (Schein-)Sicherheitsbeiwert $Sf_{cr} = 1,25$:

$$f_{cr} = \frac{\overline{R}_{m,t,\vartheta}}{1,25} = R_{m,t,\vartheta_{min}} \quad (2)$$

Diese Vorgehensweise wird angewendet für Bauteilauslegung von mindestens 10000 h.

Wird keine Lebensdauerüberwachung durchgeführt, ist der Sicherheitsbeiwert auf $Sf_{cr} = 1,5$ zu erhöhen, siehe AD 2000-Merkblatt S 6, Tafel 2.

Aus den in den Normen und Werkstoffblättern üblicherweise angegebenen Zeitstandfestigkeitskennwerten für 10000 h, 100000 h und 200000 h darf nach folgenden Gleichungen interpoliert (extrapoliert) werden.

Zwischen 10000 h und 100000 h

$$R_{m,t,\vartheta} = 10^{\frac{\lg\left(R_{m,10000,\vartheta}\right) - \lg\left(R_{m,100000,\vartheta}\right)}{\lg(100000) - \lg(10000)} \cdot \left\{\lg(100000) - \lg(t)\right\} + \lg\left(R_{m,100000,\vartheta}\right)} \quad (3)$$

Zwischen 100000 h und 200000 h (Extrapolation über 200000 h)

$$R_{m,t,\vartheta} = 10^{\frac{\lg\left(R_{m,100000,\vartheta}\right) - \lg\left(R_{m,200000,\vartheta}\right)}{\lg(200000) - \lg(100000)} \cdot \left\{\lg(200000) - \lg(t)\right\} + \lg\left(R_{m,200000,\vartheta}\right)} \quad (4)$$

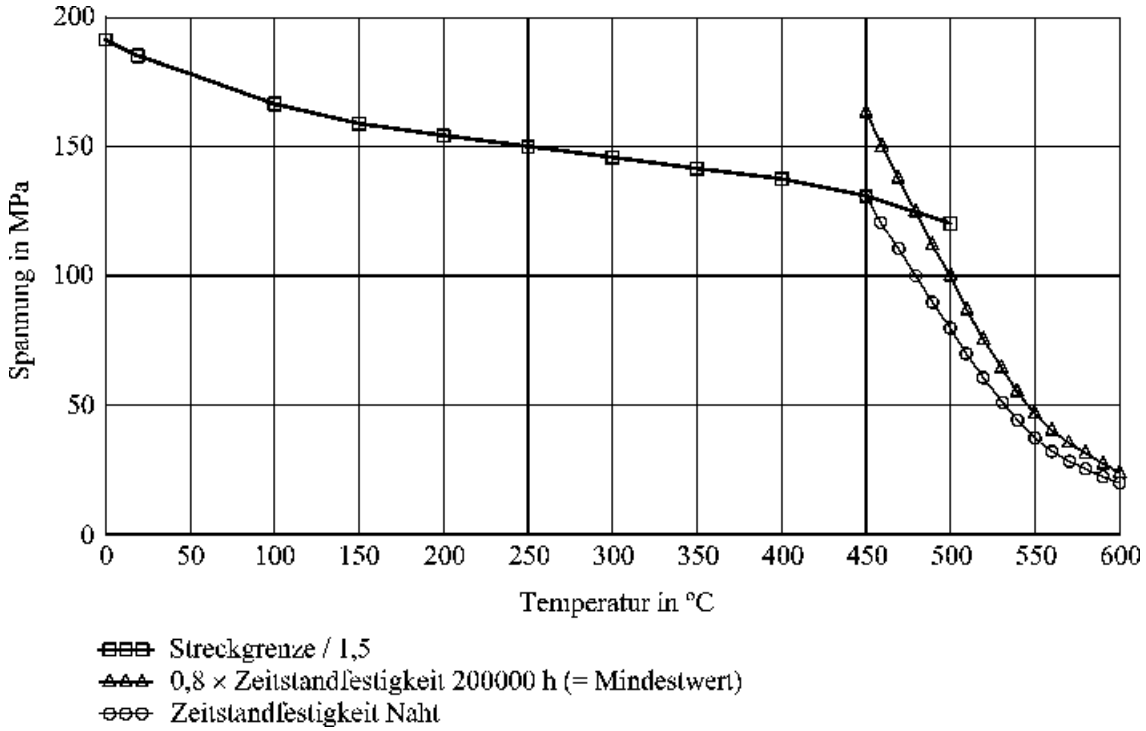
ANMERKUNG 1 Eine Extrapolation ist gemäß ECCC-Regeln maximal mit dem Faktor 3,0 auf der Zeitachse zulässig. **Voraussetzung** dafür ist, dass die zur Extrapolation verwendeten Kennwerte abgesicherte Werte aus Versuchsreihen sind und nicht selbst bereits durch Extrapolation entstanden sind.

ANMERKUNG 2 Liegen Kennwerte für 250000 h vor (z. B. aus DIN EN 10216-2), ist Gleichung (4) unter Einhaltung der o. g. Sicherheitsbeiwerte Sf_{cr} sinngemäß für die Interpolation zwischen 200000 h und 250000 h anzuwenden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Beispiele

1. Werkstoff 10CrMo9-10 Auslegung bei 520 °C für 200000 h mit Lebensdauerüberwachung



Für den Werkstoff 10CrMo9-10 existieren abgesicherte Zeitstandfestigkeitskennwerte für 200000 h, so dass diese zur Bestimmung von f_{cr} verwendet werden dürfen.

Im Beispiel wird angenommen, dass für die Schweißnaht nur 80 % des Zeitstandfestigkeitskennwertes des Grundwerkstoffs eingesetzt werden dürfen. Die Schnittpunkttemperatur für den Grundwerkstoff liegt bei 480 °C, für die Schweißnaht 450 °C.

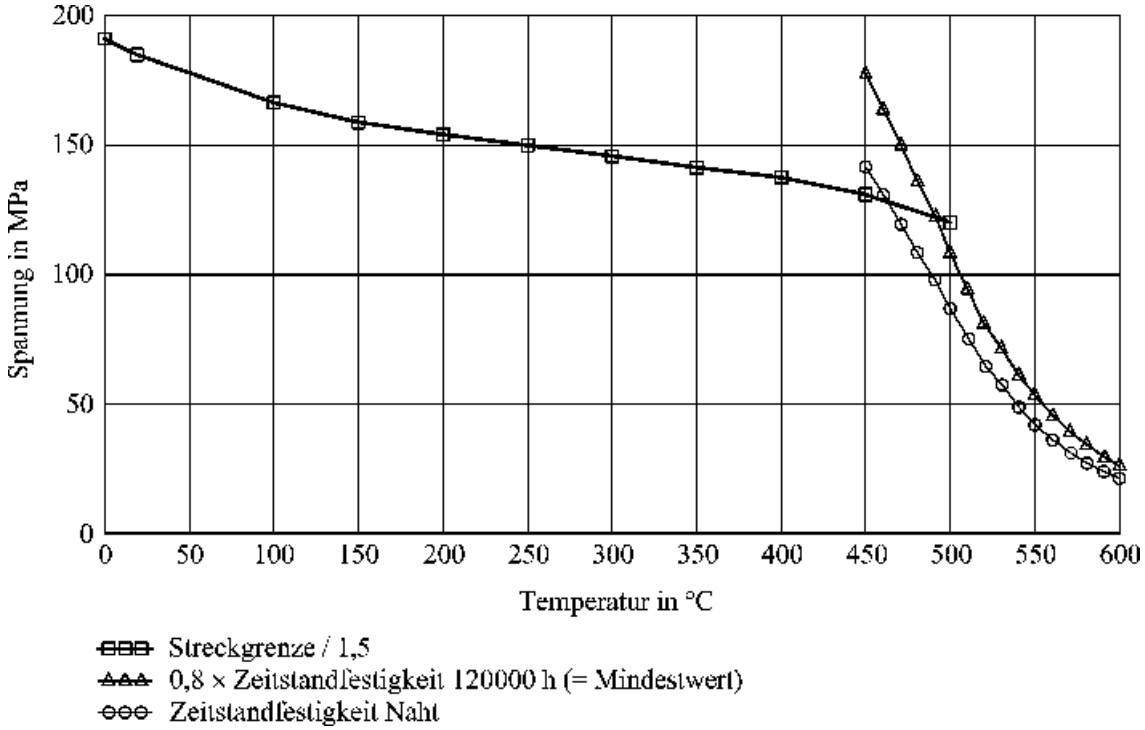
Bei einer Temperatur von 520 °C ergibt sich für den Grundwerkstoff unter Anwendung von Gleichung (1) eine Bemessungsspannung f_{cr} von:

$$f_{cr} = 0{,}8 \cdot 94 = 75{,}2 \text{ MPa}$$

Für die im Beispiel unterstellte Abminderung der Zeitstandfestigkeitskennwerte der Schweißnaht auf 80 % dürfte demzufolge $f_{cr(Naht)} = 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 94 = 60{,}2$ MPa angesetzt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2. Werkstoff 10CrMo9-10 Auslegung bei 520 °C für 120000 h mit Lebensdauerüberwachung



Für den Werkstoff 10CrMo9-10 existieren abgesicherte Zeitstandfestigkeitskennwerte für 120000 h, so dass diese zur Bestimmung von f_{cr} verwendet werden dürfen. Die Interpolation erfolgte nach Gleichung (4).

Im Beispiel wird angenommen, dass für die Schweißnaht nur 80 % des Zeitstandfestigkeitskennwertes des Grundwerkstoffs eingesetzt werden dürfen. Die Schnittpunkttemperatur für den Grundwerkstoff liegt bei 491 °C, für die Schweißnaht 463 °C.

Bei einer Temperatur von 520 °C ergibt sich für den Grundwerkstoff unter Anwendung der Gleichungen (4) und (1) eine Bemessungsspannung f_{cr} von:

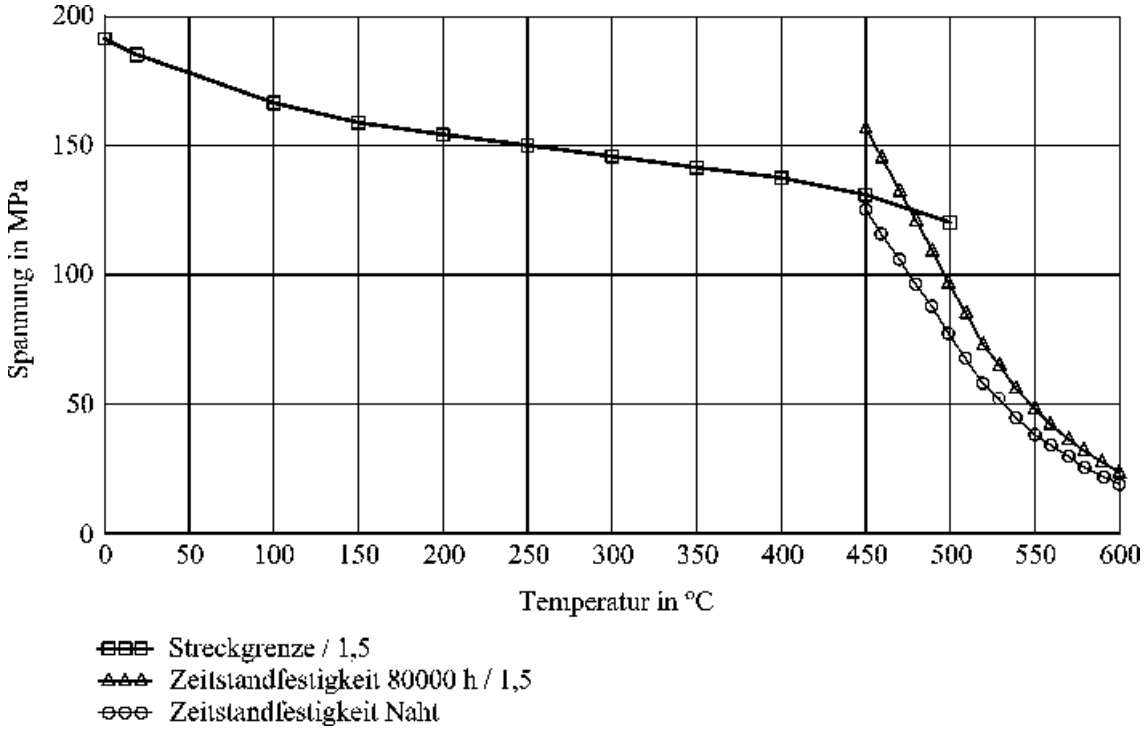
$$R_{m,t,\vartheta} = 10^{\frac{\lg(105)-\lg(94)}{\lg(200000)-\lg(100000)} \cdot \{\lg(200000)-\lg(120000)\}+\lg(94)} = 102\ \text{MPa}$$

$$f_{cr} = 0{,}8 \cdot 102 = 81{,}6\ \text{MPa}$$

Für die im Beispiel unterstellte Abminderung der Zeitstandfestigkeitskennwerte der Schweißnaht auf 80 % dürfte demzufolge $f_{cr(Naht)} = 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 102 = 65{,}3\ \text{MPa}$ angesetzt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3. Werkstoff 10CrMo9-10 Auslegung bei 520 °C für 80000 h ohne Lebensdauerüberwachung



Da keine Lebensdauerüberwachung vorgesehen ist, muss ein Sicherheitsbeiwert $Sf_{cr} = 1{,}5$ auf den Zeitstandfestigkeitskennwert für 80000 h zur Bestimmung von f_{cr} angewendet werden. Die Interpolation erfolgte nach Gleichung (3).

Im Beispiel wird angenommen, dass für die Schweißnaht nur 80 % des Zeitstandfestigkeitskennwertes des Grundwerkstoffs eingesetzt werden dürfen. Die Schnittpunkttemperatur für den Grundwerkstoff liegt bei 477 °C. Für die (abgeminderte) Schweißnaht ist kein Schnittpunkt mehr vorhanden, so dass ab 450 °C mit Zeitstandfestigkeitskennwerten gerechnet werden muss.

Bei einer Temperatur von 520 °C ergibt sich für den Grundwerkstoff unter Anwendung der Gleichungen (3) und (2) mit $Sf_{cr} = 1{,}5$ eine Bemessungsspannung f_{cr} von:

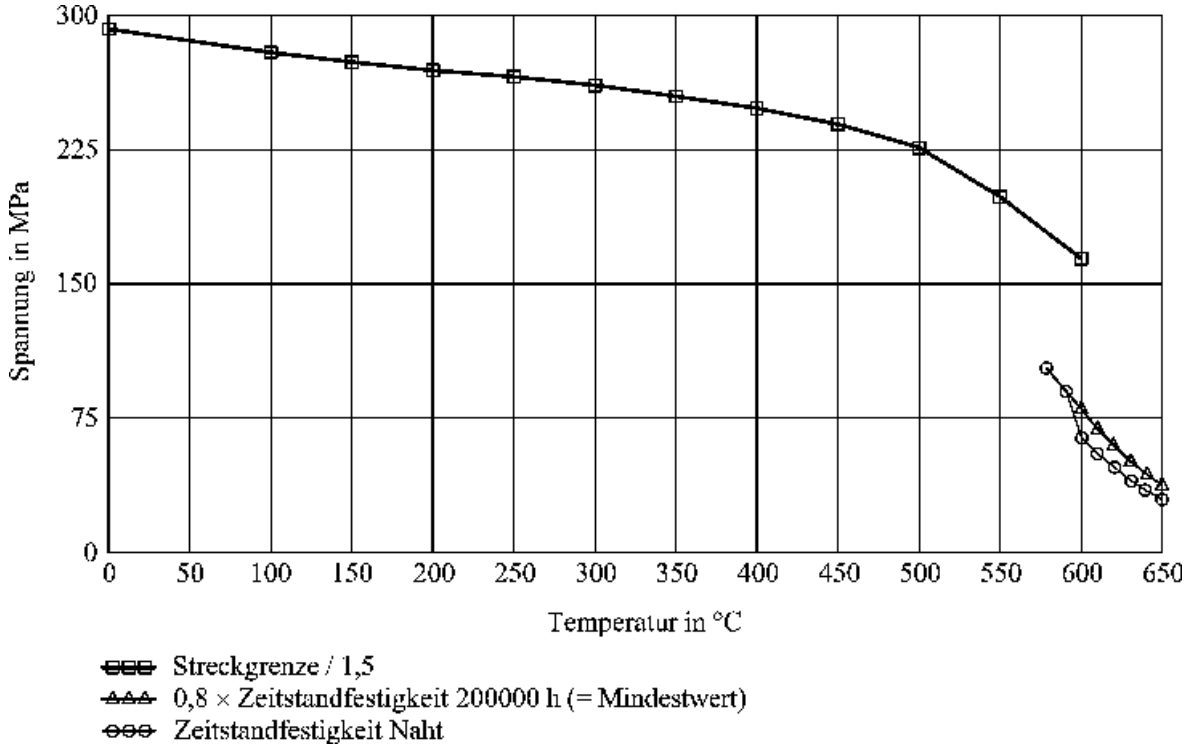
$$R_{m,t,\vartheta} = 10^{\frac{\lg(158)-\lg(105)}{\lg(100000)-\lg(10000)} \cdot \{\lg(100000)-\lg(80000)\}+\lg(105)} = 109\ \text{MPa}$$

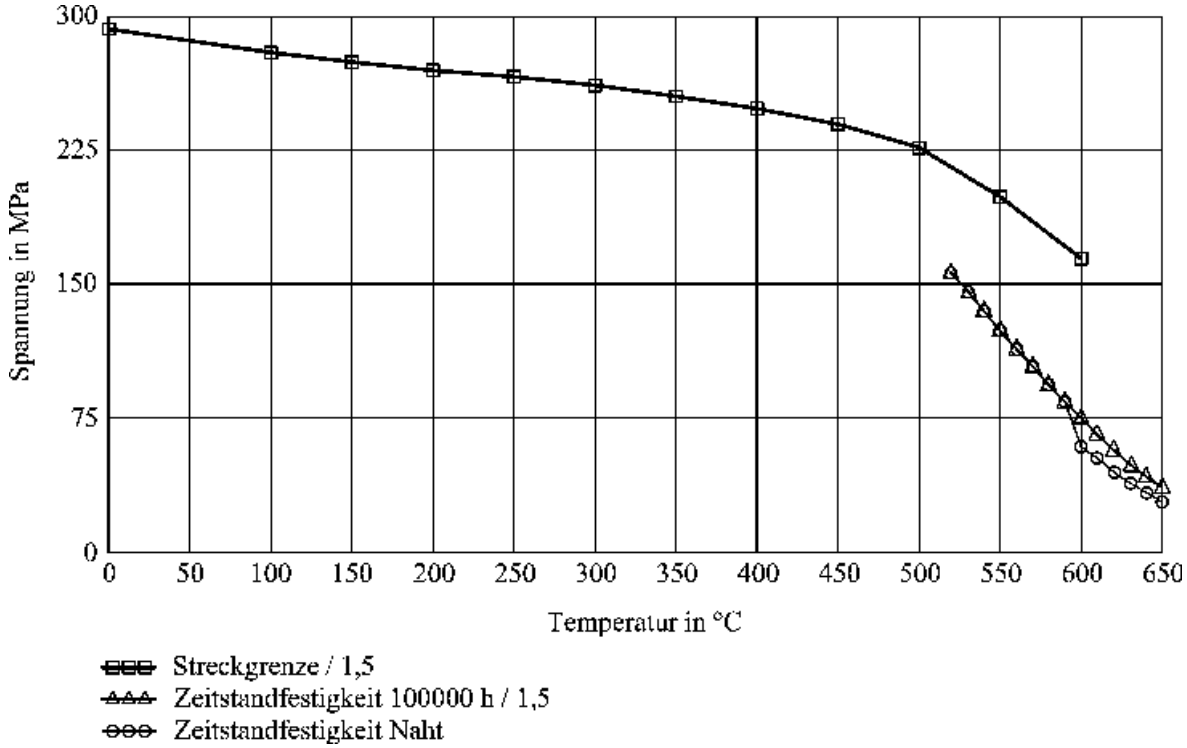
$$f_{cr} = \frac{109}{1{,}5} = 72{,}7\ \text{MPa}$$

Für die im Beispiel unterstellte Abminderung der Zeitstandfestigkeitskennwerte der Schweißnaht auf 80 % dürfte demzufolge $f_{cr} = \frac{0{,}8 \cdot 109}{1{,}5} = 58{,}1\ \text{MPa}$ angesetzt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4. Werkstoff X10CrWMoVNb9-2 (P92) Auslegung bei 620 °C für 200000 h mit Lebensdauerüberwachung





Die Grafiken zeigen die beiden Möglichkeiten der Bestimmung der zulässigen Spannungen f_{cr} für 200000-h-Auslegung. Beide Möglichkeiten finden derzeit Anwendung, da noch nicht für alle Temperaturen abgesicherte Kennwerte verfügbar sind, z. T. sind Kennwerte noch über den Faktor 3,0 auf der Zeitachse hinaus extrapoliert, siehe EN 10216-2. Die auf Basis solcher stark extrapolierten Werte ermittelten zulässigen Spannungen sind in Tabelle 2 mit * gekennzeichnet.

Die Grafiken berücksichtigen die z. B. laut VdTÜV-Kennblatt 09391.06 Ausgabe 05.11 zu berücksichtigende Abminderung der Zeitstandfestigkeit der Schweißnaht (80 % oberhalb von 600 °C).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tabelle 2 — Zulässige Spannungen f_{cr} für den Grundwerkstoff X10CrWMoVNb9-2 (P92) bei Auslegung für 200000 h

Temperatur in °C	f_{cr} aus 200000-h-Kennwerten in MPa	f_{cr} aus 100000-h-Kennwerten in MPa
520		157*
530		145*
540		135*
550		125*
560		115*
570		105*
580	103*	95
590	92*	85
600	81*	75
610	70*	67
620	61*	58
630	52*	50
640	45*	43
650	38*	37

Bei einer Temperatur von 620 °C ergibt sich aus den abgesicherten 100000-h-Kennwerten für den Grundwerkstoff unter Anwendung von Gleichung (2) mit $Sf_{cr} = 1{,}5$ eine Bemessungsspannung f_{cr} von:

$$f_{cr} = \frac{87}{1{,}5} = 58{,}0 \text{ MPa}$$

Für die laut VdTÜV-Kennblatt 09391.06 Ausgabe 05.11 geforderte Abminderung der Zeitstandfestigkeitskennwerte der Schweißnaht auf 80 % dürfte demzufolge

$$f_{cr(Naht)} = \frac{0{,}8 \cdot 87}{1{,}5} = 46{,}4 \text{ MPa}$$

angesetzt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 2 zum AD 2000-Merkblatt S 6

Berücksichtigung von Zeiträumen mit unterschiedlichen Betriebsparametern im Zeitstandbereich

Sind während der geplanten Gesamtbetriebszeit Zeiträume mit unterschiedlichen Betriebsparametern vorgesehen, muss die Dimensionierung des Bauteils daraufhin überprüft werden. Dies geschieht, indem die aus den einzelnen Zeiträumen resultierende Zeitstanderschöpfung zur Gesamt-Zeitstanderschöpfung kumuliert wird. Wird dabei der zulässige Erschöpfungsgrad (100 % abzüglich des Anteils für Wechselerschöpfung) überschritten, ist die Bauteildimensionierung zu verändern.

Im Folgenden wird ein vereinfachtes Verfahren beschrieben, welches davon ausgeht, dass die lineare Schadensakkumulation (ohne Reihenfolgeeinfluss) die Schädigungsentwicklung richtig wiedergibt. Dieses vereinfachte Verfahren darf nicht angewendet werden, wenn z. B. eine ausgeprägte Kriech-Ermüdungsbelastung zu erwarten ist, bei der ein Bauteilversagen schon bei theoretischen Erschöpfungsgraden < 1 zu erwarten wäre.

Praktische Vorgehensweise

Die Geometrie des Bauteils wird durch einen Parameter G beschrieben, der folgende Eigenschaft hat:

$$\sigma = G \cdot \frac{p}{10}$$

Ein solcher Parameter G lässt sich für jedes nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe B zu dimensionierende Bauteil definieren. Für den einfachsten Fall der Zylinderschale ergibt sich:

$$G = \frac{D_\mathrm{a} - s_\mathrm{min}}{2 \cdot s_\mathrm{min} \cdot v}$$

Die Zeitstanderschöpfung wird wie folgt bestimmt:

$$D = \sum_{i=1}^{n} D_\mathrm{i}\left(G, p_\mathrm{i}, \theta_\mathrm{i}, T_\mathrm{i}\right)$$

Erreicht D unzulässig große Werte, lässt sich dies leicht durch Verändern des Parameters G beeinflussen. Durch Rückrechnung gemäß o. a. Gleichungen lässt sich so eine geänderte Wanddicke des Bauteils ermitteln.

Beispiel:

Eine Zylinderschale (Rohr) mit Außendurchmesser $D_\mathrm{a} = 273$ mm aus dem Werkstoff 16Mo3 nach DIN EN 10216-2 soll für einen Berechnungsdruck $p = 85$ bar, eine Berechnungstemperatur $\theta = 510$ °C und eine Betriebsdauer von 100000 h ausgelegt werden. Da keine Lebensdauerüberwachung vorgesehen ist, ist ein Sicherheitsbeiwert $Sf_\mathrm{cr} = 1{,}5$ einzusetzen. Die Dimensionierung nach AD 2000-Merkblatt B 1 ergibt eine erforderliche Mindestwanddicke von 19,48 mm (Zuschläge für Minustoleranz und ggf. Abnutzung nicht berücksichtigt).

$$s = \frac{D_\mathrm{a} \cdot p}{20\frac{K}{Sf_\mathrm{cr}} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \Rightarrow s_\mathrm{min} = \frac{273 \cdot 85}{20\frac{83{,}0}{1{,}5} \cdot 1{,}0 + 85} + 0 + 0 = 19{,}48$$

Wird die ausgeführte Wanddicke so gewählt, dass nach Abzug von Minustoleranz und ggf. Abnutzung eine effektive Wanddicke von 20 mm zur Verfügung steht, ergibt sich die in nachfolgender Tabelle dargestellte Zeitstanderschöpfung nach 100000 Stunden.

	Druck in bar	Temperatur in °C	Sigma in MPa	Betriebszeit in h	Erschöpfung in %
	85	510	53,8	100000	91,10
Summen:				**100000**	**91,10**

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Werden für das gleiche Bauteil unterschiedliche Betriebsparameter innerhalb der 100000 Stunden gefordert, muss die Dimensionierung daraufhin überprüft werden, siehe folgende Tabelle.

	Druck in bar	Temperatur in °C	Sigma in MPa	Betriebszeit in h	Erschöpfung in %
	85	510	53,8	80000	72,88
	70	520	44,3	10000	10,79
	60	530	38,0	10000	14,26
Summen:				**100000**	**97,93**

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 3 zum AD 2000-Merkblatt S 6 (informativ)

Lebensdauerüberwachung von im Zeitstandbereich betriebenen Bauteilen

Allgemeines

Die Dimensionierung von Bauteilen unter Innendruck, die im Zeitstandbereich betrieben werden, darf mit einem Sicherheitsbeiwert von mindestens $Sf_{cr} = 1{,}25$ ausgeführt werden (AD 2000-Merkblatt S 6, Abschnitt 4.3). Das bedeutet, die Sicherheit gegen den Mindestwert der Zeitstandfestigkeit bei Berechnungstemperatur und spezifizierter Lebensdauer beträgt dann 1,0. In solchen Fällen ist die Überwachung der Lebensdauer zwingend erforderlich, dazu sind folgende Maßnahmen erforderlich/möglich.

ANMERKUNG Die untere Streubandgrenze der Zeitstandfestigkeit entspricht dem 0,8-Fachen des Mittelwertes bzw. der Mittelwert dividiert durch 1,25 ergibt den Wert der unteren Grenze des Streubandes.

Aufzeichnung von Betriebsdaten

Die Betriebstemperatur und der Betriebsdruck sind im Normalbetrieb meist niedriger als die der Auslegung zugrunde liegenden. Darüber hinaus sind die Zeitstandfestigkeitskennwerte der Werkstoffe meist höher als die zur Auslegung angenommene untere Streubandgrenze. Im Normalfall führt das zu einer Verlängerung der tatsächlichen Bauteillebensdauer, die durch die Maßnahmen der Lebensdauerüberwachung zu verifizieren ist. Eine möglichst genaue Aufzeichnung von Betriebsdaten (p, θ, t) [1], [2] verbessert die Treffsicherheit der theoretischen Lebensdauerberechnung und trägt dazu bei, die Prüfintervalle erforderlicher zerstörungsfreier Prüfungen zu optimieren.

Berechnung der Zeitstanderschöpfung bzw. der theoretischen Restlebensdauer

Auf Basis der aufgezeichneten Betriebsdaten (direkt oder klassiert) wird die erreichte Zeitstanderschöpfung nach Gleichungen (1) und (2) bzw. die verbleibende theoretische Restlebensdauer berechnet. Für R_{m1} und R_{m2} sind die Mindestwerte der Zeitstandfestigkeiten (0,8 × Mittelwert) für die jeweiligen Zeiten t_1 und t_2 einzusetzen (Bild 1).

$$t_{al} = 10^{\frac{\lg\frac{\sigma}{R_{m2}} \cdot \lg\frac{t_2}{t_1}}{\lg\frac{R_{m2}}{R_{m1}}} + \lg(t_2)} \tag{1}$$

$$D_c = \sum_{i=1}^{n} \Delta D_{ci} = \sum_{i=1}^{n} \frac{t_{op}}{t_{al}} \tag{2}$$

Die zur Bewertung der Zeitstanderschöpfung relevante Spannung σ wird berechnet, indem die Auslegungsgleichungen nach der Spannung aufgelöst werden. Für die Berechnung ist die gemessene (tatsächliche) Wanddicke der Bauteile einzusetzen, d. h. jede Wanddickenschwächung infolge Korrosion oder Erosion während der Betriebslebensdauer bis zum Analysezeitpunkt ist zu berücksichtigen.

Bewertung der kumulierten Kriechdehnung

Zur Verfolgung der Kriechdehnung kommen mehrere Methoden in Betracht. An zylindrischen oder kugelförmigen Bauteilen unter innerem Überdruck kann z. B. mittels Durchmessermessungen während Revisionen die Aufweitung des Bauteils bestimmt und daraus auf die Kriechdehnung geschlossen werden. Online-Messungen der Dehnung während des Betriebes sind ebenfalls möglich, jedoch sehr aufwändig. Gemäß [1] gilt die Empfehlung, dass bei einer Kriechdehnung von $\varepsilon_{cr} = 1$ % die Prüffristen zu verkürzen sind, bei Erreichen von $\varepsilon_{cr} = 2$ % ist das betreffende Bauteil auszutauschen.

Bewertung von Rissen

Zeitstandrisse — Beurteilungsklassen 4 und 5 nach [5] — dürfen ausgeschliffen werden, wenn dadurch die Tragfähigkeit des Bauteils nicht unzulässig beeinträchtigt wird [3]. Nach Feststellung wesentlicher Risse ist das Bauteil auszutauschen. Als wesentliche Risse gelten solche, die für das Bauteil Berstgefahr bedeuten bzw. deren Reparatur nicht vertretbar ist [1].

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

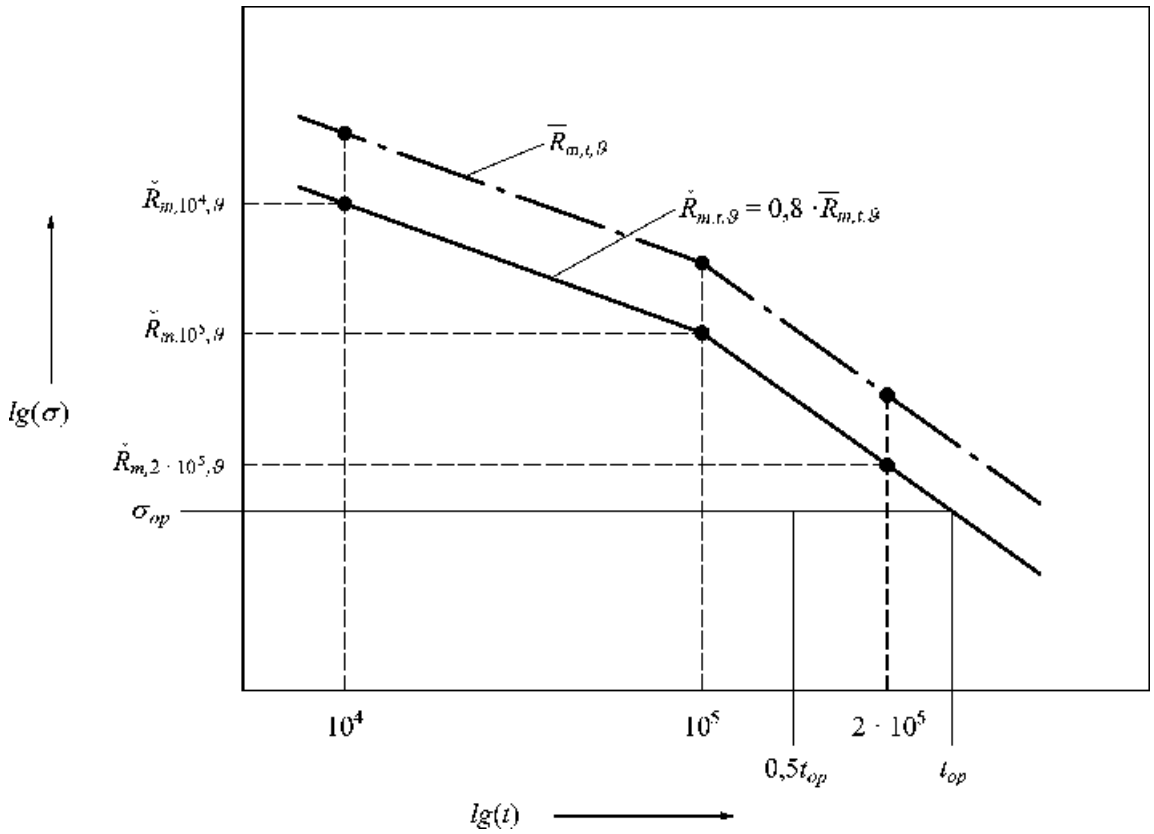


Bild 1 — Diagramm zur Ermittlung der zulässigen Betriebszeit t_{op}
(0,5 t_{op} = Beginn von ZfP-Maßnahmen)

Zeitstand- und Wechselerschöpfung

Wenn an einem Bauteil Zeitstand- und Wechselerschöpfung auftreten, kann zur Bewertung der Wechselerschöpfung AD 2000-Merkblatt S 2 benutzt werden. Es gilt als konservativ, die Zeitstand- und die Wechselerschöpfung einfach zu addieren. Bei Bedarf können genauere Verfahren verwendet werden, siehe PD 7910 [6]. Da beide Erschöpfungsarten meist an unterschiedlichen Stellen am Bauteil auftreten, muss dieses nicht unbedingt ausgetauscht werden, wenn die berechnete Gesamterschöpfung den Wert von 1 überschreitet. Es sind jedoch geeignete zusätzliche zerstörungsfreie Prüfmaßnahmen vorzusehen [1].

Maßnahmen bei Erreichen bestimmter Erschöpfungsgrade

Bei Erreichen einer Gesamterschöpfung von $e = 50$ % sollten geeignete Maßnahmen der zerstörungsfreien Prüfung vorgenommen werden, siehe [1], [3]. Bevorzugtes Verfahren ist die Beurteilung des Gefügezustandes anhand der „VGB-Richtreihen zur Bewertung der Gefügeausbildung und Zeitstandschädigung“ [5].

Bei Erreichen von $e = 100$ % bzw. von $\varepsilon_{cr} = 1$ % ohne Vorliegen wesentlicher Schädigungen sind Prüfumfänge zu erhöhen und/oder Prüffristen zu verkürzen.

Schrifttum

[1] TRD 508/TRD 508, Anlage 1

[2] EN 12952-4

[3] EN 13445-3, Annex M

[4] VGB-Richtlinie R-509 L

[5] VGB TW 507 Revision 2 (2005)

[6] PD 7910, British Standardization Institute, London, UK

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2016**

Werkstoffe für Druckbehälter	Allgemeine Grundsätze für Werkstoffe	AD 2000-Merkblatt W 0

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Allgemeine Anforderungen 2
3 Werkstoffe für Druckbehälter 3
4 Schweißzusätze und andere Verbindungsstoffe 4

Ersatz für Ausgabe Juli 2006; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die AD 2000-Merkblätter der Reihe W gelten für metallische Werkstoffe, die in verschiedenen Erzeugnisformen für die Herstellung von drucktragenden Teilen für Druckbehälter verwendet werden.

Dieses AD 2000-Merkblatt legt allgemeine Grundsätze für Herstellung, Prüfung und Nachweis der Güteeigenschaften der Erzeugnisse fest.

Die AD 2000-Merkblätter der Reihe W regeln die Anwendung und die Anforderungen für die Erzeugnisformen wie z. B. Blech, Band, Rohr.

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nicht für Werkstoffe von

- Dichtungen und
- An- und Einbauteilen.

Für Gehäuse von Ausrüstungsteilen gilt zusätzlich das AD 2000-Merkblatt A 4.

Für Pressteile aus Stahl sowie Aluminium und Aluminiumlegierungen gilt zusätzlich das AD 2000-Merkblatt HP 8/1. Für Formstücke aus unlegierten und legierten Stählen gilt zusätzlich das AD 2000-Merkblatt HP 8/3.

Für nichtmetallische Werkstoffe gelten die AD 2000-Merkblätter der Reihe N.

2 Allgemeine Anforderungen

2.1 Die Werkstoffe müssen am fertigen Bauteil die erforderlichen mechanischen Eigenschaften haben.

Werkstoffe, die dem Beschickungsgut ausgesetzt sind, dürfen von diesem nicht in gefährlicher Weise angegriffen werden und mit diesem keine gefährlichen Verbindungen eingehen.

2.2 Der Besteller/Betreiber oder der Hersteller des Druckbehälters hat die Werkstoffe so auszuwählen, dass sie bei werkstoffgerechter Weiterverarbeitung in ihren Eigenschaften den Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter, Rohrleitungen und Ausrüstungsteile genügen.

2.3 Die zur Erfüllung der Anforderungen nach Abschnitt 2.1 und 2.2 erforderlichen Güteeigenschaften der Werkstoffe im Lieferzustand und die qualitätsbeeinflussenden Maßnahmen bei der Weiterverarbeitung sind in einer Werkstoffspezifikation festzulegen. Vorzugsweise geschieht dies ganz oder teilweise durch Bezugnahme auf Normen oder andere technische Lieferbedingungen.

Nach Anhang I, Abschnitt 4.2 der Druckgeräterichtlinie dürfen nur Werkstoffe verwendet werden, für die

- eine harmonisierte Norm,
- eine europäische Werkstoffzulassung oder
- ein Einzelgutachten

vorliegt.

In den AD 2000-Merkblättern sind neben Werkstoffen nach harmonisierten Normen auch Werkstoffe aufgeführt, für die keine harmonisierten Normen oder europäischen Werkstoffzulassungen vorliegen. Diese Werkstoffe, z. B. nach DIN-Normen, Stahl-Eisen-Werkstoffblättern oder VdTÜV-Werkstoffblättern, haben sich für den Bau von Druckbehältern bewährt. Sie erfüllen bei Anwendung des AD 2000-Regelwerkes die Werkstoffanforderungen nach Anhang I, Abschnitt 4.1 der Druckgeräterichtlinie und können ohne zusätzlichen Prüfaufwand über die zuständige unabhängige Stelle als einzelbegutachtet angesehen und eingesetzt werden.

2.4 Die Erzeugnisse sind im Allgemeinen im Herstellwerk zu prüfen.

Für die Durchführung der Prüfungen gelten die einschlägigen Normen und Stahl-Eisen-Prüfblätter, soweit in der Werkstoffspezifikation keine anderen Festlegungen getroffen worden sind (siehe auch Abschnitt 3.4.1).

Für Kerbschlagbiegeprüfungen sind grundsätzlich Hammerfinnen mit einem Radius von 2 mm zu verwenden (KV_2). Sofern die Entnahme von Normal-Proben nicht möglich ist, sind Untermaß-Proben mit einem Nennmaß ≥ 5 mm zu verwenden. Ist auch dies nicht möglich, entfällt die Kerbschlagbiegeprüfung.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3 Werkstoffe für Druckbehälter

3.1 Besondere Anforderungen

3.1.1 Die Werkstoffspezifikation ist die Grundlage für die Beurteilung der Eignung des Werkstoffes für Druckbehälter.

Sie muss zur Erfüllung der allgemeinen Anforderungen nach Abschnitt 2 mindestens

- die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung und an die mechanisch-technologischen Eigenschaften,
- die Festlegungen zu Art und Vorgehen bei der Verarbeitung und Wärmebehandlung,
- die Festlegungen zur Werkstoffprüfung sowie zu Art und Inhalt der Prüfbescheinigung,
- die Festlegungen zur Kennzeichnung und
- die Festlegungen zu den Kennwerten für die Bemessung enthalten.

3.1.2 Der Hersteller der Werkstoffe muss

- über Einrichtungen für ein sachgemäßes Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen,
- über fachkundiges Personal für das Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen sowie eine Prüfaufsicht für die zerstörungsfreien Prüfungen haben, soweit solche in der Werkstoffspezifikation festgelegt sind,
- die Erzeugnisse nach einem geeigneten Verfahren herstellen und
- durch Güteüberwachung mit entsprechenden Aufzeichnungen die sachgemäße Herstellung der Erzeugnisse sowie die Einhaltung der in der Werkstoffspezifikation genannten Anforderungen sicherstellen.

Dies gilt auch für die Hersteller von Vormaterial.

Sofern die Werkstoffspezifikation oder die anzuwendende Technische Regel zerstörungsfreie Prüfungen vorsieht, müssen die Prüfeinrichtungen, z. B. bei der Herstellung von längsnahtgeschweißten Rohren, erstmalig durch qualifiziertes Personal des Herstellers überprüft und von einem Mitarbeiter der zuständigen unabhängigen Stelle bewertet werden. Das Personal sowohl für die Prüfung der Prüfeinrichtungen durch den Hersteller als auch für die Bewertung des Prüfergebnisses durch die zuständige unabhängige Stelle muss mindestens entsprechend der Stufe 2 gemäß DIN EN ISO 9712 im jeweiligen Prüfverfahren qualifiziert sein.

Sofern der Hersteller Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 ausstellt, muss er zusätzlich über ein dokumentiertes Qualitätsmanagementsystem verfügen.

Der Abnahmebeauftragte des Herstellers, der Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 des Herstellers ausstellt, muss die Bedingungen der DIN EN 10204 erfüllen. Der Name und der Prüfstempel dieser Person müssen der zuständigen unabhängigen Stelle bekannt sein.

3.2 Feststellung der Eignung der Werkstoffe

3.2.1 Die Eignung der Werkstoffe wird anhand der Werkstoffspezifikation nach Abschnitt 3.1.1 durch die zuständige unabhängige Stelle festgestellt. Ist die Feststellung der Eignung der Werkstoffe anhand der Werkstoffspezifikation nicht möglich, sind durch die zuständige unabhängige Stelle die sicherheitstechnisch notwendigen Anforderungen zu ergänzen und entsprechende Prüfungen am Erzeugnis festzulegen.

Das Ergebnis der Eignungsfeststellung ist von der zuständigen unabhängigen Stelle schriftlich niederzulegen.

Im Fall der Eignungsfeststellung für eine allgemeine Anwendung muss dies in Form einer europäischen Werkstoff-Zulassung erfolgen (z. B. Verfahren nach den VdTÜV-Merkblättern 1255 bis 1264)[1)].

Liegt eine Eignungsfeststellung für eine allgemeine Anwendung nicht vor, kann die zuständige unabhängige Stelle ein Einzelgutachten erstellen.

3.2.2 Die in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W genannten Werkstoffe sind zur Verwendung innerhalb der Anwendungsgrenzen geeignet, die in dem jeweiligen AD 2000-Merkblatt angegeben werden. Die Verwendung in anderen Anwendungsgrenzen ist nach Feststellung der Eignung nach Abschnitt 3.2.1 zulässig.

Die AD 2000-Merkblätter der Reihe W werden laufend an den Stand der Normung angepasst. Die Verwendung von Werkstoffen, die nach früher gültigen Ausgaben des AD- bzw. AD 2000-Regelwerkes geliefert wurden, ist weiterhin zulässig.

3.3 Nachweis der Erfüllung der Anforderungen an den Hersteller

3.3.1 Der Hersteller der Werkstoffe hat der zuständigen unabhängigen Stelle nachzuweisen, dass die Anforderungen nach Abschnitt 3.1.2 erfüllt sind. Bestehende QM-Systeme sind dabei zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Überprüfung sind durch die zuständige unabhängige Stelle zu bestätigen. Dies geschieht in der Regel vor der ersten Lieferung.

Die Bestätigung hat eine Gültigkeit von drei Jahren und verlängert sich ohne zusätzliche Prüfung, sofern sich die zuständige unabhängige Stelle mindestens einmal jährlich davon überzeugt, dass die werkstoffspezifischen Anforderungen erfüllt sind. Dies kann auch im Rahmen laufender Werkstoffabnahmeprüfungen durch die zuständige unabhängige Stelle erfolgen.

Hersteller, die die Anforderungen nach Abschnitt 3.1.2 erfüllen, sind zum Beispiel im VdTÜV-Merkblatt Werkstoffe 1253/1 gelistet.

---

1) Zu beziehen bei: TÜV-Media GmbH, Am Grauen Stein, 51105 Köln.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.3.2 Der Nachweis nach Abschnitt 3.3.1 kann im Einzelfall ersetzt werden durch eine sachgerechte Ausweitung der Prüfungen an der Lieferung, z. B. durch Überprüfung der chemischen Zusammensetzung am Stück, Nachprüfung des Wärmebehandlungszustandes, zusätzliche Probenahme zum Nachweis der gleichmäßigen Beschaffenheit. Die erforderlichen Zusatzprüfungen sind von der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen.

3.4 Prüfung, Kennzeichnung und Nachweis der Güteeigenschaften

3.4.1 (1) Maßgebend für die Prüfung und die Kennzeichnung der Werkstoffe sowie für den Nachweis der Güteeigenschaften sind die Festlegungen bei der Eignungsfeststellung nach Abschnitt 3.2, wobei die Kennzeichnung mindestens die Angaben umfassen muss, die für ein vergleichbares Erzeugnis nach dem entsprechenden AD 2000-Merkblatt der Reihe W festgelegt sind.

(2) Im Gütenachweis sind die Liefermenge, die kennzeichnenden Abmessungen und der vollständige Wortlaut der Kennzeichnung anzugeben.

(3) Verwendet der Hersteller für eine Erzeugnisform Werkstoffe, die er nicht selbst erschmolzen hat, so müssen hierfür Bescheinigungen des Vormaterial-Herstellers vorliegen, die Angaben zur chemischen Zusammensetzung, die Werkstoffbezeichnung, die Kennzeichnung, die kennzeichnenden Abmessungen und die Liefermenge enthalten.

3.4.2 (1) Die zum Nachweis der Güteeigenschaften erforderlichen Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 sind werkstoffabhängig in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W festgelegt. Soweit zerstörungsfreie Prüfungen vorgesehen sind, werden diese in der Regel in einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 bescheinigt.

Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204:1995 behalten im Sinne des AD 2000-Regelwerkes vorerst ihre Gültigkeit, wenn die Voraussetzungen nach den Abschnitten 3.1.2 und 3.4.3 erfüllt sind.

(2) Wird als Nachweis der Güteeigenschaften ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204:2005, Abschnitt 4.2 festgelegt, so sind die mechanisch-technologischen Prüfungen (z. B. Zugversuch, Kerbschlagbiegeversuch, Biegeversuch, Ring- und Faltversuch) und die Besichtigungen und Maßprüfungen im Beisein der zuständigen unabhängigen Stelle durchzuführen. Sofern der zuständigen unabhängigen Stelle eine ausreichende Fertigungssicherheit nachgewiesen wurde, ist eine stichprobenweise Besichtigung und Maßprüfung durch die zuständige unabhängige Stelle zulässig. Der Übergang auf eine stichprobenweise Prüfung ist dem Hersteller schriftlich zu bestätigen. Der zuständigen unabhängigen Stelle ist auf Verlangen die chemische Zusammensetzung der Schmelze, die Erschmelzungsart, die Herstellungsart und der Lieferzustand des Erzeugnisses bekannt zu geben, soweit in der Werkstoffspezifikation aufgrund der Eignungsfeststellung nach Abschnitt 3.2 nichts anderes festgelegt ist.

Die zuständige unabhängige Stelle ist berechtigt, den Herstellungsgang zu beobachten. Der Fertigungs- und Prüfablauf darf nicht beeinträchtigt werden.

In Fällen nach Abschnitt 3.4.1 (3) sind der zuständigen unabhängigen Stelle die Bescheinigungen des Vormaterial-Herstellers vorzulegen.

3.4.3 Bei Anwendung der DIN EN 10204:1995 ist die Einhaltung der Anforderungen der Werkstoffspezifikation und der Bestellung vom Hersteller zu bestätigen.

Prüfbescheinigungen (3.1.A), 3.1.C und 3.2 nach DIN EN 10204:1995 sind im AD 2000-Regelwerk bezüglich des Abnahmeprüfzeugnisses 3.2 als gleichwertig zu betrachten. Für die Durchführung der Prüfungen durch die zuständige unabhängige Stelle gelten die Bedingungen nach Abschnitt 3.4.2 (2).

3.5 Ausbesserungen und Fertigungsschweißungen

Werkstofffehler dürfen nach den Festlegungen in der Werkstoffspezifikation ausgebessert werden. Sind in der Werkstoffspezifikation diesbezüglich keine Festlegungen getroffen worden, dürfen Ausbesserungen durch Schweißen mit Ausnahme von Fertigungsschweißungen bei Stahlguss nur im Einvernehmen mit dem Besteller und, soweit die zuständige unabhängige Stelle das Erzeugnis zu prüfen hat, mit der zuständigen unabhängigen Stelle durchgeführt werden.

Bei Ausbesserungen durch Schweißen sind Art und Umfang der Ausbesserungen sowie Art und Ergebnisse der an der ausgebesserten Stelle durchgeführten Prüfungen zu bescheinigen.

Für Fertigungsschweißungen an Stahlguss gelten die Festlegungen in DIN EN 1559-1, sofern in der Werkstoffspezifikation keine anderen Festlegungen getroffen worden sind. Für Fertigungsschweißungen an Stahlguss ist eine Verfahrensprüfung erforderlich, siehe AD 2000-Merkblatt W 5.

3.6 Kennwerte für die Bemessung

Für die Bemessung gelten die in der Werkstoffspezifikation festgelegten Kennwerte, sofern bei der Eignungsfeststellung nach Abschnitt 3.2 keine anderen Werte festgelegt worden sind.

4 Schweißzusätze und andere Verbindungsstoffe

4.1 Die Schweißzusätze, gegebenenfalls in Kombination mit Schweißhilfsstoffen, müssen für die Herstellung von Druckbehältern geeignet sein, d. h. das Schweißgut muss auf die Grundwerkstoffe abgestimmt und die hierfür erforderlichen Güteeigenschaften müssen in einer Schweißzusatzspezifikation festgelegt sein.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.2 Bei Loten und Klebstoffen kann die Eignung im Rahmen einer Verfahrensprüfung festgestellt werden.

4.3 Die Eignung ist anhand der Schweißzusatzspezifikation durch ein Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle festzustellen[2)]. Liegt eine Eignungsfeststellung für eine allgemeine Anwendung nicht vor, kann die Eignung für einen bestimmten bzw. gleichartigen Anwendungsfall im Rahmen einer erweiterten Verfahrensprüfung erfolgen.

Für die im VdTÜV-Kennblatt 1000 genannten Schweißzusätze ist die Eignung innerhalb der dort genannten Anwendungsgrenzen festgestellt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2) Siehe VdTÜV-Merkblatt 1153 – Richtlinien für die Eignungsprüfung von Schweißzusätzen.

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juli 2006**

Werkstoffe für Druckbehälter	**Flacherzeugnisse aus unlegierten und legierten Stählen**	**AD 2000-Merkblatt W 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Geeignete Werkstoffe
3 Prüfung
4 Kennzeichnung
5 Nachweis der Güteeigenschaften
6 Kennwerte für die Bemessung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Flacherzeugnisse (Blech, Band, Breitflachstahl; s. DIN EN 10079) aus unlegierten und legierten ferritischen Stählen zum Bau von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen herab bis −10 °C und bis zu den in Abschnitt 2 genannten oberen Temperaturgrenzen betrieben werden.

Für Betriebstemperaturen unter −10 °C gilt zusätzlich das AD 2000-Merkblatt W 10.

1.2 Für Flacherzeugnisse aus austenitischen Stählen gilt das AD 2000-Merkblatt W 2. Für plattiertes Blech ist das AD 2000-Merkblatt W 8 anzuwenden.

1.3 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an die Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeignete Werkstoffe

Es dürfen verwendet werden:

2.1 Unlegierte Baustähle S235JR, S235J2, S275JR, S275J2, S355J2, S355K2 nach DIN EN 10025-2 in den Anwendungsgrenzen und Lieferzuständen nach Tafel 1.

Ersatz für Ausgabe Oktober 2004; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.2 Stähle für einfache Druckbehälter nach DIN EN 10207 in den Anwendungsgrenzen nach Tafel 1.

2.3 Unlegierte und legierte warmfeste Stähle P235GH, P265GH, P295GH, P355GH, 16Mo3, 13CrMo4-5 und 10CrMo9-10 nach DIN EN 10028-2 in den Anwendungsgrenzen und Lieferzuständen nach Tafel 2 und legierte warmfeste Stähle 15NiCuMoNb5-6-4, 12CrMo9-10 und 20MnMoNi4-5 nach DIN EN 10028-2 in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 377/1, 404/1 und 440/1.

2.4 Schweißgeeignete normalgeglühte Feinkornbaustähle nach DIN EN 10028-3 in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352/1, 354/1 und 357/1.

2.5 Kaltzähe Stähle 11MnNi5-3, 13MnNi6-3, 12Ni14, X12Ni5 und X8Ni9 nach DIN EN 10028-4 bis 50 °C. Für den kurzzeitigen Betrieb bei höheren Temperaturen gilt AD 2000-Merkblatt W 10, Tafel 3 a. Für die Stahlsorten 11MnNi5-3 und 13MnNi6-3 ist die maximal zulässige Blechdicke auf 50 mm begrenzt.

2.6 Andere Werkstoffe und Werkstoffe nach 2.1 bis 2.5 außerhalb der dafür festgelegten Anwendungsgrenzen nach Eignungsfeststellung. Sie sollen die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen und für die Probenrichtung quer folgenden Mindestanforderungen genügen:

- Bruchdehnung bei Raumtemperatur $A \geq 16$ %,
- Kerbschlagarbeit an der V-Probe nach DIN EN 10045-1, bei tiefster Betriebstemperatur jedoch nicht höher als 20 °C $\geq$ 27 J (Mittelwert aus drei Versuchen). Bei Proben, die nicht der genormten Breite von 10 mm entsprechen, verringern sich die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit proportional dem Probenquerschnitt.

3 Prüfung

3.1 Für die Prüfung der Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.1 sind DIN EN 10025-1 und DIN EN 10025-2 maßgebend. Die Prüfung erfolgt nach Schmelzen. Bei Stahlsorten der Gütegruppe JR mit Nenndicken $\geq$ 6 mm ist der Kerbschlagbiegeversuch zusätzlich durchzuführen.

3.2 Die Prüfung der Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.2 erfolgt nach DIN EN 10207.

3.3 Die Prüfung der Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.3 erfolgt nach DIN EN 10028-2. Je Schmelze und Abmessungsbereich ist ein Zugversuch bei der maximal zulässigen Temperatur des Druckbehälters durchzuführen. Ist diese nicht bekannt, erfolgt die Prüfung bei 300 °C. Sofern in der Bestellung nichts anderes vereinbart, kann auf den Warmzugversuch verzichtet werden, wenn der Hersteller der zuständigen unabhängigen Stelle die Einhaltung der gestellten Anforderungen mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen hat. Im Abnahmeprüfzeugnis ist auf die Zustimmung durch die zuständige unabhängige Stelle zum Entfall des Warmzugversuches hinzuweisen.

3.4 Die Prüfung der Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.4 erfolgt nach DIN EN 10028-3. Für alle Stahlsorten der Reihe NH ist der Zugversuch bei der maximal zulässigen Temperatur des Druckbehälters durchzuführen. Wird die Temperatur bei der Bestellung nicht vorgegeben, erfolgt die Prüfung bei 300 °C. Die Prüfung ist je Schmelze und Abmessungsbereich durchzuführen. Sofern in der Bestellung nichts anderes vereinbart, kann auf den Warmzugversuch verzichtet werden, wenn der Hersteller der zuständigen unabhängigen Stelle die Einhaltung der gestellten Anforderungen mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen hat. Im Abnahmeprüfzeugnis ist auf die Zustimmung durch die zuständige unabhängige Stelle zum Entfall des Warmzugversuches hinzuweisen. Der Kerbschlagbiegeversuch wird an Querproben durchgeführt.

3.5 Die Prüfung der Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.5 erfolgt nach DIN EN 10028-4. Bei aus Band geschnittenen Blechen und Bändern ist der Kerbschlagbiegeversuch an Querproben durchzuführen.

3.6 Die Prüfung der Flacherzeugnisse aus anderen Werkstoffen nach Abschnitt 2.6 erfolgt nach den Festlegungen der Eignungsfeststellung.

3.7 Legierte Stähle sind je Prüfeinheit mit geeigneten Mitteln auf Werkstoffverwechselung zu prüfen und zu bescheinigen.

3.8 Jedes Blech ist auf Oberflächenbeschaffenheit zu prüfen.

3.9 Für die Prüfung nach Weiterverarbeitung gelten die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP.

4 Kennzeichnung

4.1 Flacherzeugnisse sind mindestens zu kennzeichnen mit

- Zeichen des Herstellerwerkes,
- Kurznamen der Stahlsorte oder Werkstoff-Nummer,
- Schmelzennummer,
- Zeichen der zuständigen unabhängigen Stelle (bei Abnahmeprüfzeugnis 3.2) bzw. Zeichen des Abnahmebeauftragten des Herstellers (bei Abnahmeprüfzeugnis 3.1).

Bei Lieferung mit Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204 sind die Bleche und Bänder, von denen die Probenabschnitte zum Nachweis der Güteeigenschaften entnommen werden, zusätzlich mit der Probenummer[1)] zu kennzeichnen.

Bei Blechen ist die Kennzeichnung an einem Ende so anzubringen, dass sie aufrecht steht, wenn man in Hauptwalzrichtung blickt. Die Kennzeichnung erfolgt durch Einprägen. Bei Nenndicken $\leq$ 5 mm ist eine dauerhafte Farbkennzeichnung zulässig.

Eine durch Einprägen aufgebrachte Kennzeichnung ist mit weißer Farbe zu markieren.

Bei aus Band geschnittenen Blechen ist unabhängig von der Nenndicke eine dauerhafte Farbkennzeichnung durch den Werkstoffhersteller zulässig, wenn bei der Bestellung nicht ausdrücklich eine andere Kennzeichnung vorgegeben ist.

Die Kennzeichnung von Band erfolgt auf einem Anhängeschild. Zusätzlich sind die äußeren Bandenden gleichlautend mit einer dauerhaften Farbkennzeichnung zu versehen.

Bei Lieferung von Blechen, die durch Zerteilen einer Walztafel oder eines Bandes hergestellt werden, ist die Kennzeichnung auf jedes Blech zu übertragen. Werden die Bleche gebündelt, so ist zusätzlich die Kennzeichnung auf einem Anhängeschild erforderlich.

4.2 Darüber hinaus gelten für Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.1 bis 2.5 die in den dort genannten Liefernormen bzw. VdTÜV-Werkstoffblättern getroffenen zusätzlichen Festlegungen.

4.3 Flacherzeugnisse aus anderen Werkstoffen nach Abschnitt 2.6 sind entsprechend den Festlegungen in der Eignungsfeststellung zu kennzeichnen.

---

1) Als Probenummer kann auch die Blech-Nr. oder die Band-Nr. dienen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5 Nachweis der Güteeigenschaften

5.1 Art der Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204

Der Nachweis der Güteeigenschaften der Flacherzeugnisse erfolgt mit einer Prüfbescheinigung gemäß Tafel 3.

Die Gültigkeit von Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204: 1995 ist im AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 3.4 geregelt.

5.2 Inhalt der Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204

Die Prüfbescheinigung muss die in DIN EN 10028-1 geforderten Angaben enthalten. Außerdem ist in jeder Prüfbescheinigung die der Lieferung zugrunde liegende Technische Lieferbedingung (z. B. DIN EN 10028-2) und Technische Regel (AD 2000-Merkblatt W 1) anzugeben.

6 Kennwerte für die Bemessung

6.1 Für Bleche und Bänder aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 gelten bis 50 °C die in DIN EN 10025-2 für Raumtemperatur angegebenen Werte der Streckgrenze. Für Berechnungstemperaturen von 100 bis 300 °C gelten die Werte der Tafel 4. Die dort angegebene Wanddicke bezieht sich auf die Wanddicke des Druckbehälters. Für die Herstellung von Flanschen aus Blechen gelten die Kennwerte des AD 2000-Merkblattes W 9.

Für die Bemessung ebener Böden und Platten nach AD 2000-Merkblatt B 5, die aus Blechen hergestellt wurden, gelten bis 50 °C die in DIN EN 10025-2 für Raumtemperatur angegebenen Werte der Streckgrenze und für Berechnungstemperaturen von 100 bis 300 °C die Werte der Tafel 5.

6.2 Für Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.2 gelten die in DIN EN 10207 festgelegten Werte.

6.3 Für Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.3 gelten die in DIN EN 10028-2 festgelegten Werte.

6.4 Für Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.4 gelten die in DIN EN 10028-3 festgelegten Werte.

6.5 Für Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.5 gelten die in DIN EN 10028-4 festgelegten Werte.

6.6 Für Flacherzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.6 gelten die bei der Eignungsfeststellung festgelegten Werte.

6.7 Die in den Werkstoffspezifikationen oder Eignungsfeststellungen für 20 °C angegebenen Kennwerte gelten bis 50 °C, die für 100 °C angegebenen Werte bis 120 °C. In den übrigen Bereichen ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren (z. B. für 80 °C zwischen 20 und 100 °C und für 180 °C zwischen 100 und 200 °C), wobei eine Aufrundung nicht zulässig ist. Für Stähle mit Einzelgutachten gilt die Interpolationsregel nur bei hinreichend engem Abstand[2)] der Stützstellen.

[2)] In der Regel wird hierunter ein Temperaturabstand von 50 K im Bereich der Warmstreckgrenze und von 10 K im Bereich der Zeitstandfestigkeit verstanden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1. Anwendungsgrenzen für Flacherzeugnisse aus Stählen nach DIN EN 10025-2 und DIN EN 10207

Technische Lieferbedingung	Stahlsorte		Erzeugnisdicke	Berechnungstemperatur[1]	Üblicher Lieferzustand	$d_i \cdot p$[2]
	Kurzname	Werkstoff-Nr.	mm	°C		
DIN EN 10025-2	S235JR+N	1.0038	≤ 150	≤ 300	+N[3][4]	≤ 20 000
	S235J2+N	1.0117			+N[3]	
	S275JR+N	1.0044			+N[3][4]	
	S275J2+N	1.0145			+N[3]	
	S355J2+N	1.0577				
	S355K2+N	1.0596				
DIN EN 10207	P235S	1.0112	≤ 60			
	P265S	1.0130				
	P275SL	1.1100				

[1] Siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 5

[2] Gilt nur für Druckbehälter und Anbauteile an Druckbehältern. Produkt aus dem größten Innendurchmesser d_i in mm des Druckbehälters oder des Anbauteils und dem maximal zulässigen Druck PS in bar.

[3] Normalgeglüht oder in einem durch normalisierendes Walzen erzielten gleichwertigen Zustand

[4] Bei Erzeugnisdicken > 4,75 bis ≤ 25 mm können die Erzeugnisse auch im Walzzustand (+AR) geliefert werden.

Tafel 2. Anwendungsgrenzen für Flacherzeugnisse aus Stählen nach DIN EN 10028-2

Stahlsorte		Erzeugnisdicke[1]	Üblicher Lieferzustand[1]
Kurzname	Werkstoff-Nr.	mm	
P235GH	1.0345	≤ 150	+N[2]
P265GH	1.0425		
P295GH	1.0481		
P355GH	1.0473		
16Mo3	1.5415		+N
13CrMo4-5	1.7335		+NT oder +QT
10CrMo9-10	1.7380		
15NiCuMoNb5-6-4		nach VdTÜV-WBL 377/1	nach VdTÜV-WBL 377/1
12CrMo9-10		nach VdTÜV-WBL 404/1	nach VdTÜV-WBL 404/1
20MnMoNi4-5		nach VdTÜV-WBL 440/1	nach VdTÜV-WBL 440/1

[1] Für Erzeugnisse in anderen Erzeugnisdicken und anderen üblichen Lieferzuständen gilt Abschnitt 2.6.

[2] Normalgeglüht oder in einem durch normalisierendes Walzen erzielten gleichwertigen Zustand

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204

Technische Lieferbedingung	Abschnitt	Stahlsorte Kurzname	Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204[1)]
DIN EN 10025-2	2.1	S235JR+N	3.1[2)]
		S235J2+N	3.1
		S275JR+N	3.1[2)]
		S275J2+N	3.1
		S355J2+N	
		S355K2+N	
DIN EN 10207	2.2	P235S	3.1
		P265S	
		P275SL	
DIN EN 10028-2	2.3	P235GH	3.1
		P265GH	
		P295GH	3.2 (≤ 30 mm 3.1[3)])
		P355GH	
		16Mo3	
		13CrMo4-5	3.2
		10CrMo9-10	
		12CrMo9-10	
		20MnMoNi4-5	
		15NiCuMoNb5-6-4	
DIN EN 10028-3	2.4	P275N	3.1
		P275NH	
		P275NL1	3.2
		P275NL2	
		P355N	3.2 (≤ 30 mm 3.1[3)])
		P355NH	
		P355NL1	3.2
		P355NL2	
		P460N	
		P460NH	
		P460NL1	
		P460NL2	
DIN EN 10028-4	2.5	11MnNi5-3	3.2
		13MnNi6-3	
		12Ni14	
		X12Ni5	
		X8Ni9	
	2.6	andere	entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung

1) Die Gültigkeit von Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204: 1995 ist im AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 3.4 geregelt.

2) Bei Erzeugnisdicken < 6 mm Werkszeugnis

3) In den genannten Abmessungsbereichen genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 anstelle 3.2, wenn das Herstellerwerk gegenüber der zuständigen unabhängigen Stelle den Nachweis ausreichender statistischer Sicherheit geführt hat. Der Übergang auf ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist dem Herstellerwerk von der zuständigen unabhängigen Stelle zu bestätigen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle in den Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 aufzuführen. Sofern es nicht im Rahmen laufender eigener Abnahmeprüfungen geschieht, soll sich die zuständige unabhängige Stelle in bestimmten Zeitabständen (etwa 1 bis 2 Jahre) davon überzeugen, dass die Voraussetzungen erhalten geblieben sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 4. Kennwerte für die Bemessung bei höheren Temperaturen für Stähle nach DIN EN 10025-2

Stahlsorte	Nenndicke	Kennwerte *K* bei Berechnungstemperatur			
	mm	100 °C MPa	200 °C MPa	250 °C MPa	300 °C[1]) MPa
S235JR S235J2	≤ 16	187	161	143	122
	> 16 bis ≤ 40	180	155	136	117
S275JR S275J2	≤ 16	220	190	180	150
	> 16 bis ≤ 40	210	180	170	140
S355J2 S355K2	≤ 16	254	226	206	186
	> 16 bis ≤ 40	249	221	202	181

[2]) Auch für beheizte Teile darf die Berechnungstemperatur 300 °C nicht überschreiten. AD 2000-Merkblatt B 0, Tafel 1 ist zu beachten.

Tafel 5. Kennwerte für die Bemessung bei höheren Temperaturen für ebene Böden und Platten aus Stählen nach DIN EN 10025-2

Stahlsorte	Nenndicke	Kennwerte *K* bei Berechnungstemperatur			
	mm	100 °C MPa	200 °C MPa	250 °C MPa	300 °C MPa
S235JR S235J2	≤ 16	187	161	143	122
	> 16 bis ≤ 40	180	155	136	117
	> 40 bis ≤ 100	173	149	129	112
	> 100 bis ≤ 150	159	137	115	102
S355J2 S355K2	≤ 16	254	226	206	186
	> 16 bis ≤ 40	249	221	202	181
	> 40 bis ≤ 63	234	206	186	166
	> 63 bis ≤ 80	224	196	176	156
	> 80 bis ≤ 100	214	186	166	146
	> 100 bis ≤ 150	194	166	146	126

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe September 2016**

Werkstoffe für Druckbehälter	Austenitische und austenitisch-ferritische Stähle	AD 2000-Merkblatt W 2

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Geeignete Werkstoffe 2
3 Anforderungen an die Werkstoffe 3
4 Prüfungen 3
5 Kennzeichnung 6
6 Nachweis der Güteeigenschaften 6
7 Kennwerte für die Bemessung 8

Ersatz für Ausgabe Februar 2008; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für warm- und kaltgewalzte Bleche und Bänder, nahtlose und geschweißte Rohre, geschmiedete, gewalzte und gezogene Stäbe und Schmiedestücke sowie Schrauben und Muttern (mechanische Verbindungselemente) aus austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen zum Bau von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen herab bis −10 °C und bis zu den in Abschnitt 2 genannten oberen Temperaturgrenzen betrieben werden. Die Stähle sind grundsätzlich auch für den Einsatz bei tieferen Temperaturen als −10 °C verwendbar. Bei Betriebstemperaturen unter −10 °C gilt zusätzlich das AD 2000-Merkblatt W 10.

1.2 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an den Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeignete Werkstoffe

Für den Bau von Druckbehältern können verwendet werden:

2.1 Die in den Tafeln 1a bis 1c genannten austenitischen Stähle und austenitisch-ferritischen Stähle bis zu den im Hinblick auf die Beständigkeit gegenüber interkristalliner Korrosion für sie festgelegten Grenztemperaturen (siehe Tafel 7) und Abmessungsgrenzen.

Bei Werkstoffen, die nicht in der Tafel 7 genannt sind, ist die Anmerkung 2 in der DIN EN 10028-7, Abschnitt 8.3.3 zu beachten. Für warm- oder kaltumgeformte Druckbehälterteile ist das AD 2000-Merkblatt HP 7/3 zu beachten.

Soweit für Schrauben und Muttern aus austenitischen Stählen nach DIN EN 10269 eine Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion erforderlich ist, soll die Anwendungstemperatur 300 °C nicht überschreiten.

Stäbe und Schmiedestücke aus austenitischen bzw. austenitisch-ferritischen Stählen nach DIN EN 10222-5 und DIN EN 10272 dürfen mit dem in diesen Normen genannten maßgebenden Querschnitt bis max. 250 mm für Stäbe und 350 mm für Schmiedestücke verwendet werden.

2.2 Die in Tafel 1 aufgeführten austenitischen Stähle der zutreffenden Normen und Werkstoffblätter oberhalb der in diesen Normen genannten Grenztemperaturen, wobei gegebenenfalls Langzeitwarmfestigkeitswerte zu berücksichtigen sind, wenn keine interkristalline Korrosion auftreten kann und ihre Eignungsfeststellung[1)] für die vorgesehene Anwendungstemperatur vorliegt. Dies gilt auch hinsichtlich der Schweißzusätze geschweißter Rohre.

2.3 Schrauben und Muttern aus den Stahlgruppen A 2, A 3, A 4 und A 5 in der Festigkeitsklasse 50 mit den Abmessungen M 6 bis M 39, in der Festigkeitsklasse 70 in den Abmessungen M 6 bis M 39 nach DIN EN ISO 3506-1 bzw. DIN EN ISO 3506-2 aus den dort genannten austenitischen Stahlsorten, sofern durch Warmumformung hergestellte Schrauben und Muttern nicht mehr als 0,4 % Kupfer und durch Kaltumformung hergestellte Schrauben und Muttern nicht mehr als 0,8 % Kupfer enthalten, bis zu Berechnungstemperaturen von 400 °C.

Wird Stabstahl zur Herstellung von Schrauben und Muttern in einem anderen als dem in der DIN EN 10272, Tabelle A-2 oder A-3 bzw. DIN EN 10269, Tabelle B.1 angegebenen Wärmebehandlungszustand geliefert, z. B. warmkaltverfestigt, ist die Eignung der Werkstoffe nachzuweisen.

2.4 Schrauben und Muttern aus Stählen der Gruppen A 2, A 3, A 4 und A 5, die durch Warmumformung hergestellt werden und mehr als 0,4 % Kupfer enthalten oder die durch Kaltumformung hergestellt werden und mehr als 0,8 % Kupfer, jedoch max. 3,5 % Kupfer enthalten, dürfen verwendet werden, wenn ihre Güteeigenschaften durch Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle erstmalig nachgewiesen sind. Bei Massenanteilen von Kupfer > 1 % ist der Cu-Gehalt im Abnahmeprüfzeugnis anzugeben.

2.5 Kaltnachgezogene Stäbe aus den Stählen mit den Werkstoffnummern 1.4301, 1.4541, 1.4401 und 1.4571 im Durchmesser ≥ 4 bis ≤ 35 mm. Hierzu sind abweichend von der DIN EN 10272 eine obere Zugfestigkeit von 850 MPa und eine Bruchdehnung A von ≥ 20 % zulässig.

1) Eignungsfeststellung nach AD 2000-Merkblatt W 0. Sofern die Eignungsfeststellung zu einem VdTÜV-Werkstoffblatt geführt hat, siehe Verzeichnis der VdTÜV-Werkstoffblätter (zu beziehen über www.vdtuev.de oder TÜV Media GmbH, Am Grauen Stein, D-51105 Köln).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.6 Die in Tafel 1 aufgeführten austenitischen Stähle in einem anderen Lieferzustand als abgeschreckt, z. B. warm-kaltverfestigt, oder bei Überschreitung der Abmessungsgrenzen nach den in Tafel 1 genannten Normen und Werkstoffblättern, wenn ihre Eignungsfeststellung[1)] vorliegt.

2.7 Andere austenitische oder austenitisch-ferritische Stähle, wenn ihre Eignungsfeststellung[1)] durch die zuständige unabhängige Stelle vorliegt.

3 Anforderungen an die Werkstoffe

3.1 Für die chemische Zusammensetzung, den Wärmebehandlungszustand, die mechanischen und technologischen Eigenschaften in Abhängigkeit von den Abmessungsgrenzen, die Oberflächenbeschaffenheit und die Maßhaltigkeit der Erzeugnisse[2)] nach den Abschnitten 2.1 bis 2.4 gelten:

DIN EN 10028-7	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 7: Nichtrostende Stähle
DIN EN 10222-5	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter – Teil 5: Martensitische, austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle
DIN EN 10272	Nichtrostende Stäbe für Druckbehälter
DIN EN 10216-5	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen
DIN EN 10217-7	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen
Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 400	Nichtrostende Walz- und Schmiedestähle
DIN EN 10269	Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen
DIN EN ISO 3506-1	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 1: Schrauben
DIN EN ISO 3506-2	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 2: Muttern

3.2 Die Anforderungen an die Stähle nach den Abschnitten 2.2, 2.4, 2.6 und 2.7 richten sich bei Druckgeräten, an denen die Schlussprüfung durch die zuständige unabhängige Stelle durchgeführt wird, nach der Eignungsfeststellung[1)].

3.3 Für die Hersteller von geschweißten Rohren sind die spezifischen Anforderungen der Druckgeräterichtlinie, Anhang I, Abschnitt 3 zu beachten.

Für geschweißte Rohre[3)] müssen Verfahren und Personal für die Herstellung und Prüfung von der zuständigen unabhängigen Stelle bestätigt sein. Es muss eine auf das Herstellungsverfahren abgestimmte Verfahrensprüfung (z. B. nach VdTÜV-Merkblatt 1151) vorliegen, die auch Art und Umfang der zerstörungsfreien Prüfung beinhaltet.

3.4 Geschweißte Rohre nach diesem AD 2000-Merkblatt sind für eine Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung von 100 % in der Schweißnaht vorgesehen (Schweißnahtfaktor 1).

Bei geschweißten Rohren, die nicht der DIN EN 10217-7 entsprechen, ist in der Dokumentation zur Verfahrensprüfung der Prüfumfang des Schweißnahtbereiches so festzulegen, dass er eine Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung zu 100 % erlaubt. Außerdem sind Notwendigkeit und Art der Wärmebehandlung zu regeln.

3.5 Bei Stäben und Schmiedestücken aus Stählen nach DIN EN 10222-5 bzw. DIN EN 10272 mit maßgeblichem Maß größer als in diesen Normen gelten die Anforderungen der DIN 17440, Ausgabe 09.96.

4 Prüfungen

An den einzelnen Erzeugnissen ist, wenn im Folgenden nichts anderes gesagt ist, die Prüfung nach DIN EN 10028-7, DIN EN 10222-1, DIN EN 10269, DIN EN 10272, DIN EN 10216-5 oder DIN EN 10217-7 durchzuführen. Dies gilt auch für die zerstörungsfreien Prüfungen und deren Bewertung/Zulässigkeitsklassen. Stähle nach SEW 400 werden je nach Erzeugnisform nach den vorgenannten Normen geprüft. Bei Stählen nach anderen Werkstoffspezifikationen gelten die Festlegungen der Eignungsfeststellung[1)].

1) Siehe Seite 2.

2) Siehe DIN EN 10028-1.

3) Als geschweißte Rohre gelten solche, die durch qualifizierte, mechanisierte Schweißverfahren in kontinuierlicher Fertigung aus Bändern oder in Serienfertigung (als Einzellänge) aus Streifen/Blech hergestellt werden. Sofern in der Bestellung nicht vorgegeben, legt der Hersteller das Schweißverfahren fest. Dies gilt auch für die in der DIN EN 10217-7 nicht genannten Schweißverfahren (z. B. Elektronenstrahlschweißen). Rohre oder Stutzen, die in Einzelfertigung hergestellt werden, entsprechen nicht dieser Definition. Für sie gelten die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.1 Zusätzliche Prüfungen für Bleche und Bänder

4.1.1 Zugversuch

Die Prüfung erfolgt am Anfang und Ende je Coil.

Sofern die Gleichmäßigkeit und die Einhaltung der gestellten Anforderungen über die Länge des Bandes der zuständigen unabhängigen Stelle mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen werden, erfolgt bei Bändern die Prüfung an einem Probenabschnitt je Coil. Im Abnahmeprüfzeugnis ist auf die Überprüfung der Gleichmäßigkeit über die Bandlänge und die Zustimmung durch die zuständige unabhängige Stelle hinzuweisen.

4.1.2 Kerbschlagbiegeversuch

Der Kerbschlagbiegeversuch ist im Umfang des Zugversuches bei Raumtemperatur durchzuführen:

- Bei austenitischen Stählen nach Tafel 1 bei Dicken > 30 mm. Für den Einsatz nach AD 2000-Merkblatt W 10 bei Dicken > 20 mm.
- Bei austenitisch-ferritischen Stählen bei Dicken > 6 mm. Für den Einsatz nach AD 2000-Merkblatt W 10 für Temperaturen tiefer als -10 °C erfolgt die Prüfung bei -40 °C.

4.1.3 Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Bei austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen, die zur Gruppe der nichtrostenden Stähle gehören, erfolgt die Prüfung der interkristallinen Korrosion je Schmelze und Wärmebehandlungslos. Auf diese Prüfung kann im Einvernehmen mit dem Besteller verzichtet werden.

Bei hochwarmfesten Stählen (z. B. 1.4951, 1.4961) kann auf die Prüfung verzichtet werden, sofern seitens des Bestellers keine Anforderungen gestellt werden.

4.1.4 Prüfung auf Werkstoffverwechselung

Alle Erzeugnisse sind vom Hersteller einer geeigneten Prüfung auf Werkstoffverwechselung zu unterziehen.

4.2 Rohre

4.2.1 Geschweißte Rohre

Die Prüfungen erfolgen nach DIN EN 10217-7, Prüfkategorie 2, mit den im Folgenden aufgelisteten zusätzlichen Prüfungen. Bei aus Band automatisch geschweißten Rohren gilt als „Herstelllänge“ max. 18 m.

4.2.1.1 Zugversuch quer zur Schweißnaht

Eine Prüfung je Prüfeinheit bei äußerem Durchmesser $> 219{,}1$ mm (die Prüfung ist nach DIN EN 10217-7, Option 22 durchzuführen).

4.2.1.2 Kerbschlagbiegeversuch

Der Kerbschlagbiegeversuch ist im halben Prüfumfang (eine Prüfung je Prüfeinheit) des Zugversuches bei Raumtemperatur in folgenden Fällen durchzuführen.

- Bei austenitischen Stählen nach Tafel 1 am Grundwerkstoff bei Dicken > 20 mm und quer zur Schweißnaht bei Dicken > 12 mm (die Prüfung ist nach DIN EN 10217-7, Option 8 durchzuführen).
- Bei austenitisch-ferritischen Stählen nach Tafel 1 am Grundwerkstoff bei Dicken > 12 mm. Für den Einsatz nach AD 2000-Merkblatt W 10 für Temperaturen tiefer als -10 °C erfolgt die Prüfung bei -40 °C (die Prüfung ist nach DIN EN 10217-7, Option 12 durchzuführen).

4.2.1.3 Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Bei austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen, die zur Gruppe der nichtrostenden Stähle gehören, erfolgt die Prüfung der interkristallinen Korrosion je Schmelze und Wärmebehandlungslos. Auf diese Prüfung kann im Einvernehmen mit dem Besteller verzichtet werden (die Prüfung ist nach DIN EN 10217-7, Option 13 durchzuführen).

4.2.1.4 Zerstörungsfreie Prüfung

Die Prüfung der Schweißverbindungen hat nach DIN EN 10217-7, Prüfkategorie 2, Option 25 zu erfolgen.

Ausnahme: Für Schweißverbindungen mit Wanddicken > 40 mm ist grundsätzlich das Ultraschallprüfverfahren anzuwenden.

Zusätzlich sind bei Rohren mit einer Wanddicke > 40 mm die Rohrenden nach DIN EN 10217-7, Prüfkategorie 2, Option 16 zu prüfen.

4.2.2 Nahtlose Rohre

Die Prüfungen erfolgen nach DIN EN 10216-5, Prüfkategorie 2.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Ausnahme: Bei Rohren mit einem Außendurchmesser ≤ 42,4 mm und einer Nennwanddicke ≤ 3,6 mm oder bei Einbaurohren[4)] erfolgen die mechanisch-technologischen Prüfungen nach Prüfkategorie 1.

Zusätzlich sind folgende Prüfungen durchzuführen:

4.2.2.1 Kerbschlagbiegeversuch

Es ist ein Kerbschlagbiegeversuch je Prüfeinheit bei Raumtemperatur nach DIN EN 10216-5, Option 6 in folgenden Fällen durchzuführen:

- Bei austenitischen Stählen nach Tafel 1 bei Dicken > 20 mm.
- Bei austenitisch-ferritischen Stählen nach Tafel 1 bei Dicken > 10 mm.

4.2.2.2 Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Bei austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen, die zur Gruppe der nichtrostenden Stähle gehören, erfolgt die Prüfung auf interkristalline Korrosion je Schmelze und Wärmebehandlungslos. Auf diese Prüfung kann im Einvernehmen mit dem Besteller verzichtet werden. Die Prüfung ist nach DIN EN 10216-5, Option 12 durchzuführen.

Bei hochwarmfesten Stählen (z. B. 1.4910, 1.4982) kann auf die Prüfung verzichtet werden, sofern seitens des Bestellers keine Anforderungen gestellt werden.

4.2.2.3 Zerstörungsfreie Prüfungen

Die zerstörungsfreie Prüfung der Rohre ist nach DIN EN 10216-5, Prüfkategorie 2, Option 14 und 15 durchzuführen.

Bei Rohren mit Außendurchmessern ≤ 101,6 mm und Wanddicken ≤ 5,6 mm erfolgt die Ultraschallprüfung nach DIN EN 10216-5, Optionen 14 und 15 an mindestens 10 % der Rohre. Werden Fehler gefunden, sind alle Rohre über die gesamte Länge zu prüfen.

Zusätzlich sind bei Rohren mit einer Wanddicke > 40 mm die Rohrenden nach DIN EN 10216-5, Option 16 zu prüfen.

Für Rohre innerhalb eines Druckgerätes (Einbaurohre)[4)] kann die Ultraschallprüfung entfallen. Dies gilt auch, wenn der Druck in den Rohren größer ist als im Druckbehälter.

4.3 Zusätzliche Prüfungen für Stäbe und Schmiedestücke

4.3.1 Kerbschlagbiegeversuch

Der Kerbschlagbiegeversuch ist im Umfang des Zugversuches bei Raumtemperatur durchzuführen.

- Bei austenitischen Stählen nach Tafel 1 bei Durchmessern > 100 mm. Für den Einsatz nach AD 2000-Merkblatt W 10 bei Durchmessern > 60 mm.
- Bei austenitisch-ferritischen Stählen bei einem Durchmesser > 15 mm. Für den Einsatz nach AD 2000-Merkblatt W 10 für Temperaturen tiefer als −10 °C erfolgt die Prüfung bei −40 °C.

Für Schmiedestücke (Scheibe, Lochscheibe, Ring, Buchse) gilt anstelle des Durchmessers das maßgebende Maß nach DIN EN 10222-1, Tabelle B.1.

4.3.2 Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Bei austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen, die zur Gruppe der nichtrostenden Stähle gehören, erfolgt die Prüfung der interkristallinen Korrosion je Schmelze und Wärmebehandlungslos. Auf diese Prüfung kann im Einvernehmen mit dem Besteller verzichtet werden.

Bei hochwarmfesten Stählen (z. B. 1.4910,1.4982) kann auf die Prüfung verzichtet werden, sofern seitens des Bestellers keine Anforderungen gestellt werden.

4.3.3 Prüfung auf Werkstoffverwechselung

4.3.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

An Stäben und Schmiedestücken mit Durchmessern oder Dicken > 160 mm ist eine Ultraschallprüfung durchzuführen[5)].

4.4 Zusätzliche Prüfungen für Schrauben und Muttern

4.4.1 Schrauben und Muttern nach den Abschnitten 2.3, 1. Absatz, 2.4 und 2.5 sind nach DIN EN ISO 3506-1 bzw. DIN EN ISO 3506-2 und DIN EN ISO 3269 unter Berücksichtigung der Tafel 4 zu prüfen. Für die Anzahl der Probensätze gilt mindestens die Anzahl nach Tafel 4. Bei Stückzahlen > 3500 sind mindestens 7 Probensätze zu prüfen, sofern in der zutreffenden Norm nicht eine größere Anzahl von Probensätzen gefordert wird oder die Anzahl der Probensätze auf Grund gleicher Schmelze/Wärmebehandlung reduziert werden kann (siehe Tafel 4).

---

4) In der Bestellung muss angegeben werden, ob es sich um Einbaurohre handelt.

5) Eine Prüfmöglichkeit besteht in der Anwendung der DIN EN 10228-4. Der Prüfumfang und Zulässigkeitsgrenzen sind festzulegen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Für die zerstörungsfreie Prüfung auf Oberflächenfehler und für die Maßprüfung ist der Stichprobenumfang 20. Alle Proben müssen den Anforderungen genügen (Annahmezahl $A_c = 0$).

Tafel 4 — Stichprobenumfang für die zerstörende Prüfung der mechanischen Eigenschaften bei Prüfungen nach DIN EN ISO 3269

Stückzahl	Anzahl der Probensätze für die mechanischen Prüfungen
≤ 200	1
> 200 bis ≤ 400	2
> 400 bis ≤ 800	3
> 800 bis ≤ 1200	4
> 1200 bis ≤ 1600	5
> 1600 bis ≤ 3000	6
> 3000 bis ≤ 3500	7
> 3500	DIN EN ISO 3269; min. 7
Entstammen die Schrauben einer Lieferung nachweislich einer Schmelze mit gleicher Wärmebehandlung, so genügt die Prüfung von 4 Probensätzen, unabhängig von der Stückzahl.	

4.4.2 Schrauben und Muttern nach den Abschnitten 2.3, 2. Absatz, 2.6 und 2.7 sind entsprechend der Eignungsfeststellung[1)] zu prüfen.

4.4.3 Für spanend gefertigte Schrauben und Muttern gelten die Regelungen nach Abschnitt 4.3.

5 Kennzeichnung

5.1 Die Erzeugnisse sind deutlich und dauerhaft nach den Normen zu kennzeichnen.

5.2 Schrauben und Muttern, die nicht in DIN EN ISO 3506-1 bzw. DIN EN ISO 3506-2 erfasst sind, sind mit dem Herstellerzeichen und der Stahlsorte (Kurzname, Werkstoffnummer oder sonstiges zu vereinbarendes Kennzeichen, das im Abnahmeprüfzeugnis anzugeben ist), Schrauben mit Abmessungen ab M 52 auch mit der Schmelzen-Nummer zu versehen. Sofern ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 vorgesehen ist, werden Schrauben mit Abmessungen ≥ M 30 mit dem Prüfstempel der zuständigen unabhängigen Stelle versehen.

6 Nachweis der Güteeigenschaften

6.1 Bleche und Bänder

6.1.1 Für Bleche und Bänder aus den Stählen nach den Abschnitten 2.1 und 2.2 gelten für den Nachweis der Güteeigenschaften (mechanische Eigenschaften, Besichtigung und Maßprüfung) die Angaben nach den Tafeln 2a bis 2c.

Für Bleche und Bänder aus den Stählen nach den Abschnitten 2.6 und 2.7 richtet sich der Nachweis der Güteeigenschaften nach den Festlegungen der Eignungsfeststellung[1)].

6.1.2 Die Schmelzanalyse, der Nachweis der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion und gegebenenfalls der zerstörungsfreien Prüfungen erfolgen in allen Fällen durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

6.2 Rohre

6.2.1 Nahtlose Rohre nach Abschnitt 2.1 sind für Wanddicken > 5,6 mm mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204, für Wanddicken ≤ 5,6 mm mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu bescheinigen. Nahtlose Rohre aus den Stählen mit den Werkstoffnummern 1.4311, 1.4429 sowie aus austenitisch-ferritischen Stählen sind unabhängig von der Wanddicke mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

Geschweißte Rohre aus den Stählen nach Abschnitt 2.1 sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

1) Siehe Seite 2.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Wenn nach dem Abschluss der Schweißverfahrensprüfung (z. B. nach VdTÜV-Merkblatt 1151) die Güte und die Gleichmäßigkeit der Fertigung über einen ausreichend langen Zeitraum nachgewiesen sind, kann bei Wanddicken ≤ 10 mm der Nachweis der Güteeigenschaften durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 erfolgen. Maßgebend ist hierbei die Anzahl der je Abmessung bzw. Abmessungsgruppe durch die zuständige unabhängige Stelle geprüften Rohre. Dies gilt nur für die austenitischen Standardgüten nach Tafel 1a.

Der Übergang auf ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist dem Herstellerwerk zu bestätigen und kann im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle auch in Abmessungsgruppen erfolgen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle in den Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 aufzuführen.

Für nahtlose und geschweißte Rohre aus den Stählen nach den Abschnitten 2.2, 2.6 und 2.7 richtet sich der Nachweis der Güteeigenschaften nach den Festlegungen der Eignungsfeststellung[1)].

6.2.2 Für die Schmelzenanalyse, den Nachweis der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, die Dichtheitsprüfung, Prüfung auf Werkstoffverwechselung und das Ergebnis der zerstörungsfreien Prüfung gelten die Festlegungen in DIN EN 10216-5 und DIN EN 10217-7, Tabelle 13 und 16 (Prüfkategorie 2).

6.3 Stäbe und Schmiedestücke

6.3.1 Für Stäbe und Schmiedestücke aus den Stählen nach Abschnitt 2.1 gelten für den Nachweis der Güteeigenschaften (mechanische Eigenschaften, Besichtigung und Maßprüfung) die Angaben nach den Tafeln 3a bis 3c. Für kaltnachgezogene Stäbe nach Abschnitt 2.5 sind die Güteeigenschaften mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu bescheinigen.

6.3.2 Stäbe und Schmiedestücke aus austenitischen Stählen nach den Abschnitten 2.1 und 2.2, die als nahtlose Hohlkörper im Sinne des AD 2000-Merkblattes W 12 mit einem Betriebsdruck ≤ 80 bar verwendet werden, sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu bescheinigen. Für Betriebsdrücke > 80 bar sind die Güteeigenschaften mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

6.3.3 Für Stäbe und Schmiedestücke nach den Abschnitten 2.2, 2.4, 2.6 und 2.7 richtet sich der Nachweis der Güteeigenschaften nach den Festlegungen der Eignungsfeststellung[1)].

6.3.4 Der Nachweis der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion erfolgt in allen Fällen durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

6.3.5 Die zerstörungsfreie Prüfung ist mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

6.4 Schrauben und Muttern

6.4.1 Für Schrauben und Muttern nach Abschnitt 2.3 ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 erforderlich. An die Stelle des Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 kann die Kennzeichnung mit Festigkeitsklasse und Herstellerzeichen treten, wenn der Hersteller die als Grundlage für die Ausstellung eines Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 notwendigen Prüfungen laufend durchgeführt hat und die Ergebnisse zur Einsichtnahme durch die zuständige unabhängige Stelle bereithält. Der Ersatz des Abnahmeprüfzeugnisses durch Stempelung und die Einhaltung der Voraussetzungen sind durch eine Vereinbarung zu regeln. Der Hersteller der Schrauben und Muttern muss nach AD 2000-Merkblatt W 0 überprüft sein. Hersteller, die auf ein Abnahmeprüfzeugnis verzichten wollen, müssen in den VdTÜV-Merkblättern 1253/1 und 1253/4 gelistet sein.

Für Schrauben und Muttern nach Abschnitt 2.4 richtet sich der Nachweis der Güteeigenschaften nach den Festlegungen der Eignungsfeststellung[1)].

6.4.2 Schrauben aus Stahlsorten nach Tafel 1, die nicht in DIN EN ISO 3506-1 erfasst sind, und Schrauben aus sonstigen Stählen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zu bestätigen.

6.4.3 Bei spanend hergestellten Schrauben und Muttern gelten für Stäbe die Regeln nach den Abschnitten 6.3.1 und 6.3.5. Die Prüfung der Ausführung und Maßgenauigkeit an spanend gefertigten Schrauben nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 ohne anschließende Wärmebehandlung kann vom Bearbeiter der Schraube durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 bescheinigt werden, dem das Abnahmeprüfzeugnis 3.1 oder 3.2 nach DIN EN 10204 für das Vormaterial beizufügen ist. Der Hersteller der Schrauben und Muttern muss nach AD 2000-Merkblatt W 0 überprüft worden sein.

6.4.4 Muttern bzw. Stäbe für Muttern sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

6.5 Inhalt der Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204

Die Abnahmeprüfzeugnisse müssen die in den Technischen Lieferbedingungen/Normen geforderten Angaben enthalten. Außerdem sind in jedem Abnahmeprüfzeugnis die der Lieferung zugrunde liegende Technische Lieferbedingung/Norm (z. B. DIN EN 10028-7) und Technische Regel (AD 2000-Merkblatt W 2) anzugeben.

6.6 Die Gültigkeit der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204 (Ausgabe 1995) ist im AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 3.4 geregelt.

1) Siehe Seite 2.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7 Kennwerte für die Bemessung

7.1 Als Kennwert für die Bemessung gelten bei Stählen nach Tafel 1 (außer Stähle nach DIN EN 10269) die in maßgebenden DIN-EN-Normen und SEW 400 für die jeweiligen Erzeugnisse angegebenen 1-%-Dehngrenzen innerhalb der dort jeweils angegebenen Abmessungsgrenzen.

Für die in Tafel 1 aufgeführten Stähle ist im Einzelfall die Anwendung der 1-%-Dehngrenze[6)] als Kennwert für die Bemessung auch über die in den jeweiligen Normen angegebenen Dicken und Durchmesser hinaus zulässig, sofern die Bruchdehnung und die Kerbschlagarbeitswerte gleich oder größer sind als die in den jeweiligen Normen angegebenen Mindestwerte. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, gilt die 0,2-%-Dehngrenze als Kennwert für die Bemessung.

Bei Stählen nach anderen Werkstoffspezifikationen sind die Festigkeitskennwerte für die Bemessung in der Eignungsfeststellung[1)] festzulegen.

7.2 Für Schrauben der Festigkeitsklasse 50 und für Schrauben der Festigkeitsklasse 70 im Durchmesserbereich ≤ M 24 nach den Abschnitten 2.3 und 2.4 gelten die entsprechenden Festigkeitswerte in DIN EN ISO 3506-1. Für die 0,2-%-Dehngrenze bei höheren Temperaturen gelten die Kennwerte der Tafel 6.

7.3 Für Schrauben und Muttern nach den Abschnitten 2.3 und 2.4 der Festigkeitsklasse 70 gelten im Durchmesserbereich > M 24 bis ≤ M 39 die entsprechenden Festigkeitswerte bzw. Prüfspannungen nach Tafel 5. Für die 0,2-%-Dehngrenze gelten die Kennwerte der Tafeln 5 und 6.

7.4 Für Temperaturen bis 50 °C gelten die in der Werkstoffspezifikation oder Eignungsfeststellung[1)] für 20 °C angegebenen Kennwerte. Die für 100 °C angegebenen Kennwerte gelten bis 120 °C.

In den übrigen Temperaturbereichen ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren (z. B. für 80 °C zwischen 20 °C und 100 °C und für 180 °C zwischen 100 °C und 200 °C), wobei eine Aufrundung nicht zulässig ist.

7.5 Im Bereich der Langzeitwerte wird die Temperatur auf 5 °C, 10 °C, 15 °C usw. aufgerundet. Die interpolierten Festigkeitskennwerte sind nach unten auf die Einerstelle abzurunden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

1) Siehe Seite 2.

6) Der einzuhaltende Mindestwert ist mit dem Werkstoffhersteller zu vereinbaren.

Tafel 1a — Zuordnung der austenitischen Stahlsorten zu den in Betracht kommenden DIN-EN-Normen und zum Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 400

Stahlsorte								
Kurzname	Werk-stoff-Nr.	DIN EN 10028-7	DIN EN 10217-7	DIN EN 10216-5	SEW 400	DIN EN 10222-5	DIN EN 10269[3)]	DIN EN 10272
Standardgüten								
X2CrNiN18-7	1.4318	×	–	–	–	–	–	–
X2CrNi18-9	1.4307	×	×	×	–	×	×	×
X2CrNi19-11	1.4306	×	×	×	–	–	–	×
X2CrNiN18-10	1.4311	×	×	×	–	×	–	×
X5CrNi18-10	1.4301	×	×	×	–	×	×	×
X5CrNi19-9	1.4315	×	–	–	–	–	–	–
X6CrNi18-10	1.4948	×	–	×	–	×	×	–
X5CrNi18-12	1.4303	–	–	–	–	–	×	–
X6CrNi23-13	1.4950	×	–	–	–	–	–	–
X6CrNi25-20	1.4951	×	–	–	–	–	–	–
X6CrNiTi18-10	1.4541	×	×	×	–	×	–	×
X6CrNiTiB18-10	1.4941	×	–	×	–	×	×	–
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	×	×	×	–	×	×	×
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	×	–	–	–	×	–	×
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	×	×	×	–	×	×	×
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	×	×	×	–	×	–	×
X2CrNiMo17-12-3	1.4432	×	×	–	–	×	–	×
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	×	×	×	–	×	–	×
X2CrNiMoN17-13-5[1)]	1.4439	×	×	×	–	×	–	×
X4NiCrMoCuNb20-18-2[2)]	1.4505	–	–	–	×	–	–	–
X1NiCrMoCuN25-20-5[1)]	1.4539	×	×	×	–	×	–	×
X3CrNiMoTi25-25[2)]	1.4577	–	–	–	×	–	–	–
X5NiCrAlTi31-20 / (+RA)[2)]	1.4958 (+RA)	×	–	×	–	–	–	–
X8NiCrAlTi32-21[2)]	1.4959	×	–	×	–	–	–	–
X3CrNiMoBN17-13-3[2)]	1.4910	×	–	×	–	×	×	–

1) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 405 oder 421.

2) In Verbindung mit dem Nachweis der Feststellung der Fertigungssicherheit nach AD 2000-Merkblatt W 0.

3) Im Wärmebehandlungszustand „+AT“ (lösungsgeglüht und abgeschreckt).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1b — Zuordnung der austenitischen Stahlsorten zu den in Betracht kommenden DIN-EN-Normen und zum Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 400

Stahlsorte Kurzname	Werk-stoff-Nr.	DIN EN 10028-7	DIN EN 10217-7	DIN EN 10216-5	SEW 400	DIN EN 10222-5	DIN EN 10269[3]	DIN EN 10272
Sondergüten								
X1CrNi25-21[1]	1.4335	×	–	×	–	–	–	–
X6CrNiNb18-10	1.4550	×	×	×	–	×	–	×
X8CrNiNb16-13	1.4961	×	–	×	–	–	–	–
X8CrNiMoNb16-16[2]	1.4981	–	–	×	–	–	–	–
X8CrNiMoVNb16-13[2]	1.4988	–	–	×	–	–	–	–
X7CrNiNb18-10	1.4912	–	–	×	–	×	–	–
X1CrNiMoN25-22-2[1]	1.4466	×	–	×	–	–	–	–
X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580	×	–	×	–	–	–	×
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	×	×	×	–	×	×	×
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	×	×	×	–	×	–	×
X3CrNiMo18-12-3	1.4449	–	–	–	–	×	–	–
X2CrNiMoN18-12-4	1.4434	×	–	–	–	–	–	–
X2CrNiMo18-15-4	1.4438	×	×	–	–	–	–	–
X1NiCrMoCu31-27-4[1]	1.4563	×	×	×	–	–	–	×
X1CrNiMoCuN25-25-5[2]	1.4537	×	–	–	–	–	–	–
X1CrNiMoCuN20-18-7[1]	1.4547	×	×	×	–	×	–	×
X1NiCrMoCuN25-20-7[1]	1.4529	×	×	×	–	×	–	×
X3CrNiCu19-10[2]	1.4650	–	–	–	–	×	–	–
X3CrNiCu18-9-4[2]	1.4567	–	–	–	–	–	×	–
X10CrNiMoMnNbVB15-10-1[2]	1.4982	–	–	×	–	–	×	–
X6CrNiMoB17-12-2[2]	1.4919	–	–	–	–	–	×	–
X6NiCrTiMoVB25-15-2[2]	1.4980	–	–	–	–	–	×[4]	–
X2NiCrAlTi32-20[2]	1.4558	–	–	×	–	–	–	–
X7CrNiTi18-10[2]	1.4940	–	–	×	–	–	–	–
X6CrNiMo17-13-2[2]	1.4918	–	–	×	–	–	–	–

1) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 415, 435, 468, 473, 483 oder 502.

2) In Verbindung mit dem Nachweis der Feststellung der Fertigungssicherheit nach AD 2000-Merkblatt W 0.

3) Im Wärmebehandlungszustand „+AT“ (lösungsgeglüht und abgeschreckt).

4) Im Wärmebehandlungszustand „AT+P“ (lösungsgeglüht und ausscheidungsgehärtet).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1c — Zuordnung der austenitisch-ferritischen Stahlsorten zu den in Betracht kommenden DIN-EN-Normen und zum Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 400

Stahlsorte								
Kurzname	Werk-Stoff-Nr.	DIN EN 10028-7	DIN EN 10217-7	DIN EN 10216-5	SEW 400	DIN EN 10222-5	DIN EN 10269[3)]	DIN EN 10272
Standardgüten								
X2CrNiN23-4[1)]	1.4362	×	×	×	–	–	–	×
X2CrNiMoN22-5-3[1)]	1.4462	×	×	×	–	×	–	×
Sondergüten								
X2CrNiMoCuN25-6-3[2)]	1.4507	×	–	×	–	–	–	×
X2CrNiMoN25-7-4[1)]	1.4410	×	×	×	–	×	–	×
X2CrNiMoCuWN25-7-4[2)]	1.4501	×	×	×	–	–	–	×
X2CrNiMoSi18-5-3[2)]	1.4424	–	–	×	–	–	–	–

1) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 418, 496 oder 508.

2) In Verbindung mit dem Nachweis der Fertigungssicherheit nach AD 2000-Merkblatt W 0.

3) Im Wärmebehandlungszustand „+AT“ (lösungsgeglüht und abgeschreckt).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2a — Nachweis der Güteeigenschaften für Bänder und Bleche nach Tafel 1a

Stahlsorte		Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204							
Kurzname Erzeugnisform[1]	Werk-stoff-Nr.	Dicke mm C	Dicke mm H	Dicke mm P		Dicke[2] mm C	Dicke[2] mm H	Dicke[2] mm P	
Standardgüten									
X2CrNiN18-7	1.4318	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNi18-9	1.4307	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNi19-11	1.4306	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNiN18-10	1.4311	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X5CrNi18-10	1.4301	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X5CrNiN19-9	1.4315	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X6CrNi18-10	1.4948	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X6CrNi23-13	1.4950	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X6CrNi25-20	1.4951	≤ 8	≤ 13,5	≤30		–	–	> 30	
X6CrNiTi18-10	1.4541	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X6CrNiTiB18-10	1.4941	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNiMo17-12-3	1.4432	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNiMoN17-13-5[3]	1.4439	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X1NiCrMoCuN25-20-5[3]	1.4539	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X5NiCrAlTi31-20 / (+RA)[4]	1.4958 (+RA)	–	–	–		–	–	[5]	
X3CrNiMoBN17-13-3[4]	1.4910	–	–	–		–	–	[5]	
					3.1				3.2

1) C = kaltgewalztes Band, H = warmgewalztes Band, P = warmgewalztes Blech.

2) Bei Überschreitung der in den DIN-EN-Normen angegebenen max. Dicke ist eine Eignungsfeststellung/Einzelgutachten nach AD 2000-Merkblatt W 0 erforderlich.

3) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 405 oder 421.

4) In Verbindung mit dem Nachweis der Fertigungssicherheit nach AD 2000-Merkblatt W 0 (sonst 3.2/Einzelgutachten).

5) Bis zur maximalen Dicke nach DIN-EN-Norm.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2b — Nachweis der Güteeigenschaften für Bänder und Bleche nach Tafel 1b

Stahlsorte		Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204							
Kurzname	Werk-stoff-Nr.	Dicke mm	Dicke mm	Dicke mm		Dicke[2] mm	Dicke[2] mm	Dicke[2] mm	
Erzeugnisform[1]		C	H	P		C	H	P	
Sondergüten									
X1CrNi25-21[3]	1.4335	–	–	–	3.1	–	–	[5]	3.2
X6CrNiNb18-10	1.4550	–	–	≤ 30		–	–	> 30	
X8CrNiNb16-13	1.4961	–	–	≤ 30		–	–	> 30	
X1CrNiMoN25-22-2[3]	1.4466	–	–	–		–	–	[5]	
X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580	–	–	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNiMoN18-12-4	1.4434	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X2CrNiMo18-15-4	1.4438	≤ 8	≤ 13,5	≤ 30		–	–	> 30	
X1NiCrMoCu31-27-4[3]	1.4563	–	–	–		–	–	[5]	
X1CrNiMoCuN25-25-5[3]	1.4537	–	–	–		–	–	[5]	
X1CrNiMoCuN20-18-7[4]	1.4547	–	–	–		–	–	[5]	
X1NiCrMoCuN25-20-7[3]	1.4529	–	–	–		–	–	[5]	

1) C = kaltgewalztes Band, H = warmgewalztes Band, P = warmgewalztes Blech.

2) Bei Überschreitung der in den DIN-EN-Normen angegebenen max. Dicke ist eine Eignungsfeststellung/Einzelgutachten nach AD 2000-Merkblatt W 0 erforderlich.

3) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 415, 435, 468, 473, 483 oder 502.

4) In Verbindung mit dem Nachweis der Fertigungssicherheit nach AD 2000-Merkblatt W 0 (sonst 3.2/Einzelgutachten).

5) Bis zur maximalen Dicke nach DIN-EN-Norm.

Tafel 2c — Nachweis der Güteeigenschaften für Bänder und Bleche nach Tafel 1c

Stahlsorte		Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204							
Kurzname	Werk-stoff-Nr.	Dicke mm	Dicke mm	Dicke mm		Dicke[2] mm	Dicke[2] mm	Dicke[2] mm	
Erzeugnisform[1]		C	H	P		C	H	P	
Austenitisch-ferritische Stähle									
Standardgüten									
X2CrNiN23-4[3]	1.4362	–	–	–		[5]	[5]	[5]	3.2
X2CrNiMoN22-5-3[3]	1.4462	–	–	–		[5]	[5]	[5]	
Sondergüten									
X2CrNiMoCuN25-6-3[3]	1.4507	–	–	–		[5]	[5]	[5]	3.2
X2CrNiMoN25-7-4[4]	1.4410	–	–	–		[5]	[5]	[5]	
X2CrNiMoCuWN25-7-4[4]	1.4501	–	–	–		–	–	[5]	

1) C = kaltgewalztes Band, H = warmgewalztes Band, P = warmgewalztes Blech.

2) Bei Überschreitung der in den DIN-EN-Normen angegebenen max. Dicke ist eine Eignungsfeststellung/Einzelgutachten nach AD 2000-Merkblatt W 0 erforderlich.

3) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 418, 496 oder 508.

4) In Verbindung mit dem Nachweis der Fertigungssicherheit nach AD 2000-Merkblatt W 0 (sonst 3.2/Einzelgutachten).

5) Bis zur maximalen Dicke nach DIN-EN-Norm.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3a — Nachweis der Güteeigenschaften für Stäbe und Schmiedestücke aus Stählen nach Tafel 1a

Stahlsorte		Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204			
Kurzname	Werkstoff-Nr.	Dicke[1] mm		Dicke[1] mm	
X2CrNi18-9	1.4307	≤ 250[4]		> 250	
X2CrNi19-11	1.4306	≤ 250		> 250	
X2CrNiN18-10	1.4311	≤ 250		> 250	
X5CrNi18-10	1.4301	≤ 250[4]		> 250	
X6CrNi18-10	1.4948	≤ 250[4]		> 250	
X5CrNi18-12	1.4303	≤ 160		–	
X6CrNiTi18-10	1.4541	≤ 250		> 250	
X6CrNiTiB18-10	1.4941	≤ 250		> 250	
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	≤ 250[4]		> 250	
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	≤ 160	3.1	> 160	3.2
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	≤ 250[4]		> 250	
X6CrNiMoTi-17-12-2	1.4571	≤ 250		> 250	
X2CrNiMo17-12-3	1.4432	≤ 250		> 250	
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	≤ 250		> 250	
X2CrNiMoN17-13-5[2]	1.4439	≤ 160		> 160	
X4NiCrMoCuNb20-18-2	1.4505	≤ 160		> 160	
X1NiCrMoCuN25-20-5[2]	1.4539	≤ 160		> 160	
X3CrNiMoTi25-25	1.4577	≤ 160		> 160	
X3CrNiMoBN17-13-3[3]	1.4910	–		[5]	

[1] Dicke des maßgeblichen Querschnitts nach DIN EN 10222-1 bei Schmiedestücken bzw. Durchmesser oder kleinste Kantenlänge bei Stäben. Bei Überschreitung der in den DIN-EN-Normen angegebenen max. Dicke ist eine Eignungsfeststellung/Einzelgutachten nach AD 2000-Merkblatt W 0 erforderlich.

[2] In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 405 oder 421.

[3] In Verbindung mit dem Nachweis der Fertigungssicherheit nach AD 2000-Merkblatt W 0 (sonst 3.2/Einzelgutachten).

[4] Durchmesserbegrenzung für Erzeugnisse nach DIN EN 10269: ≤ 160 mm.

[5] Bis zur maximalen Dicke nach DIN-EN-Norm.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3b — Nachweis der Güteeigenschaften für Stäbe und Schmiedestücke aus Stählen nach Tafel 1b

Stahlsorte		Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204			
Kurzname	Werkstoff-Nr.	Dicke[1] mm		Dicke[1] mm	
X6CrNiNb18-10	1.4550	≤ 250	3.1	> 250	3.2
X7CrNiNb18-10	1.4912	–		5)	
X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580	≤ 250		> 250	
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	–		4) 5)	
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	≤ 160		> 160	
X3CrNiMo18-12-3	1.4449	≤ 160		> 160	
X1NiCrMoCu31-27-4[2]	1.4563	–		5)	
X1CrNiMoCuN20-18-7[3]	1.4547	–		5)	
X1NiCrMoCuN25-20-7[2]	1.4529	–		5)	
X3CrNiCu19-10[3]	1.4650	–		5)	
X3CrNiCu18-9-4[3]	1.4567	–		4) 5)	
X10CrNiMoMnNbVB15-10-1[3]	1.4982	–		4) 5)	
X6CrNiMoB17-12-2[3]	1.4919	–		4) 5)	
X6NiCrTiMoVB25-15-2[2]	1.4980	–		4)	

1) Dicke des maßgeblichen Querschnitts nach DIN EN 10222-1. Bei Überschreitung der in den DIN-EN-Normen angegebenen max. Dicke ist eine Eignungsfeststellung/Einzelgutachten nach AD 2000-Merkblatt W 0 erforderlich.

2) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 435, 483 oder 502.

3) In Verbindung mit dem Nachweis der Fertigungssicherheit nach AD 2000-Merkblatt W 0 (sonst 3.2/Einzelgutachten).

4) Durchmesserbegrenzung für Erzeugnisse nach DIN EN 10269: ≤ 160 mm.

5) Bis zur maximalen Dicke nach DIN-EN-Norm.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3c — Nachweis der Güteeigenschaften für Stäbe und Schmiedestücke aus Stählen nach Tafel 1c

Stahlsorte		Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204			
Kurzname	Werkstoff-Nr.	Dicke[1] mm		Dicke[1] mm	
Austenitisch-ferritische Stähle					
X2CrNiN23-4[2]	1.4362	–		[4]	
X2CrNiMoN22-5-3[2]	1.4462	–		[4]	
X2CrNiMoCuN25-6-3[2]	1.4507	–		[4]	3.2
X2CrNiMoN25-7-4[3]	1.4410	–		[4]	
X2CrNiMoCuWN25-7-4[3]	1.4501	–		[4]	

[1] Dicke des maßgeblichen Querschnitts nach DIN EN 10222-1 bei Schmiedestücken bzw. Durchmesser oder kleinste Kantenlänge bei Stäben. Bei Überschreitung der in den DIN-EN-Normen angegebenen max. Dicke ist eine Eignungsfeststellung/Einzelgutachten nach AD 2000-Merkblatt W 0 erforderlich.

[2] In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 418, 496 oder 508.

[3] In Verbindung mit dem Nachweis der Fertigungssicherheit nach AD 2000-Merkblatt W 0 (sonst 3.2/Einzelgutachten).

[4] Bis zur maximalen Dicke nach DIN-EN-Norm.

Tafel 5 — Mechanische Eigenschaften von Schrauben und Muttern aus Stählen nach den Abschnitten 2.3 und 2.4 in der Festigkeitsklasse 70 im Durchmesserbereich > M 24 bis ≤ M 39

			Schrauben			Muttern
Stahlgruppe	Festigkeitsklasse	Durchmesserbereich[3]	Zugfestigkeit R_m[1] MPa mind.	0,2-%-Dehngrenze $R_{p0,2}$[1] MPa mind.	Verlängerung nach dem Bruch A[2] mind.	Prüfspannung S_p MPa
A 2 bis A 5	70	> M 24 bis ≤ M 39	500	250	0,4 d	500

[1] Alle Werte sind berechnet und bezogen auf den Spannungsquerschnitt des Gewindes (siehe DIN EN ISO 3506-1, Anhang A).

[2] Die Bruchdehnung wird bestimmt in Übereinstimmung mit den Prüfverfahren nach DIN EN ISO 3506-1, Abschnitt 6.2 an der jeweiligen Länge der Schraube und nicht an abgedrehten Proben mit Messlänge 5 d. Werte für die Bruchdehnung siehe DIN EN ISO 3506-1, Abschnitt 5.

[3] Für Durchmesser über M 39 müssen die Festigkeitskennwerte zwischen Besteller und Hersteller besonders vereinbart werden, weil bei den Zugfestigkeiten nach Tafel 5 andere Werte für die 0,2-%-Dehngrenze möglich sind.

Tafel 6 — Kennwerte der 0,2-%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ von Schrauben nach den Abschnitten 2.3 und 2.4 bei erhöhten Temperaturen

			Kennwerte der 0,2-%-Dehngrenze $R_{p0,2}$[1] bei			
			100 °C	200 °C	300 °C	400 °C
Stahlgruppe	Festigkeitsklasse	Durchmesserbereich	MPa mind.			
A 2 bis A 5	50	≤ M 39	175	155	135	125
	70	≤ M 24	380	360	335	315
		> M 24 bis ≤ M 39	210	200	185	175

[1] Alle Werte sind berechnet und bezogen auf den Spannungsquerschnitt des Gewindes (siehe DIN EN ISO 3506-1, Anhang A).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 7 — Grenztemperatur[1] für die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Stahlsorte[2)3)]		Grenztemperatur[4)] °C
Kurzname	Werkstoff-Nummer	
X5CrNi18-10	1.4301	300
X2CrNi19-11	1.4306	350
X2CrNiN18-10	1.4311	400
X6CrNiTi18-10	1.4541	400
X6CrNiNb18-10	1.4550	400
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	300
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	400
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	400
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	400
X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580	400
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	400
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	400
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	300
X2CrNiMo18-15-4	1.4438	350
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	400
X1NiCrMoCuN25-20-5	1.4539	400

1) Quelle: DIN 17440, Ausgabe September 1996; für X1NiCrMoCuN25-20-5 (1.4539) VdTÜV-Werkstoffblatt 421.

2) Lieferzustand „+AT“.

3) Für die Werkstoffe X5CrNi18-10 (1.4301), X5CrNiMo17-12-2 (1.4401) und X3CrNiMo17-13-3 (1.4436) sind die Dickenbegrenzungen nach DIN EN 10028-7, Tabelle 9 zu beachten.

4) Bei Einsätzen bis zu den genannten Temperaturen und einer Betriebsdauer von 100000 h tritt keine interkristalline Korrosion bei Prüfung nach diesem AD 2000-Merkblatt auf.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2015**

Werkstoffe für Druckbehälter	Gusseisenwerkstoffe **Gusseisen mit Lamellengraphit (Grauguss), unlegiert und niedriglegiert**	**AD 2000-Merkblatt W 3/1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Geeignete Werkstoffe ... 2
3 Prüfungen ... 3
4 Gussstückbeschaffenheit ... 3
5 Kennzeichnung ... 3
6 Nachweis der Güteeigenschaften ... 3
7 Kennwerte für die Bemessung ... 4
Anhang 1: Hinweis zu Abschnitt 7 ... 5

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für unlegiertes und niedriglegiertes Gusseisen mit Lamellengraphit zum Bau von Druckbehältern, die bei witterungsbedingten Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen von −10 °C bis zu den in Abschnitt 2 angegebenen Temperaturbegrenzungen betrieben werden.

Für Betriebstemperaturen des Beschickungsmittels unter −10 °C gilt zusätzlich AD 2000-Merkblatt W 10. Siehe hierzu auch AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 2.2.

1.2 Die Herstellung von Gusseisen mit Lamellengraphit zum Bau von Druckbehältern setzt ausreichende Erfahrungen des Lieferwerkes voraus. Hierfür ist ein erstmaliger Nachweis zu erbringen.

1.3 Gusseisen mit Lamellengraphit soll zur Herstellung von Druckbehältern nur verwendet werden, wenn die Werkstoffeigenschaften gegenüber anderen Werkstoffen betriebstechnisch Vorteile bieten. Für Druckbehälter aus Gusseisen mit Lamellengraphit gelten die folgenden Grenzen für den maximal zulässigen Druck PS:

25 bar bei Innenüberdruck

40 bar bei Außenüberdruck

Bei Innenüberdruck von mehr als 6 bar und bei Außenüberdruck von mehr als 10 bar dürfen folgende Produkte aus maximalem zulässigem Druck PS in bar und Behälterinhalt V in Litern nicht überschritten werden:

$PS \cdot V =$ 65000 bar · L bei Innenüberdruck

$PS \cdot V =$ 100000 bar · L bei Außenüberdruck

Bei höheren Produktwerten ist das Einverständnis der zuständigen unabhängigen Stelle und des Bestellers/Betreibers einzuholen.

1.3.1 Ergänzende Regelungen für Trockenzylinder

Eine Überschreitung des Produktwertes $PS \cdot V = 65000$ bar · L für Innendruck bei Dampftrockenzylindern ist unter den nachstehenden Voraussetzungen im Einverständnis mit der zuständigen unabhängigen Stelle möglich:

(1) Der maximal zulässige Druck ist auf 15 bar begrenzt.

(2) Die zulässige maximale Temperatur ist auf 300 °C begrenzt.

(3) Die Konstruktion ist so zu wählen, dass Spannungsspitzen weitgehend vermieden werden. Insbesondere ist bei den Flanschen des Zylinders der Übergang mit einem Radius von mindestens D/50 auszuführen (D = Zylinder-Außendurchmesser).

(4) Es ist mindestens EN-GJL-300 zu verwenden.

(5) In der Regel ist eine Spannungsarmglühung vorzusehen. Eine langsame Abkühlung mit einer Geschwindigkeit von weniger als 30 K/h im Temperaturbereich zwischen 600 °C und 150 °C ist einer nachträglichen Wärmebehandlung gleichzusetzen. In beiden Fällen ist der zuständigen unabhängigen Stelle durch entsprechende Messungen nachzuweisen, dass die Bedingungen eingehalten wurden.

(6) Die Proben sind an Kopf und Fuß des Zylinders zu entnehmen.

(7) Schweißen an den Zylindern ist abweichend von Abschnitt 4.2 nicht zulässig.

1.4 Bei der konstruktiven Gestaltung von Druckbehältern aus Gusseisen mit Lamellengraphit ist zur Vermeidung von Lunkern, Rissen und Spannungsspitzen Rücksicht auf die gießtechnischen Belange zu nehmen.

1.5 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an die Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeignete Werkstoffe

Für den Bau von Druckbehältern dürfen nachstehende Werkstoffe verwendet werden:

2.1 Gusseisen mit Lamellengraphit (Grauguss) nach DIN EN 1561 bis zu Wandtemperaturen von 300 °C:

— EN-GJL-150, Werkstoffnummer 5.1200;

— EN-GJL-200, Werkstoffnummer 5.1300;

— EN-GJL-250, Werkstoffnummer 5.1301;

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

— EN-GJL-300, Werkstoffnummer 5.1302;
— EN-GJL-350, Werkstoffnummer 5.1303.

Bei Wandtemperaturen über 300 °C ist EN-GJL-300 oder EN-GJL-350 zu verwenden, wobei die Wandtemperaturen auf 350 °C begrenzt sein sollten. Die Eignung und die Zugfestigkeit der Gusseisenwerkstoffe bei Betriebstemperatur sind bei der Eignungsfeststellung erstmalig nachzuweisen.

Gegebenenfalls ist eine Wärmebehandlung vorzusehen.

2.2 Andere Sorten Gusseisen mit Lamellengraphit, wenn ihre Eignung und die Güteeigenschaften bei der Eignungsfeststellung erstmalig nachgewiesen sind.

3 Prüfungen

3.1 Bei Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 ist als kennzeichnende Eigenschaft nach DIN EN 1561 die Zugfestigkeit zu prüfen. Abweichend von DIN EN 1561 sind auch unter einer maßgebenden Wanddicke von 50 mm angegossene Probestücke zu verwenden, sofern die Konstruktion es zulässt. Als Mindestforderungen gelten die Werte für die Zugfestigkeit in DIN EN 1561 unter Berücksichtigung ihrer Wanddickenabhängigkeit. Für Wandtemperaturen über 300 °C ist außerdem die Zugfestigkeit bei Berechnungstemperatur zu prüfen.

3.2 Die Anzahl der Proben beträgt mindestens je eine Probe je 1000 kg Liefermasse gleichartiger Gussstücke (Prüfeinheit AMH nach DIN EN 1559-1) oder je Stück bei Gussstücken über 500 kg Masse. Für Wiederholungsprüfungen gilt DIN EN 1561.

3.3 Die Prüfung für Werkstoffe nach Abschnitt 2.2 ist nach Art und Umfang in der Eignungsfeststellung festzulegen.

3.4 Proben von wärmebehandelten Gussstücken müssen gemeinsam mit den Gussstücken wärmebehandelt werden. Angegossene Prüfstücke sind erst nach der Wärmebehandlung abzutrennen.

3.5 Alle druckbeanspruchten Gussstücke sind, bevor sie mit Überzügen versehen werden, einer Flüssigkeits-Druckprüfung von ausreichender Dauer mit dem zweifachen maximal zulässigen Druck zu unterziehen.

Wenn besondere Betriebsverhältnisse vorliegen, können zur Feststellung der Dichtheit der Wandungen und zur Prüfung auf Fehler im Gussstück zwischen Besteller/Betreiber und Hersteller zusätzlich zur Flüssigkeits-Druckprüfung folgende Versuche einzeln oder in Verbindung vereinbart werden:

(1) Dichtheitsprüfung mit Luft (Prüfüberdruck etwa 0,1-facher maximal zulässiger Druck, höchstens 2 bar) unter Benetzen mit schaumbildender Flüssigkeit vor Durchführung der Flüssigkeits-Druckprüfung, in Sonderfällen auch unter Verwendung eines geeigneten Gases mit Benutzung eines Anzeigegerätes;
(2) Dichtheitsprüfung mit Petroleum oder einer anderen gleichartig wirksamen Flüssigkeit, z. B. entspanntem Wasser (Prüfüberdruck höchstens gleich dem 1,5-Fachen des maximal zulässigen Druckes), vor der Flüssigkeits-Druckprüfung;
(3) Durchstrahlungsprüfung;
(4) Prüfung durch Ultraschall, im Zweifelsfall in Verbindung mit einer anderen Prüfung, insbesondere Durchstrahlungsprüfung.

4 Gussstückbeschaffenheit

4.1 Die Gussstücke sind auf ihre äußere Beschaffenheit hin zu besichtigen; sicherheitstechnisch wichtige Maße sind nachzuprüfen. Für die Beschaffenheit der Gussstücke gelten die Festlegungen nach DIN EN 1559-3.

4.2 Das Schweißen an Gusseisenteilen für Druckbehälter ist möglichst zu vermeiden.

In Einzelfällen dürfen an Druckbehältern aus Gusseisen im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle und dem Besteller/Betreiber nach Durchführung einer Verfahrensprüfung Fertigungsschweißungen vorgenommen werden.

5 Kennzeichnung

5.1 Gussstücke aus den Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 sind mit dem Herstellerzeichen, der Los-Nummer (Probe-Nummer) und der Werkstoffbezeichnung nach DIN EN 1561 zu kennzeichnen. Außerdem ist das Zeichen des Prüfers einzuschlagen.

5.2 Gussstücke aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.2 sind entsprechend den Festlegungen in der Eignungsfeststellung zu kennzeichnen.

6 Nachweis der Güteeigenschaften

Für Druckbehälter und druckbeanspruchte Druckbehälterteile ist der Nachweis der Güteeigenschaften durch Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204 zu erbringen.

6.1 Bei Druckbehälterteilen aus EN-GJL-150, EN-GJL-200 und EN-GJL-250 und bei maßgebenden Wanddicken ≤ 50 mm durch Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.2 Bei EN-GJL-300 und EN-GJL-350 sowie bei maßgebenden Wanddicken[1)] > 50 mm (alle Gusssorten) durch Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204.

6.3 Bei Werkstoffen nach Abschnitt 2.2 entsprechend den Festlegungen in der Eignungsfeststellung.

7 Kennwerte für die Bemessung

7.1 Bei Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 gelten als Kennwerte für die Bemessung die in DIN EN 1561, Anhang D, Tabelle D.1 genannten Erwartungswerte für die Zugfestigkeit im Gussstück. Die Kennwerte gelten bis zu einer Wandtemperatur von 300 °C.

Bei einer Wandtemperatur über 300 °C (nur EN-GJL-300 und EN-GJL-350 geeignet) gilt die Zugfestigkeit bei Berechnungstemperatur unter Berücksichtigung der maßgebenden Wanddicke. Die Werte sind bei der Eignungsfeststellung zu vereinbaren und nachzuweisen.

7.2 Für Werkstoffe nach Abschnitt 2.2 sind die Kennwerte für die Bemessung in der Eignungsfeststellung festzulegen.

7.3 Bei emailliertem Gusseisen kann mit einem Kennwert $K = 105$ MPa gerechnet werden. Höhere Kennwerte sind durch angegossene und emaillierte Proben nachzuweisen. Bei mehrfach emaillierten Gussstücken sind je nach Zahl der Glühungen geringere Kennwerte zugrunde zu legen.

1) Maßgebende Wanddicke nach DIN EN 1561.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt W 3/1

Hinweis zu Abschnitt 7

Tafel 1 — Vergleich der im Gussstück zu erwartenden Werte der Zugfestigkeit (Kennwerte der Bemessung) nach DIN EN 1561 Ausgaben 1997 (alt) und 2012 (neu) (Beispiele für ausgewählte Sorten und ausgewählte maßgebende Wanddicken)

Werkstoff-bezeichnung	Maßgebende Wanddicke mm	Zugfestigkeit R_m erwartete Werte im Gussstück MPa		Differenz neu – alt %
		DIN EN 1561:1997	DIN EN 1561:2012	
EN-GJL-150	5	180	135	–33
	10	155	135	–15
	20	130	135	4
	40	110	135	19
	50	95	135	30
	80	95	120	21
	100	80	120	33
	150	80	110	27
	200	–	110	–
EN-GJL-200	5	230	180	–28
	10	205	180	–14
	20	180	180	0
	40	155	180	14
	50	130	180	28
	80	130	160	19
	100	115	160	28
	150	115	145	21
	200	–	145	–
EN-GJL-250	10	250	225	–11
	20	225	225	0
	40	195	225	13
	50	170	225	24
	80	170	200	15
	100	155	200	23
	150	155	185	16
	200	–	185	–
EN-GJL-300	20	270	270	0
	40	240	270	11
	50	210	270	22
	80	210	245	14
	100	195	245	20
	150	195	220	11
	200	–	220	–

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2015**

Werkstoffe für Druckbehälter	Gusseisenwerkstoffe **Gusseisen mit Kugelgraphit, unlegiert und niedriglegiert**	AD 2000-Merkblatt **W 3/2**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Geeignete Werkstoffe	2
3	Prüfungen	3
4	Gussstückbeschaffenheit	3
5	Kennzeichnung	4
6	Nachweis der Güteeigenschaften	4
7	Festigkeitskennwerte für die Berechnung	4

Ersatz für Ausgabe Oktober 2000; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für unlegiertes und niedriglegiertes Gusseisen mit Kugelgraphit zum Bau von Druckbehältern und Teilen von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen innerhalb der in den Tafeln 1 und 2 angegebenen Grenzen betrieben werden. Bei tieferen Temperaturen als −10 °C ist das AD 2000-Merkblatt W 10 zusätzlich zu beachten. Siehe hierzu auch AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 2.2.

1.2 Die Herstellung von Gusseisen mit Kugelgraphit für Druckbehälter setzt ausreichende Erfahrungen des Lieferwerkes voraus. Hierfür ist der zuständigen unabhängigen Stelle ein erstmaliger Nachweis zu erbringen.

1.3 Bei der konstruktiven Durchbildung von Druckbehältern aus Gusseisen mit Kugelgraphit ist zur Vermeidung von Lunkern, Rissen und Spannungsspitzen Rücksicht auf die gießtechnischen Belange zu nehmen.

1.4 Für Armaturengehäuse gilt das AD 2000-Merkblatt A 4.

1.5 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an die Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeignete Werkstoffe

Für den Bau von Druckbehältern dürfen nachstehende Werkstoffe verwendet werden:

2.1 Gusseisen mit Kugelgraphit nach DIN EN 1563:

- EN-GJS-400-15, Werkstoffnummer 5.3106;
- EN-GJS-500-7, Werkstoffnummer 5.3200;
- EN-GJS-600-3, Werkstoffnummer 5.3201;
- EN-GJS-700-2, Werkstoffnummer 5.3300.

Bei einem inneren Überdruck von mehr als 6 bar bzw. mehr als 10 bar bei der ferritischen Sorte EN-GJS-400-15 dürfen die maximalen Druckinhaltsprodukte nach Tafel 1 nicht überschritten werden.

Höhere Druckinhaltsprodukte sind nur mit Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle zulässig.

2.2 Gusseisen mit Kugelgraphit:

- EN-GJS-350-22-LT, Werkstoffnummer 5.3100;
- EN-GJS-400-18-LT, Werkstoffnummer 5.3103

mit gewährleisteter Kerbschlagarbeit nach DIN EN 1563 innerhalb der in Tafel 2 angegebenen Grenzen.

2.3 Sonstige Sorten von Gusseisen mit Kugelgraphit, wenn die Güteeigenschaften erstmalig durch Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle nachgewiesen sind.

Tafel 1 — Anwendungsbereich von Werkstoffen nach DIN EN 1563

Werkstoff	Betriebstemperatur °C	Nenndruck nach DIN EN 1333	Druckinhaltsprodukt $PS \cdot V$ bar · Liter max.
EN-GJS-700-2	−10 bis 350	25	65000
EN-GJS-600-3		25	65000
EN-GJS-500-7		64	80000
EN-GJS-400-15		100	100000

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Anwendungsbereich der Werkstoffe mit gewährleisteter Kerbschlagarbeit nach DIN EN 1563

Werkstoff	Betriebstemperatur °C
EN-GJS-400-18-LT	−10 bis 350
EN-GJS-350-22-LT	−10 bis 350

3 Prüfungen

3.1 Bei Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 und 2.2 sind die Festigkeitseigenschaften nach DIN EN 1563, Tabelle 1 zu prüfen.

3.2 Bei Werkstoffen nach Abschnitt 2.2 ist zusätzlich die Kerbschlagarbeit an V-Proben nach DIN EN ISO 148-1 zu ermitteln. Die gegenüber der DIN EN 1563 angehobenen Anforderungen nach Tafel 3 müssen erfüllt sein.

3.3 Die Anzahl der Proben beträgt mindestens eine Probe für den Zugversuch und drei Proben für den Kerbschlagbiegeversuch für je 2500 kg Liefergewicht gleichartiger Stücke, gleich behandelter Schmelze und gleichem Glühlos oder je Gussstück bei einem Stückgewicht von über 500 kg.

3.4 Bei Wanddicken über 60 mm bis 200 mm ist bei Betriebstemperaturen ≥ 200 °C die Ermittlung der Warmstreckgrenze erforderlich. Als Mindestanforderungen gelten für Werkstoffe nach Abschnitt 2.1 und 2.2 die Werte der Tafel 4 b.

3.5 Bei Wiederholungsprüfungen ist nach DIN EN 1563 zu verfahren.

3.6 Die Prüfungen von sonstigen Werkstoffen nach Abschnitt 2.3 sind entsprechend dem Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle durchzuführen.

3.7 Alle druckbeanspruchten Gussstücke sind einer Flüssigkeits-Druckprüfung von ausreichender Dauer mit in der Regel dem 2-Fachen des maximal zulässigen Druckes zu unterziehen.

3.8 Wenn besondere Betriebsverhältnisse vorliegen, können zur Feststellung der Dichtheit der Wandungen und zur Prüfung auf Fehler im Gussstück zwischen Besteller/Betreiber und Hersteller zusätzlich zur Flüssigkeits-Druckprüfung nach Abschnitt 3.8 folgende Versuche einzeln oder in Verbindung vereinbart werden:

(1) Dichtheitsprüfung mit Luft (Prüfüberdruck etwa 0,1-facher maximal zulässiger Druck, höchstens 2 bar) unter Abpinseln mit schaumbildender Flüssigkeit vor Durchführung der Flüssigkeits-Druckprüfung, in Sonderfällen auch unter Verwendung eines geeigneten Gases mit Benutzung eines Anzeigegerätes;

(2) Dichtheitsprüfung mit Petroleum oder einer anderen gleichartig wirksamen Flüssigkeit, z. B. entspanntem Wasser (Prüfüberdruck höchstens gleich dem 1,5-Fachen des maximal zulässigen Druckes), vor der Flüssigkeits-Druckprüfung;

(3) Durchstrahlungsprüfung;

(4) Prüfung durch Ultraschall, im Zweifelsfall in Verbindung mit einer anderen Prüfung, insbesondere Durchstrahlungsprüfung;

(5) Oberflächenrissprüfung.

4 Gussstückbeschaffenheit

4.1 Die Gussstücke sind auf ihre äußere Beschaffenheit hin zu besichtigen, sicherheitstechnisch wichtige Maße sind nachzuprüfen. Für die Beschaffenheit der Gussstücke gelten die Festlegungen nach DIN EN 1559-3.

Tafel 3 — Mindestwerte für die Kerbschlagarbeit

Werkstoff	Wanddicke	Prüftemperatur	Kerbschlagarbeit KV_2	
			Mittelwert aus drei Proben	Einzelwert
	mm	°C	J	J
EN-GJS-400-18-LT	≤ 60	−20	14	11
	> 60 bis 200		12	9
EN-GJS-350-22-LT	≤ 60	−40	14	11
	> 60 bis 200		12	9

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 4 a — Festigkeitskennwerte für Wanddicken bis 60 mm

Werkstoff	Kennwert	Festigkeitskennwerte K in MPa bei Betriebstemperatur in °C						
		20 (50)	100 (120)	150	200	250	300	350
EN-GJS-700-2	$R_{p0,2}$	420	400	390	370	350	320	280
EN-GJS-600-3	$R_{p0,2}$	370	350	340	320	300	270	220
EN-GJS-500-7	$R_{p0,2}$	320	300	290	270	250	230	200
EN-GJS-400-15	$R_{p0,2}$	250	240	230	210	200	180	160
EN-GJS-400-18-LT	$R_{p0,2}$	240	230	220	200	190	170	150
EN-GJS-350-22-LT	$R_{p0,2}$	220	210	200	180	170	150	140

Tafel 4 b — Festigkeitskennwerte für Wanddicken über 60 mm bis 200 mm

Werkstoff	Kennwert	Festigkeitskennwerte K in MPa bei Betriebstemperatur in °C						
		20 (50)	100 (120)	150	200	250	300	350
EN-GJS-700-2	$R_{p0,2}$	380	340	330	320	300	280	250
EN-GJS-600-3	$R_{p0,2}$	340	300	290	280	260	240	190
EN-GJS-500-7	$R_{p0,2}$	290	250	240	220	200	180	160
EN-GJS-400-15	$R_{p0,2}$	240	220	210	190	180	170	150
EN-GJS-400-18-LT	$R_{p0,2}$	220	210	200	180	170	160	140

4.2 Zum Erreichen des erforderlichen Gefügezustandes oder der Mindestwerte der Eigenschaften kann eine Wärmebehandlung notwendig sein. Lediglich Gussstücke aus dem Werkstoff EN-GJS-350-22-LT müssen ferritisierend wärmebehandelt werden.

4.3 Schweißungen an Druckbehältern aus Gusseisen mit Kugelgraphit können im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle nach Durchführung einer Verfahrensprüfung vorgenommen werden.

5 Kennzeichnung

5.1 Gussstücke aus den Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 sind mit dem Herstellerzeichen, der Los-Nummer (Probe-Nummer) und der Werkstoffbezeichnung nach DIN EN 1561 zu kennzeichnen. Außerdem ist das Zeichen des Prüfers einzuschlagen.

5.2 Gussstücke aus den Werkstoffen nach Abschnitt 2.2 sind zusätzlich mit der Schmelzen-Nummer zu kennzeichnen.

5.3 Gussstücke aus den Werkstoffen nach Abschnitt 2.3 sind entsprechend dem Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle zu kennzeichnen.

6 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Güteeigenschaften sind durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 nachzuweisen.

7 Festigkeitskennwerte für die Berechnung

7.1 Als Festigkeitskennwerte für die Berechnung für Wanddicken bis einschließlich 60 mm gelten die Werte der Tafel 4 a, für Wanddicken über 60 mm bis 200 mm gelten die Werte der Tafel 4 b.

7.2 Bei Gussstücken mit Wanddicken über 200 mm sind die Festigkeitskennwerte zwischen Hersteller, Besteller/Betreiber und der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.

7.3 Die in den Tafeln 4 a und 4 b für 20 °C angegebenen Festigkeitskennwerte gelten bis 50 °C, die für 100 °C angegebenen Werte bis 120 °C. In den übrigen Bereichen ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren (z. B. für 80 °C zwischen 20 °C und 100 °C, für 140 °C zwischen 100 °C und 150 °C), wobei eine Aufrundung nicht zulässig ist. Für Werkstoffe mit Einzelgutachten gilt die Interpolationsregel nur bei hinreichend engem Abstand[1)] der Stützstellen.

1) In der Regel wird hierunter ein Temperaturabstand von 50 K im Bereich der Warmstreckgrenze verstanden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.4 Bei emaillierten Gussstücken sind die Proben zum Nachweis der Festigkeitskennwerte Prüfstücken zu entnehmen, die den Wärmebehandlungsfolgen des Emaillier-Vorganges unterzogen wurden.

7.5 Sicherheitsbeiwerte

Bei der Berechnung von Druckbehältern aus Gusseisen mit Kugelgraphit sind die in AD 2000-Merkblatt B 0, Tafel 2 angegebenen Sicherheitsbeiwerte S gegenüber der $R_{p0,2}$-Dehngrenze bei Betriebstemperatur zu berücksichtigen. Bei Werkstoffen nach Abschnitt 2.3 ist der Sicherheitsbeiwert im Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle festgelegt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe August 2013**

Werkstoffe für Druckbehälter	Gusseisenwerkstoffe **Austenitisches Gusseisen mit Lamellengraphit**	**AD 2000-Merkblatt** **W 3/3** **korrigierte Fassung 10.2013**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich und Allgemeines	2
2	Geeignetes Gusseisen	2
3	Prüfungen	2
4	Gussstückbeschaffenheit	3
5	Kennzeichnung	4
6	Nachweis der Güteeigenschaften	4
7	Kennwerte für die Bemessung	4

Ersatz für Ausgabe Januar 2003; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe ¦ = Korrektur

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich und Allgemeines

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für austenitisches Gusseisen mit Lamellengraphit zum Bau von Druckbehältern (siehe auch AD 2000-Merkblatt A 4), die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen von −10 °C bis zu den in Abschnitt 2 angegebenen Temperaturgrenzen betrieben werden. Bei tieferen Temperaturen als −10 °C ist das AD 2000-Merkblatt W 10 zusätzlich zu beachten. Die Sorten müssen entsprechend dem Verwendungszweck gewählt werden, wobei die mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen sowie die physikalischen Eigenschaften zu berücksichtigen sind (siehe DIN EN 13835). Siehe hierzu auch AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 2.2.

1.2 Die Herstellung von austenitischem Gusseisen mit Lamellengraphit für Druckbehälter setzt ausreichende Erfahrungen des Lieferwerkes voraus. Hierfür ist der zuständigen unabhängigen Stelle ein erstmaliger Nachweis zu erbringen.

1.3 Austenitisches Gusseisen mit Lamellengraphit soll zur Herstellung von Druckbehältern verwendet werden, wenn die Werkstoffeigenschaften gegenüber anderen Werkstoffsorten betriebstechnische Vorteile bieten. Für Druckbehälter aus austenitischem Gusseisen mit Lamellengraphit gelten in der Regel die folgenden Grenzen für den maximal zulässigen Druck PS (siehe DIN EN 764):

25 bar bei Innenüberdruck

40 bar bei Außenüberdruck.

Bei Innenüberdruck von mehr als 6 bar und bei Außenüberdruck von mehr als 10 bar sollen im Allgemeinen folgende Produkte aus Behälterinhalt V in Litern und maximal zulässigem Druck PS in bar nicht überschritten werden:

Innenüberdruck $V \cdot PS =$ 65000 bar Liter

Außenüberdruck $V \cdot PS =$ 100000 bar Liter.

Bei höheren Produktwerten ist das Einverständnis der zuständigen unabhängigen Stelle einzuholen.

1.4 Druckbehälter aus austenitischem Gusseisen mit Lamellengraphit müssen zur Vermeidung von Lunkern, Rissen und Spannungsspitzen gießtechnisch einwandfrei gestaltet werden. Der Konstrukteur soll sich über die Ausführungen des Druckbehälters mit der Gießerei abstimmen.

2 Geeignetes Gusseisen

Es dürfen folgende Gusseisensorten verwendet werden:

2.1 Austenitische Gusseisensorten mit Lamellengraphit nach DIN EN 13835 bis zu Wandtemperaturen von 350 °C. Darüber hinaus kann in Einzelfällen eine Anwendungstemperatur bis höchstens 450 °C zugelassen werden. Bei Wandtemperaturen über 350 °C sind die Eignung und die Güteeigenschaften der austenitischen Gusseisenwerkstoffe mit Lamellengraphit bei Betriebstemperatur durch Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle erstmalig nachzuweisen.

2.2 Sonstige austenitische Gusseisenwerkstoffe mit Lamellengraphit, wenn ihre Eignung und die Güteeigenschaften durch Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle erstmalig bestätigt sind.

3 Prüfungen

3.1 Bei den austenitischen Gusseisensorten mit Lamellengraphit nach Abschnitt 2.1 sind die Zugfestigkeit und die chemische Zusammensetzung zu bestimmen. Als Mindestanforderungen gelten DIN EN 13835 und für die Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Wanddicke Tafel 2. Zusätzlich ist die Bruchdehnung zu ermitteln; Mindestanforderungen sind nicht festgelegt. Für Wandtemperaturen über 350 °C bis 450 °C sind außerdem die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung bei der zulässigen maximalen Temperatur zu prüfen.

Für die Probeentnahme, -herstellung und Versuchsführung gilt Folgendes:

3.1.1 Den erforderlichen Proben sind Probestücke zu entnehmen, die möglichst in Form von flanschartigen Leisten mit einer der maßgeblichen Wanddicke entsprechenden Dicke als integrierender Bestandteil der Gussstücke in solcher Anzahl und Größe anzugießen sind, dass aus ihnen die vorgeschriebenen Proben und ggf. noch Wiederholungsproben entnommen werden können.

3.1.2 Die Zugproben können bei Gussstücken mit Wanddicken bis 50 mm aus getrennt gegossenen Probestücken entnommen werden, wobei die Abkühlungverhältnisse denen der Gussstücke entsprechen sollen. Für die Abmessungen gelten DIN EN 13835 und Tafel 1. Die Zugehörigkeit der Probestücke zum Gussstück muss gewährleistet sein.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 — Zusammenhang zwischen Wanddicke und getrennt gegossenem Probestück

Maßgebende Wanddicke des Gussstückes in mm	Probestück nach DIN EN 13835
4 bis 10	Y Typ-I
über 10 bis 30	Y Typ-II, U und Rundstab
über 30 bis 50	Y Typ-III

3.1.3 Weiterhin sind zu beachten und sinngemäß anzuwenden:

DIN EN ISO 6892-1 Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur

DIN EN ISO 6892-2 Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur

3.2 Die Anzahl der Proben beträgt mindestens je eine Probe für den Zugversuch je 1000 kg Liefergewicht gleichartiger Gussstücke oder je Stück bei Gussstücken über 500 kg Rohgewicht. Für Wiederholungsprüfungen gilt DIN EN 13835.

3.3 Die Prüfung für Gusseisenwerkstoffe nach Abschnitt 2.2 ist nach Art und Umfang von der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen.

3.4 Proben von wärmebehandelten Gussstücken müssen den gleichen Behandlungszustand aufweisen wie die Gussstücke und mit den Gussstücken gemeinsam wärmebehandelt werden. Angegossene Proben sind erst nach der Wärmebehandlung abzutrennen.

3.5 Alle druckbeanspruchten Gussstücke sind, bevor sie mit Überzügen versehen werden, einer Druckprüfung mit Wasser von ausreichender Dauer und in der Regel mit dem zweifachen Betriebsüberdruck zu unterwerfen. Abweichungen bei Armaturengehäusen siehe AD 2000-Merkblatt A 4.

3.6 Wenn besondere Beanspruchungen vorliegen, können zur Feststellung der Dichtheit der Wandungen und zur Prüfung auf Fehler im Werkstoff zwischen Besteller/Betreiber und Hersteller folgende Versuche einzeln oder in Verbindung vereinbart werden:

(1) Dichtheitsprüfung mit Luft (Prüfdruck etwa 0,1-facher Betriebsüberdruck, höchstens 2 bar) unter Abpinseln mit schaumbildender Flüssigkeit nach Durchführung der Wasserdruckprüfung, in Sonderfällen auch unter Verwendung eines geeigneten Gases mit Benutzung eines Anzeigegerätes;

(2) Dichtheitsprüfung mit Petroleum oder einer anderen gleichartig wirksamen Flüssigkeit, z. B. mit entspanntem Wasser (Prüfdruck höchstens gleich dem 1,5-Fachen des Betriebsüberdruckes), vor der Wasserdruckprüfung;

(3) Dichtheitsprüfung mit Sattdampf oder Heißdampf (Prüfdruck höchstens gleich dem Betriebsüberdruck) nach der Wasserdruckprüfung;

(4) Durchstrahlungsprüfung;

(5) Prüfung durch Ultraschall, nötigenfalls in Verbindung mit einer anderen Prüfung, insbesondere Durchstrahlungsprüfung.

4 Gussstückbeschaffenheit

4.1 Die Gussstücke sind auf ihre äußere Beschaffenheit hin zu besichtigen, sicherheitstechnisch wichtige Maße sind nachzuprüfen. Für die Beschaffenheit der Gussstücke gelten im Allgemeinen die Forderungen nach DIN EN 13835. Der Guss darf keine Risse sowie keine größeren Hohlräume aufweisen und soll frei sein von hohen Eigenspannungen. Gegebenenfalls sind die nachfolgenden Wärmebehandlungen vorzusehen:

(1) Glühen bei 930 °C bis 980 °C mit nachfolgender rascher Abkühlung, z. B. in Luft, Öl, Wasser (Abschrecken) und/oder

(2) Spannungsarmglühen bei 600 °C bis 700 °C.

4.2 Das Schweißen an Gussteilen aus austenitischem Gusseisen mit Lamellengraphit für Druckbehälter ist möglichst zu vermeiden. In Ausnahmefällen dürfen an Druckbehältern aus austenitischem Gusseisen mit Lamellengraphit im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle und dem Besteller/Betreiber nach Durchführung einer Verfahrensprüfung Fertigungs-[1)] und Instandsetzungsschweißungen[2)] (Reparaturschweißungen) vorgenommen werden.

1) Fertigungsschweißungen sind im Verlauf des Fertigungsganges vom Gussstückhersteller vorgenommene Schweißungen mit dem Ziel, die im Hinblick auf die gewährleisteten Eigenschaften und den Verwendungszweck notwendige Gussstückbeschaffenheit sicherzustellen.

2) Instandsetzungsschweißungen sind Reparaturschweißungen zum Instandsetzen von Gussstücken, die während ihrer Verwendung beschädigt wurden, wobei das Gussstück durch Beheben der Fehler in seinen Eigenschaften und seiner Verwendbarkeit weitmöglichst wieder hergestellt wird.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5 Kennzeichnung

Gussstücke nach Abschnitt 2.1 sind mit dem Herstellerzeichen, der Los-Nr. bzw. der Schmelzen-Nr. (Probe-Nr.) und der Sorte nach DIN EN 13835, Gussstücke nach Abschnitt 2.2 entsprechend dem Gutachten der zuständigen unabhängigen Stelle zu kennzeichnen. Außerdem ist das Zeichen des Prüfers einzuschlagen. Für Armaturen gilt AD 2000-Merkblatt A 4.

6 Nachweis der Güteeigenschaften

Für Druckbehälter und druckbeanspruchte Druckbehälterteile ist der Nachweis der Güteeigenschaften und der Wasserdruckprüfung durch Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zu erbringen. Außerdem sind durch das Herstellerwerk die chemische Zusammensetzung (Schmelzenanalyse) und der Wärmebehandlungszustand nachzuweisen.

7 Kennwerte für die Bemessung

7.1 Als Festigkeitskennwert für die Bemessung gilt:

7.1.1 Bis zu einer Wandtemperatur von 350 °C die Zugfestigkeit bei Raumtemperatur unter Berücksichtigung der maßgebenden Wanddicke gemäß Tafel 2.

7.1.2 Bei einer Wandtemperatur über 350 °C bis höchstens 450 °C die Zugfestigkeit bei Berechnungstemperatur unter Berücksichtigung der maßgebenden Wanddicke. Die Werte sind zwischen dem Hersteller und der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.

Tafel 2 — Gewährleistete Festigkeitseigenschaften und Festigkeitskennwerte für die Bemessung

Sorte		Festigkeitskennwert	
Werkstoffbezeichnung	Werkstoff-Nr.	bei Wanddicke in mm	Zugfestigkeit MPa
EN-GJLA-XNiMn13-7	5.1501	4 bis 10 über 10 bis 30 über 30 bis 50 über 50	160 140 120 100
EN-GJLA-XNiCuCr15-6-2	5.1500	4 bis 10 über 10 bis 30 über 30 bis 50 über 50	170 150 130 110

7.2 Für austenitische Gusseisenwerkstoffe mit Lamellengraphit nach Abschnitt 2.2 sind die Festigkeitskennwerte von der zuständigen unabhängigen Stelle entsprechend dem Gutachten festzulegen.

7.3 Bei der Berechnung von Druckbehältern aus austenitischem Gusseisen mit Lamellengraphit sind die in Tafel 3 angegebenen Sicherheitsbeiwerte[3)] gegenüber der Zugfestigkeit zu berücksichtigen.

Tafel 3 — Sicherheitsbeiwerte

Werkstoffsorten nach DIN EN 13835	Sicherheitsbeiwert S
ungeglüht	8
geglüht	6

3) Die Sicherheitsbeiwerte sind bis zur Aufnahme in das AD 2000-Merkblatt B 0 vorläufig hier aufgeführt.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2013**

Werkstoffe für Druckbehälter	Rohre aus unlegierten und legierten Stählen	AD 2000-Merkblatt W 4

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Geeignete Rohre ... 2
3 Prüfungen ... 3
4 Kennzeichnung ... 4
5 Nachweis der Güteeigenschaften ... 4
6 Kennwerte für die Bemessung ... 4
7 Geeignete Rohre als Mäntel von Druckbehältern ... 5
Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt W 4 ... 12

Ersatz für Ausgabe Mai 2008; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für nahtlose und geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten ferritischen Stählen zum Bau von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen herab bis −10 °C und bis zu den im Abschnitt 2 genannten Temperaturgrenzen betrieben werden. Für die Verwendung von Rohren als Mäntel von Druckbehältern gilt zusätzlich Abschnitt 7.

Für Betriebstemperaturen unter −10 °C gilt zusätzlich AD 2000-Merkblatt W 10.

1.2 Für Rohre aus austenitischen Stählen gilt AD 2000-Merkblatt W 2 — Austenitische Stähle.

1.3 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an die Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeignete Rohre

Bei innerem und äußerem Überdruck dürfen die in den Abschnitten 2.1 und 2.2 aufgeführten Rohre in den Anwendungsgrenzen nach den Tafeln 1 a oder 2 a verwendet werden.

2.1 Nahtlose Rohre

2.1.1 Rohre aus unlegierten Stählen der Güte TR2 mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur nach DIN EN 10216-1.

2.1.2 Rohre aus den in Tafel 3 aufgeführten unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen nach DIN EN 10216-2. Die Stahlsorten 15NiCuMoNb5-6-4, 7CrMoVTiB10-10, X11CrMo5, X11CrMo9-1, X10CrMoVNb9-1, X10CrWMoVNb9-2 und X11CrMoWVNb9-1-1 können nur in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 377/2, 533/2, 007/2, 109, 511/2, 552/2 und 522/2 eingesetzt werden.

2.1.3 Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen nach DIN EN 10216-4.

2.1.4 Rohre aus legierten Feinkornbaustählen nach DIN EN 10216-3 in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352/2, 354/2 und 357/2, ausgenommen P620 und P690.

2.1.5 Nahtlose kaltgezogene Rohre für Hydraulik- und Pneumatik-Druckleitungen nach DIN EN 10305-4.

2.1.6 Nahtlose Rohre aus anderen Stahlsorten nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle. Dabei sind auch die Anwendungsgrenzen anzugeben. Die Stahlsorten sollen folgenden Anforderungen genügen:

(1) Die Bruchdehnung A in Längsrichtung soll mindestens 20 % betragen. Jedoch ist eine Bruchdehnung von ≥ 14 % ausreichend, wenn bei der Verarbeitung der Rohre eine Kaltumformung von 5 % an der ungünstigsten Stelle nicht überschritten oder bei Kaltumformungen über 5 % anschließend wärmebehandelt wird.

(2) Die Kerbschlagarbeit soll die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen. Der Mittelwert aus drei Charpy-V-Querproben muss bei tiefster Anwendungstemperatur, jedoch nicht höher als 20 °C, mindestens 27 Joule betragen. Bei Prüfung in Längsrichtung muss der Wert mindestens 40 Joule betragen.

Bei Stählen mit einer Mindestzugfestigkeit über 740 MPa ist zusätzlich die Sprödbruchunempfindlichkeit zu beachten.

2.2 Geschweißte Rohre

Geschweißte Rohre nach den Abschnitten 2.2.1 bis 2.2.7, wenn der Hersteller der zuständigen unabhängigen Stelle erstmalig in einer Verfahrensprüfung[1)] nachgewiesen hat, dass er das Schweißverfahren sicher beherrscht. Die Festlegungen über die Art der Bescheinigungen über Materialprüfungen nach DIN EN 10204 (siehe Tafel 2 a) gelten nur, wenn nach Abschluss der Verfahrensprüfung[1)] die Güte und die Gleichmäßigkeit der Fertigung der zuständigen unabhängigen Stelle nachgewiesen werden. Trifft dies nicht zu, ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 erforderlich.

Bei pressgeschweißten Rohren sind nach dem Schweißen die Rohre oder die Schweißverbindung über die ganze Länge normalzuglühen. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn der letzte Formgebungsschritt bei der Rohrherstellung eine normalisierende Umformung[2)] ist.

---

1) Siehe VdTÜV-Merkblatt 1151, zu beziehen bei der TÜV Media GmbH, Am Grauen Stein, 51105 Köln

2) Definition siehe Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 082, zu beziehen beim Verlag Stahleisen GmbH, Postfach 10 51 64, 40042 Düsseldorf

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Bei schmelzgeschweißten Rohren gelten für die Wärmebehandlung die Regelungen des AD 2000-Merkblattes HP 7/2. Ist eine Kaltumformung der Rohre vorgesehen, ist der Wärmebehandlungszustand der Schweißverbindung zu berücksichtigen.

2.2.1 Geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen der Güte TR2 mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur nach DIN EN 10217-1.

2.2.2 Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen nach DIN EN 10217-2.

2.2.3 Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen nach DIN EN 10217-5.

2.2.4 Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen nach DIN EN 10217-4.

2.2.5 Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen nach DIN EN 10217-6.

2.2.6 Geschweißte Rohre aus Feinkornbaustählen nach DIN EN 10217-3 in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352/1, 354/1 und 357/1.

2.2.7 Geschweißte Rohre aus anderen Stahlsorten nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle. Dabei sind auch die Anwendungsgrenzen anzugeben. Die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht bei Innendruck ist bei der Eignungsfeststellung festzulegen. Die Stahlsorten sollen folgenden Anforderungen genügen:

(1) Die Bruchdehnung A in Längsrichtung soll mindestens 20 % betragen. Jedoch ist eine Bruchdehnung von ≥ 14 % ausreichend, wenn bei der Verarbeitung der Rohre eine Kaltumformung von 5 % an der ungünstigsten Stelle nicht überschritten oder bei Kaltumformungen über 5 % anschließend wärmebehandelt wird.

(2) Die Kerbschlagarbeit soll die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen. Der Mittelwert aus drei Charpy-V-Querproben muss bei tiefster Anwendungstemperatur, jedoch nicht höher als 20 °C, mindestens 27 Joule betragen. Bei Prüfung in Längsrichtung muss der Wert mindestens 40 Joule betragen.

3 Prüfungen

3.1 Für die Prüfung von nahtlosen Rohren nach den Abschnitten 2.1.1, 2.1.3 und 2.1.5 sind die dort genannten DIN-EN-Normen maßgebend. Bei Rohren der Stahlsorte P265NL, wenn die Warmstreckgrenzen der Stahlsorte P265GH gemäß Tafel A2 im Anhang 1 gelten sollen, ist ein Warmzugversuch je Schmelze bei Betriebstemperatur (auf nächste 10 K aufgerundet) oder bei 300 °C erforderlich.

3.2 Für die Prüfung von nahtlosen Rohren nach Abschnitt 2.1.2 ist die DIN EN 10216-2 in Verbindung mit den genannten VdTÜV-Werkstoffblättern maßgebend. Bei den Stahlsorten 14MoV6-3, 15NiCuMoNb5-6-4, X10CrMoVNb9-1 und X20CrMoV11-1 ist ab ≥ 10 mm Nennwanddicke eine Kerbschlagprüfung erforderlich. Das Gleiche gilt für 16Mo3 ab ≥ 20 mm und bei anderen Stahlsorten, die nicht nach VdTÜV-Werkstoffblättern zu prüfen sind, ab ≥ 30 mm.

3.3 Für die Prüfung von nahtlosen Rohren nach Abschnitt 2.1.4 ist DIN EN 10216-3 in Verbindung mit den genannten VdTÜV-Werkstoffblättern maßgebend. Bei Rohren der warmfesten Güten und bei den kaltzähen Güten, wenn die Warmstreckgrenzen gelten sollen, ist ein Warmzugversuch je Schmelze bei Betriebstemperatur (auf nächste 10 K aufgerundet) oder bei 400 °C erforderlich. Sofern in der Bestellung nichts anderes vereinbart, kann auf den Warmzugversuch verzichtet werden, wenn der Hersteller der zuständigen unabhängigen Stelle die Einhaltung der gestellten Anforderungen mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen hat. Im Abnahmeprüfzeugnis ist auf die Zustimmung durch die zuständige unabhängige Stelle zum Entfall des Warmzugversuches hinzuweisen.

3.4 Bei nahtlosen Rohren nach Abschnitt 2.1.6 sind die Prüfungen entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung durchzuführen.

3.5 Für die Prüfung von geschweißten Rohren nach den Abschnitten 2.2.1, 2.2.4 und 2.2.5 sind die dort genannten DIN-EN-Normen maßgebend. Bei Rohren der Stahlsorte P265NL, wenn die Warmstreckgrenzen der Stahlsorte P265GH gemäß Tafel A2 im Anhang 1 gelten sollen, ist ein Warmzugversuch je Schmelze bei Betriebstemperatur (auf nächste 10 K aufgerundet) oder bei 300 °C erforderlich.

3.6 Für die Prüfung von geschweißten Rohren nach den Abschnitten 2.2.2 und 2.2.3 sind die dort genannten DIN-EN-Normen maßgebend. Ein Kerbschlagbiegeversuch ist ab ≥ 10 mm Nennwanddicke durchzuführen.

3.7 Für die Prüfung von geschweißten Rohren nach Abschnitt 2.2.6 ist DIN EN 10217-3 in Verbindung mit den genannten VdTÜV-Werkstoffblättern maßgebend. Bei Rohren der warmfesten Güten und bei den kaltzähen Güten, wenn die Warmstreckgrenzen gelten sollen, ist ein Warmzugversuch je Schmelze bei Betriebstemperatur (auf nächste 10 K aufgerundet) oder bei 400 °C erforderlich. Sofern in der Bestellung nichts anderes vereinbart, kann auf den Warmzugversuch verzichtet werden, wenn der Hersteller der zuständigen unabhängigen Stelle die Einhaltung der gestellten Anforderungen mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen hat. Im Abnahmeprüfzeugnis ist auf die Zustimmung durch die zuständige unabhängige Stelle zum Entfall des Warmzugversuches hinzuweisen.

3.8 Bei geschweißten Rohren nach Abschnitt 2.2.7 sind die Prüfungen entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung durchzuführen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.9 Falls zur Prüfung der Dichtheit anstelle des Innendruckversuches mit Wasser eine zerstörungsfreie Prüfung (z. B. eine elektromagnetische Prüfung nach Stahl-Eisen-Prüfblatt 1925 oder DIN EN 10246-1) angewendet wird, ist die Eignung dieses Verfahrens für den vorgesehenen Fertigungsbereich des betreffenden Herstellers erstmalig durch die zuständige unabhängige Stelle festzustellen.

3.10 Wenn die Rohre nach den in diesem AD 2000-Merkblatt aufgeführten Technischen Lieferbedingungen einer zerstörungsfreien Prüfung zu unterziehen sind, sind die Rohre über ihre gesamte Länge zu prüfen.[3)]

Wenn — anlagenbedingt — bei der Prüfung ungeprüfte Rohrenden verbleiben, muss deren Fehlerfreiheit auf andere Weise nachgewiesen werden. Dies kann durch ergänzende zerstörungsfreie Prüfung oder durch Prüfung von Ringproben erfolgen. Ein Abschneiden der ungeprüften Rohrenden ist ebenfalls zulässig.

4 Kennzeichnung

4.1 Rohre nach den Abschnitten 2.1.1 bis 2.1.5 und 2.2.1 bis 2.2.6 sind entsprechend den Festlegungen in den jeweiligen DIN-EN-Normen zu kennzeichnen. Rohre mit Außendurchmessern bis 51 mm müssen mindestens mit dem Kurznamen der Stahlsorte sowie den Kennzeichen des Herstellers und des Abnahmebeauftragten dauerhaft gekennzeichnet sein.

4.2 Rohre nach den Abschnitten 2.1.6 und 2.2.7 sind entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung zu kennzeichnen.

5 Nachweis der Güteeigenschaften

5.1 Der Nachweis der Güteeigenschaften ist entsprechend den Tafeln 1 a und 2 a zu erbringen.

5.2 Die Abnahmeprüfzeugnisse müssen die in den Technischen Lieferbedingungen/Normen geforderten Angaben enthalten. Außerdem ist in jedem Abnahmeprüfzeugnis die der Lieferung zugrunde liegende Technische Lieferbedingung/Norm (z. B. DIN EN 10216-2) und Technische Regel (AD 2000-Merkblatt W 4) anzugeben.

5.3 Die Gültigkeit der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204 (Ausgabe 1995) ist im AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 3.4 geregelt.

6 Kennwerte für die Bemessung

6.1 Für Rohre nach den Abschnitten 2.1.1 und 2.2.1 sind die Kennwerte für die Bemessung bei Temperaturen bis 300 °C den Angaben in Tafel A1 im Anhang 1 zu entnehmen.

6.2 Für Rohre nach Abschnitt 2.1.2 sind die Kennwerte für die Bemessung der DIN EN 10216-2 zu entnehmen. Für Rohre aus den Stahlsorten P235GH, P265GH, 16Mo3 und 13CrMo4-5 und Wanddicken bis 40 mm können die Werte der Tafel A2 im Anhang 1 benutzt werden.

6.3 Für Rohre nach den Abschnitten 2.2.2 und 2.2.3 sind die Kennwerte für die Bemessung der DIN EN 10217-2 bzw. der DIN EN 10217-5 zu entnehmen. Für Rohre nach Abschnitt 2.2.2 bis 16 mm Wanddicke und für Rohre nach Abschnitt 2.2.3 bis 40 mm Wanddicke können die Werte der Tafel A2 im Anhang 1 benutzt werden. Der Schweißnahtfaktor ist $v = 1{,}0$.

6.4 Für Rohre nach den Abschnitten 2.1.3, 2.2.4 und 2.2.5 gelten für die Bemessung bei RT die in DIN EN 10216-4, DIN EN 10217-4 und DIN EN 10217-6 festgelegten Werte. Rechenwerte der Warmstreckgrenze enthält das AD 2000-Merkblatt W 10. Für die Stahlsorte P265NL können für den kurzzeitigen Betrieb bis 300 °C die Werte der Stahlsorte P265GH gemäß Tafel A2 im Anhang 1 benutzt werden, sofern Vereinbarungen zum Nachweis der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur bei der Bestellung getroffen wurden.

6.5 Für Rohre nach den Abschnitten 2.1.4 und 2.2.6 gelten die in DIN EN 10216-3 und DIN EN 10217-3 festgelegten Werte, bei der Grundgüte bis 300 °C die durch 1,2 dividierten, verminderten Werte der warmfesten Güte. Dies gilt auch für die kaltzähe Güte und die kaltzähe Sondergüte, sofern keine Vereinbarungen zum Nachweis der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur bei der Bestellung getroffen wurden.

6.6 Für Rohre nach Abschnitt 2.1.5 sind die Kennwerte für die Bemessung bei Temperaturen bis 300 °C den Angaben der Tafel A3 im Anhang 1 zu entnehmen.

6.7 Für Rohre nach den Abschnitten 2.1.6 und 2.2.7 gelten die bei der Eignungsfeststellung festgelegten Werte.

6.8 Die in den Werkstoffspezifikationen oder Eignungsfeststellungen und in Abschnitt 6.1 für 20 °C angegebenen Festigkeitskennwerte gelten bis 50 °C, die für 100 °C angegebenen Werte bis 120 °C. In den übrigen Bereichen ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren (z. B. für 80 °C zwischen 20 °C und 100 °C und für 180 °C zwischen 100 °C und 200 °C), wobei eine Aufrundung nicht zulässig ist. Für Werkstoffe mit Einzelgutachten gilt die Interpolationsregel nur bei hinreichend engem Abstand[4)] der Stützstellen.

---

3) Diese Forderung gilt auch als erfüllt, wenn die Rohre Stoß an Stoß geprüft werden.

4) In der Regel wird hierunter ein Temperaturabstand von 50 K im Bereich der Warmstreckgrenze und von 10 K im Bereich der Zeitstandfestigkeit verstanden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7 Geeignete Rohre als Mäntel von Druckbehältern

Bei innerem und äußerem Überdruck dürfen die in den Abschnitten 7.1 und 7.2 aufgeführten Rohre in den Anwendungsgrenzen der Tafel 1 b bzw. 2 b verwendet werden.

7.1 Nahtlose Rohre

7.1.1 Rohre aus unlegierten Stählen der Güte TR2 mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur nach DIN EN 10216-1.

7.1.2 Nahtlose Rohre aus den in Tafel 3 aufgeführten unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen nach DIN EN 10216-2. Die Stahlsorten 15NiCuMoNb5-6-4, 7CrMoVTiB10-10, X11CrMo5, X11CrMo9-1, X10CrMoVNb9-1, X10CrWMoVNb9-2 und X11CrMoWVNb9-1-1 können nur in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 377/2, 533/2, 007/2, 109, 511/2, 552/2 und 522/2 eingesetzt werden.

7.1.3 Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen nach DIN EN 10216-4.

7.1.4 Rohre aus legierten Feinkornbaustählen nach DIN EN 10216-3 in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352/2, 354/2 und 357/2, ausgenommen sind P620 und P690.

7.1.5 Nahtlose Rohre aus anderen Stählen nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle. Dabei sind auch die Anwendungsgrenzen anzugeben. Die Stähle sollen folgenden Bedingungen genügen:

(1) Die Bruchdehnung A_5 in % soll in Querrichtung mindestens 14 % betragen. Bei Prüfung in Längsrichtung soll der Wert zwei Einheiten höher liegen.

(2) Die Kerbschlagarbeit soll die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen. Der Mittelwert aus drei Charpy-V-Querproben muss bei tiefster Anwendungstemperatur, jedoch nicht höher als 20 °C, mindestens 27 Joule betragen. Bei Prüfung in Längsrichtung soll der Wert mindestens 43 Joule betragen.

Bei Stählen mit einer Mindestzugfestigkeit über 740 MPa ist zusätzlich die Sprödbruchunempfindlichkeit zu beachten.

7.2 Geschweißte Rohre

Geschweißte Rohre nach den Abschnitten 7.2.1 bis 7.2.7, wenn der Hersteller der zuständigen unabhängigen Stelle erstmalig in einer Verfahrensprüfung[1)] nachgewiesen hat, dass er das Schweißverfahren sicher beherrscht. Die Festlegungen über die Art der Bescheinigungen über Materialprüfungen nach DIN EN 10204 (siehe Tafel 2 b) gelten nur, wenn nach Abschluss der Verfahrensprüfung die Güte und die Gleichmäßigkeit der Fertigung der zuständigen unabhängigen Stelle nachgewiesen werden[1)]. Trifft dies nicht zu, ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 erforderlich.

Bei pressgeschweißten Rohren sind nach dem Schweißen die Rohre oder die Schweißverbindung über die gesamte Länge normalzuglühen. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn der letzte Formgebungsschritt bei der Rohrherstellung eine normalisierende Umformung[2)] ist.

Bei schmelzgeschweißten Rohren gelten für die Wärmebehandlung die Regelungen des AD 2000-Merkblattes HP 7/2. Ist eine Kaltumformung der Rohre vorgesehen, ist der Wärmebehandlungszustand der Schweißverbindung zu berücksichtigen.

7.2.1 Geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen der Güte TR2 mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur nach DIN EN 10217-1.

7.2.2 Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen nach DIN EN 10217-2.

7.2.3 Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen nach DIN EN 10217-5.

7.2.4 Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen nach DIN EN 10217-4.

7.2.5 Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen nach DIN EN 10217-6.

7.2.6 Geschweißte Rohre aus legierten Feinkornbaustählen nach DIN EN 10217-3.

7.2.7 Geschweißte Rohre aus anderen Stahlsorten nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle. Dabei sind auch die Anwendungsgrenzen anzugeben. Die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht bei Innendruck ist bei der Eignungsfeststellung festzulegen. Als Mindestanforderungen gelten bei der Eignungsfeststellung sinngemäß die Anforderungen an Rohre aus vergleichbaren Stahlsorten nach den Abschnitten 7.2.1 bis 7.2.6.

1) Siehe Seite 2.

2) Siehe Seite 2.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7.3 Prüfungen

Rohre für Mäntel von Druckbehältern nach den Abschnitten 7.1 und 7.2 sind nach den in diesen Abschnitten genannten Normen in Verbindung mit den genannten VdTÜV-Werkstoffblättern bzw. der Eignungsfeststellung zu prüfen. Zusätzlich gelten die nachfolgenden Abschnitte 7.3.1 bis 7.3.4. Eine Übersicht enthält Tafel 3.

7.3.1 Rohre mit einem Außendurchmesser < 660 mm

Bei allen Stahlsorten nach DIN EN 10217-2 und DIN EN 10217-5 ist bei Nennwanddicken > 5 mm ein Kerbschlagbiegeversuch durchzuführen.

Bei den Stahlsorten 14MoV6-3, 15NiCuMoNb5-6-4, X10CrMoVNb9-1 und X20CrMoV11-1 ist ab ≥ 10 mm Nennwanddicke eine Kerbschlagprüfung erforderlich. Das Gleiche gilt für 16Mo3 ab ≥ 20 mm und bei allen anderen Stahlsorten, die nicht nach VdTÜV-Werkstoffblättern zu prüfen sind, ab ≥ 30 mm.

An Rohren mit Außendurchmessern ≥ 325 mm bis < 660 mm aus der Stahlsorte 14MoV6-3 sowie aus anderen Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit > 520 MPa (z. B. P460, X10CrMoVNb9-1, 26CrMo4-2, X10Ni9) sind Zug- und, soweit vorgesehen, Kerbschlagbiegeversuche an 10 % der Rohre, mindestens jedoch an einem Rohr je Schmelze und Wärmebehandlungslos, durchzuführen.

7.3.2 Rohre mit einem Außendurchmesser ≥ 660 mm

Zug- und, soweit vorgesehen, Kerbschlagbiegeversuche sind an 10 % der Rohre, mindestens aber an zwei Rohren je Schmelze und Wärmebehandlungslos, durchzuführen. Zusätzliche Regelungen sind nachfolgend festgelegt.

- Bei allen Stahlsorten nach DIN EN 10217-2 und DIN EN 10217-5 ist bei Nennwanddicken > 5 mm ein Kerbschlagbiegeversuch durchzuführen.
- Bei den Stahlsorten 14MoV6-3 und X20CrMoV11-1 ist ab ≥ 10 mm Nennwanddicke eine Kerbschlagprüfung erforderlich. Das Gleiche gilt für 16Mo3 ab ≥ 20 mm und bei anderen Stahlsorten, die nicht nach VdTÜV-Werkstoffblättern zu prüfen sind, ab ≥ 30 mm.

An Rohren aus der Stahlsorte 14MoV6-3, 15NiCuMoNb5-6-4, X10CrMoVNb9-1 und an Rohren aus anderen Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit > 520 MPa sind Zug- und, soweit vorgesehen, Kerbschlagbiegeversuche an einem Ende jeden Rohres durchzuführen.

An Rohren aus Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit > 520 MPa sind bei Längen > 4 m diese Prüfungen an beiden Enden eines jeden Rohres um 180 Grad versetzt durchzuführen.

7.3.3 Die Proben für die mechanischen und technologischen Prüfungen sind bei Rohren mit einem Außendurchmesser ≥ 660 mm quer zur Rohrachse bzw. zur Schweißnaht zu entnehmen.

7.3.4 Rohre aus Stahlsorten in den Lieferzuständen +NT oder +QT mit einem Außendurchmesser > 100 mm sind zur Feststellung einer gleichmäßigen Wärmebehandlung einer Härteprüfung zu unterziehen. Die Prüfung erfolgt bei Rohren mit Außendurchmessern > 100 mm bis < 325 mm an einem Ende, wobei die Prüfung je Prüflos, bezogen auf den Fertigungsvorgang, auf den Rohranfang und auf das Rohrende zu verteilen ist. Bei Rohren mit einem Außendurchmesser ≥ 325 mm erfolgt die Härteprüfung an beiden Enden. Bei Rohren, bei denen nach Abschnitt 7.3.2 an beiden Enden Zugversuche durchzuführen sind, entfällt die Härteprüfung.

7.4 Kennzeichnung

Für die Kennzeichnung gelten die Regelungen des Abschnittes 4, wobei für Rohre mit einem Außendurchmesser ≥ 660 mm die Zugehörigkeit der Lieferung zur Bescheinigung über Materialprüfungen durch besondere Kennzeichen, z. B. eine Prüfnummer, sicherzustellen ist.

7.5 Nachweis der Güteeigenschaften

Der Nachweis der Güteeigenschaften ist entsprechend den Tafeln 1 b und 2 b zu erbringen, wobei die Abschnitte 5.2 und 5.3 zu berücksichtigen sind. In der Bescheinigung über Materialprüfungen ist zusätzlich anzugeben, dass die Rohre dem AD 2000-Merkblatt W 4 Abschnitt 7 entsprechen.

7.6 Kennwerte für die Bemessung

Es gelten die Regelungen des Abschnittes 6 und Anhang 1.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 a — Anwendungsgrenzen und Nachweis der Güteeigenschaften für nahtlose Rohre

Normen	Abschnitt	Stahlsorten	Anwendungsgrenzen		Nachweis der Güteeigenschaften nach DIN EN 10204
			Betriebsüberdruck bar	Berechnungstemperatur[1] °C	
DIN EN 10216-1	2.1.1	P195TR2 P235TR2 P265TR2	ohne Begrenzung	≤ 300	3.1
DIN EN 10216-2	2.1.2	P195GH P235GH P265GH Prüfkategorie 1	≤ 160	bis zu den in der Norm angegebenen Temperaturgrenzen	P195GH P235GH P265GH: 3.1 andere Stahlsorten: 3.2[2]
		P195GH P235GH P265GH Prüfkategorie 2 legierte Stähle immer Prüfkategorie 2	ohne Begrenzung		
DIN EN 10216-3	2.1.4	P355N P460N	Prüfkategorie 1: ≤ 160 Prüfkategorie 2: ohne Begrenzung	≤ 300	P275NL1 und NL2: 3.1 andere Stahlsorten: 3.2[2]
		P355NH P460NH		≤ 400	
		P275NL1 P355NL1 P460NL1		≤ 300	
		P275NL2 P355NL2 P460NL2		≤ 400, wenn bei der Bestellung der Nachweis der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur vereinbart	
DIN EN 10216-4	2.1.3	P215NL P255QL P265NL	Prüfkategorie 1: ≤ 160 Prüfkategorie 2: ohne Begrenzung	siehe AD 2000-Merkblatt W 10	3.1
		26CrMo4-2 11MnNi5-3 13MnNi6-3 12Ni14 X12Ni5 X10Ni9			3.2
DIN EN 10305-4	2.1.5	E235+N E355+N	≤ 500	≤ 300	3.1

1) Siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 5.

2) Für nahtlose Rohre aus den Stahlsorten P355N, P355NH und 16Mo3 mit Wanddicken ≤ 30 mm genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 anstelle 3.2, wenn das Herstellerwerk der zuständigen unabhängigen Stelle den Nachweis ausreichender statistischer Sicherheit geführt hat. Der Übergang auf ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist dem Herstellerwerk von der zuständigen unabhängigen Stelle zu bestätigen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle in den Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 aufzuführen. Sofern es nicht im Rahmen laufender eigener Abnahmeprüfungen geschieht, soll sich die zuständige unabhängige Stelle in bestimmten Zeitabständen (etwa 1 bis 2 Jahre) davon überzeugen, dass die Voraussetzungen erhalten geblieben sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 b — Anwendungsgrenzen und Nachweis der Güteeigenschaften für nahtlose Rohre als Mäntel für Druckbehälter

Normen	Abschnitt	Stahlsorten	Anwendungsgrenzen		Nachweis der Güteeigenschaften nach DIN EN 10204
			Betriebsüberdruck bar	Berechnungs-temperatur[1] °C	
DIN EN 10216-1	7.1.1	P195TR2 P235TR2 P265TR2	≤ 80 mit ZfP auf Längsfehler ohne Begrenzung	≤ 300	3.1
DIN EN 10216-2	7.1.2	P195GH P235GH P265GH Prüfkategorie 1	≤ 80	bis zu den in der Norm angegebenen Temperatur-grenzen	P195GH P235GH P265GH: 3.1 andere Stahlsorten: 3.2[2]
		P195GH P235GH P265GH Prüfkategorie 2 legierte Stähle immer Prüfkategorie 2	ohne Begrenzung		
DIN EN 10216-3	7.1.4	P355N P460N	Prüfkategorie 1: ≤ 80 Prüfkategorie 2: ohne Begrenzung	≤ 300	P275NL1 und NL2: 3.1 andere Stahlsorten: 3.2[2]
		P355NH P460NH		≤ 400	
		P275NL1 P355NL1 P460NL1		≤ 300	
		P275NL2 P355NL2 P460NL2		≤ 400, wenn bei der Bestellung der Nachweis der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur vereinbart	
DIN EN 10216-4	7.1.3	P215NL P255QL P265NL	Prüfkategorie 1: ≤ 80 Prüfkategorie 2: ohne Begrenzung	siehe AD 2000-Merkblatt W 10	3.1
		26CrMo4-2 11MnNi5-3 13MnNi6-3 12Ni14 X12Ni5 X10Ni9			3.2

1) Siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 5.

2) Für nahtlose Rohre als Mäntel für Druckbehälter aus den Stahlsorten P355N, P355NH und 16Mo3 mit Wanddicken ≤ 30 mm genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 anstelle 3.2, wenn das Herstellerwerk der zuständigen unabhängigen Stelle den Nachweis ausreichender statistischer Sicherheit geführt hat. Der Übergang auf ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist dem Herstellerwerk von der zuständigen unabhängigen Stelle zu bestätigen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle in den Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 aufzuführen. Sofern es nicht im Rahmen laufender eigener Abnahmeprüfungen geschieht, soll sich die zuständige unabhängige Stelle in bestimmten Zeitabständen (etwa 1 bis 2 Jahre) davon überzeugen, dass die Voraussetzungen erhalten geblieben sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 a — Anwendungsgrenzen und Nachweis der Güteeigenschaften für geschweißte Rohre

Normen	Abschnitt	Stahlsorten	Anwendungsgrenzen		Nachweis der Güteeigenschaften nach DIN EN 10204
			Betriebsüberdruck bar	Berechnungs-temperatur[1] °C	
DIN EN 10217-1	2.2.1	P195TR2 P235TR2 P265TR2	ohne Begrenzung	≤ 300	3.1[2]
DIN EN 10217-2 und DIN EN 10217-5	2.2.2 und 2.2.3	P195GH P235GH P265GH Prüfkategorie 1	≤ 160	bis zu den in der Norm angegebenen Temperatur-grenzen	P195GH P235GH P265GH: 3.1[2] 16Mo3: 3.2[3]
		P195GH P235GH P265GH 16Mo3 Prüfkategorie 2	ohne Begrenzung		
DIN EN 10217-3	2.2.6	P355N P460N	Prüfkategorie 1: ≤ 160 Prüfkategorie 2: ohne Begrenzung	≤ 300	P275NL1 und NL2: 3.1[2] andere Stahlsorten: 3.2[3]
		P355NH P460NH		≤ 400	
		P275NL1 P355NL1 P460NL1		≤ 300	
		P275NL2 P355NL2 P460NL2		≤ 400, wenn bei der Bestellung der Nachweis der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur vereinbart	
DIN EN 10217-4 und DIN EN 10217-6	2.2.4 und 2.2.5	P215NL P265NL Prüfkategorie 1	Prüfkategorie 1: ≤ 160 Prüfkategorie 2: ohne Begrenzung	siehe AD 2000-Merkblatt W 10	3.1[2]
		P215NL P265NL Prüfkategorie 2			

1) Siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 5.

2) Die Festlegungen über die Art der Bescheinigungen über Materialprüfungen nach DIN EN 10204 gelten nur, wenn nach Abschluss der Verfahrensprüfung die Güte und die Gleichmäßigkeit der Fertigung der zuständigen unabhängigen Stelle nachgewiesen werden. Trifft dies nicht zu, ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 erforderlich.

3) Für geschweißte Rohre aus den Stahlsorten P355N, P355NH und 16Mo3 mit Wanddicken ≤ 30 mm genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 anstelle 3.2, wenn das Herstellerwerk der zuständigen unabhängigen Stelle den Nachweis ausreichender statistischer Sicherheit geführt hat. Der Übergang auf ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist dem Herstellerwerk von der zuständigen unabhängigen Stelle zu bestätigen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle in den Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 aufzuführen. Sofern es nicht im Rahmen laufender eigener Abnahmeprüfungen geschieht, soll sich die zuständige unabhängige Stelle in bestimmten Zeitabständen (etwa 1 bis 2 Jahre) davon überzeugen, dass die Voraussetzungen erhalten geblieben sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 b — Anwendungsgrenzen und Nachweis der Güteeigenschaften für geschweißte Rohre als Mäntel für Druckbehälter

Normen	Abschnitt	Stahlsorten	Anwendungsgrenzen		Nachweis der Güteeigenschaften nach DIN EN 10204
			Betriebsüberdruck bar	Berechnungs-temperatur[1] °C	
DIN EN 10217-1	7.2.1	P195TR2 P235TR2 P265TR2	≤ 80 mit ZfP auf Längsfehler ohne Begrenzung	≤ 300	3.1[2]
DIN EN 10217-2 und DIN EN 10217-5	7.2.2 und 7.2.3	P195GH P235GH P265GH Prüfkategorie 1	≤ 80	bis zu den in der Norm angegebenen Temperatur-grenzen	P195GH P235GH P265GH: 3.1[2] 16Mo3: 3.2[3]
		P195GH P235GH P265GH 16Mo3 Prüfkategorie 2	ohne Begrenzung		
DIN EN 10217-3	7.2.6	P355NH P460NH	Prüfkategorie 1: ≤ 80 Prüfkategorie 2: ohne Begrenzung	≤ 300	P275NL1 und NL2: 3.1[2] andere Stahlsorten: 3.2[3]
		P355NH P460NH		≤ 400	
		P275NL1 P355NL1 P460NL1		≤ 300	
		P275NL2 P355NL2 P460NL2		≤ 400, wenn bei der Bestellung der Nachweis der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur vereinbart	
DIN EN 10217-4 und DIN EN 10217-6	7.2.4 und 7.2.5	P215NL P265NL Prüfkategorie 1	Prüfkategorie 1: ≤ 80 Prüfkategorie 2: ohne Begrenzung	siehe AD 2000-Merkblatt W 10	3.1[2]
		P215NL P265NL Prüfkategorie 2			

1) Siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 5.

2) Die Festlegungen über die Art der Bescheinigungen über Materialprüfungen nach DIN EN 10204 gelten nur, wenn nach Abschluss der Verfahrensprüfung die Güte und die Gleichmäßigkeit der Fertigung der zuständigen unabhängigen Stelle nachgewiesen werden. Trifft dies nicht zu, ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 erforderlich.

3) Für geschweißte Rohre als Mäntel für Druckbehälter aus den Stahlsorten P355N, P355NH und 16Mo3 genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 anstelle 3.2, wenn das Herstellerwerk der zuständigen unabhängigen Stelle den Nachweis ausreichender statistischer Sicherheit geführt hat. Der Übergang auf ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist dem Herstellerwerk von der zuständigen unabhängigen Stelle zu bestätigen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle in den Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 aufzuführen. Sofern es nicht im Rahmen laufender eigener Abnahmeprüfungen geschieht, soll sich die zuständige unabhängige Stelle in bestimmten Zeitabständen (etwa 1 bis 2 Jahre) davon überzeugen, dass die Voraussetzungen erhalten geblieben sind.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 — Geeignete Stahlsorten für Rohre sowie Übersicht über den Prüfumfang bei Verwendung von Rohren als Mäntel von Druckbehältern nach Abschnitt 7[1)]

Normen	Abschnitt	Stahlsorten	Außendurchmesser mm	Prüfumfang			
				nach Norm	10 %, mind. 1 Rohr	10 %, mind. 2 Rohre	100 % an einem Ende
DIN EN 10216-1 DIN EN 10217-1	7.3.1	P195TR2 P235TR2 P265TR2	< 660	×			
	7.3.2		≥ 660			×	
DIN EN 10216-2 DIN EN 10217-2 DIN EN 10217-5	7.3.1	P195GH P235GH P265GH 16Mo3 10CrMo5-5 13CrMo4-5 10CrMo9-10 X11CrMo5+I X11CrMo5+NT1 X11CrMo9-1+I	< 660	×			
	7.3.2		≥ 660			×	
DIN EN 10216-2	7.3.1	14MoV6-3 11CrMo9-10 25CrMo4 15NiCuMoNb5-6-4 X11CrMo5+NT2 X11CrMo9-1+NT 7CrMoVTiB10-10 X10CrMoVNb9-1 X10CrWMoVNb9-2 X11CrMoWVNb9-1-1 X20CrMoV11-1	< 325	×			
			≥ 325 bis < 660		×		
	7.3.2		≥ 660				×[2)]
DIN EN 10216-3 DIN EN 10217-3	7.3.1	alle Güten P275 und P355	< 660	×			
	7.3.2		≥ 660			×	
	7.3.1	alle Güten P460	< 325	×			
			≥ 325 bis < 660		×		
	7.3.2		≥ 660				×
DIN EN 10216-4 DIN EN 10217-4 DIN EN 10217-6	7.3.1	P215NL P255QL P265NL 11MnNi5-3 13MnNi6-3	< 660	×			
	7.3.2		≥ 660			×	
DIN EN 10216-4	7.3.1	12Ni14 X12Ni5	< 325	×			
			≥ 325 bis < 660		×		
	7.3.2		≥ 660				×
	7.3.1	26CrMo4-2 X10Ni9	< 325	×			
			≥ 325 bis < 660		×		
	7.3.2		≥ 660				×[2)]

1) Bezüglich der Härteprüfung ist Abschnitt 7.3.4 zu beachten.

2) Bei Längen > 4 m Prüfung an beiden Enden um 180 Grad versetzt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt W 4

Kennwerte für die Bemessung der Rohre nach DIN EN 10216, DIN EN 10217 und DIN EN 10305-4

Tafel A1 — Kennwerte[1] für die Bemessung der Rohre nach DIN EN 10216-1 und DIN EN 10217-1

Kurzname	Wanddicke in mm	Kennwerte K in MPa bei Berechnungstemperatur in °C					
		20	100	150	200	250	300
P195TR2	$T \leq 16$	195	145	137	125	108	94
	$16 < T \leq 40$	185	135	127	115	98	84
	$40 < T \leq 60$[2]	175	125	117	105	88	74
P235TR2	$T \leq 16$	235	185	175	161	145	130
	$16 < T \leq 40$	225	175	165	151	135	120
	$40 < T \leq 60$[2]	215	165	155	141	125	110
P265TR2	$T \leq 16$	265	208	197	180	162	148
	$16 < T \leq 40$	255	198	187	170	152	138
	$40 < T \leq 60$[2]	245	188	177	160	142	128

1) Die Werte in Tafel A1 wurden DIN EN 10216-1, DIN EN 10216-2, DIN EN 10217-1 und DIN EN 10217-2 entnommen. Die Warmstreckgrenzen der DIN EN 10216-2 und DIN EN 10217-2 wurden durch 1,2 dividiert (vgl. Abschnitt 6.5). Bei der Wanddickenabstufung wurde die Abstufung der Streckgrenze $R_{eH/20\ °C}$ von 10 MPa und 20 MPa berücksichtigt.

2) Nur für Rohre nach DIN EN 10216-1.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel A2 — Kennwerte[1] für die Bemessung der Rohre nach DIN EN 10216-2, DIN EN 10217-2 und DIN EN 10217-5

Kurzname	Wanddicke in mm	Kennwerte K in MPa bei Berechnungstemperatur in °C									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450[3]	500[3]
P235GH	$T \leq 16$	235	212	198	185	165	140	120	112	108	–
	$16 < T \leq 40$[2]	225	205	192	180	160	135				
	$40 < T \leq 60$[3]	215	198	187	170	150	132				
P265GH	$T \leq 16$	265	238	221	205	185	160	141	134	128	–
	$16 < T \leq 40$[2]	255	228	211	195	175	155				
	$40 < T \leq 60$[3]	245	226	213	192	171	154				
16Mo3	$T \leq 10$	285[4]	265	252	240	220	195	185	175	170	165
	$10 < T \leq 16$	280	255	240	225	205	180	170	160	155	150
	$16 < T \leq 40$[2]	270	250	237	224	205	173	159	156	150	146
	$40 < T \leq 60$[3]	260	243								
13CrMo4-5[3]	$T \leq 10$	305[5]	282	268	255	245	230	215	205	195	190
	$10 < T \leq 40$	290	267	253	245	236	215	200	190	180	175
	$40 < T \leq 60$	280	264	253	245	236	192	182	174	168	166

1) Die Kennwerte in Tafel A2 wurden DIN EN 10216-2 und DIN EN 10217-2 entnommen. Sie wurden für erhöhte Berechnungstemperaturen und für Wanddicken bis 40 mm durch Werte der vergleichbaren Stahlsorten nach DIN 17175 und/oder DIN 17177 ergänzt (für Berechnungstemperaturen über 50 °C und unter 200 °C interpoliert entsprechend den Festlegungen in Abschnitt 6.8).

2) Nur für Rohre nach DIN EN 10216-2 und DIN EN 10217-5.

3) Nur für Rohre nach DIN EN 10216-2.

4) Entsprechend DIN 17175 und DIN 17177.

5) Entsprechend DIN 17175, DIN 17176 und DIN 17177.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel A3 — Kennwerte[1)] für die Bemessung der Rohre nach DIN EN 10305-4

Kurzname	Wanddicke in mm	Kennwerte K in MPa bei Berechnungstemperatur in °C					
		20	100	150	200	250	300
E235+N E355+N	$T \leq 16$	235	199	176	154	137	116
	$T \leq 16$	355	287	245	204	187	162

1) Die Werte in Tafel A3 wurden für Raumtemperatur der DIN EN 10305-4 entnommen. Die Kennwerte für erhöhte Berechnungstemperaturen wurden der DIN 1628 und DIN 1630 für die korrespondierenden Werkstoffe St 37 und St 52 entnommen und durch 1,2 dividiert (für Berechnungstemperaturen über 50 °C und unter 200 °C interpoliert entsprechend den Festlegungen in Abschnitt 6.8).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe März 2009**

Werkstoffe für Druckbehälter	**Stahlguss**	AD 2000-Merkblatt **W 5**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Geeigneter Stahlguss
3 Anforderungen an die Werkstoffe
4 Wärmebehandeln und Schweißen
5 Prüfung
6 Kennzeichnung
7 Art der Prüfbescheinigung
8 Kennwerte für die Bemessung
Anhang 1: Höchstzulässige Anzeigenmerkmale bei der Durchstrahlungsprüfung RT

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Stahlguss zum Bau von Druckbehältern und Druckbehälterteilen, die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen herab bis –10 °C und bis zu den in Abschnitt 2 und 3 genannten oberen Temperaturgrenzen betrieben werden. Bei Betriebstemperaturen unter –10 °C gilt zusätzlich AD 2000-Merkblatt W 10.

1.2 Für Gehäuse von Ausrüstungsteilen gilt AD 2000-Merkblatt A 4.

1.3 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an den Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeigneter Stahlguss

Es dürfen folgende Stahlgusssorten verwendet werden:

2.1 Ferritischer Stahlguss GE200 (1.0420), GE240 (1.0446) und G20Mn5 (1.6220) nach DIN EN 10293 in den Anwendungsgrenzen der Tafel 3.

2.2 Stahlguss für die Verwendung bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen nach DIN EN 10213, jedoch nur die Güten GP240GH (1.0619), G20Mo5 (1.5419), G17CrMo5-5 (1.7357), G17CrMo9-10 (1.7379), G17CrMoV5-10 (1.7706), GX8CrNi12 (1.4107) und GX23CrMoV12-1 (1.4931) bis zu den in der Norm genannten Wanddicken[1)].

[1)] Diese Wanddicken können im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle erhöht werden. Die Stahlgusssorte GP240GH darf jedoch im normalgeglühten Zustand nur bis 100 mm Wanddicke verwendet werden.

Ersatz für Ausgabe Juli 2003; vollständig überarbeitet

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf photomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.3 Stahlguss für die Verwendung bei tiefen Temperaturen nach DIN EN 10213, jedoch nur die Güten G17Mn5 (1.1131), G20Mn5 (1.6220), G9Ni10 (1.5636) und G9Ni14 (1.5638) bis zu den in der Norm genannten Wanddicken[1)], sowie GX3CrNi13-4 (1.6983) in Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 452.

2.4 Kaltzäher Stahlguss G10Ni6 (1.5621), G26CrMo4 (1.7221) und GX6CrNi18-10 (1.6902) nach Stahl-Eisen-Werkstoffblatt (SEW) 685 bis zu einer Temperatur[2)] von 50 °C.

2.5 Anderer ferritischer oder martensitischer Stahlguss nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle. Dabei sind auch die Anwendungsgrenzen, Anforderungen, Prüfmaßgaben, Kennzeichnung und Hinweise zur Weiterverarbeitung (z. B. Wärmebehandeln, Schweißen) anzugeben. Der Stahlguss soll die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen und mindestens jedoch folgenden Bedingungen genügen:

– Bruchdehnung A bei Raumtemperatur ≥ 15 %,
– Kerbschlagarbeit bei tiefster Betriebstemperatur jedoch nicht höher als 20 °C ≥ 27 J an der V-Probe nach DIN EN 10045-1.

Dabei wird ein zähes Bruchverhalten vorausgesetzt. Die Ergebnisse zusätzlicher Sprödbruchuntersuchungen im Rahmen der Eignungsfeststellung können andere Mindestwerte rechtfertigen.

2.6 Austenitische Stahlgusssorten nach DIN EN 10213, jedoch nur die Güten GX5CrNi19-10 (1.4308), GX5CrNiNb19-11 (1.4552), GX5CrNiMo19-11-2 (1.4408) und GX5CrNiMoNb19-11-2 (1.4581), bis zu den Temperaturen, für die in Tafel 2 dieser Norm Mindestwerte der Dehngrenzen angegeben sind, wobei die Angaben über die Korrosionsbeständigkeit in DIN EN 10213, Tabelle A.1, zu beachten sind. Soweit für die Stahlgusssorte 1.4408 eine Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion erforderlich ist, soll die Anwendungstemperatur 300 °C nicht überschreiten. Für Schleudergussstücke gilt zusätzlich das VdTÜV-Werkstoffblatt 286.

2.7 Anderer austenitischer Stahlguss nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle. Dabei sind auch die Anwendungsgrenzen, Anforderungen, Prüfmaßgaben, Kennzeichnung und Hinweise zur Weiterverarbeitung (z. B. Wärmebehandeln, Schweißen) anzugeben. Der Stahlguss soll die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen und mindestens jedoch folgenden Bedingungen genügen:

– Bruchdehnung A bei Raumtemperatur ≥ 20 %,
– Kerbschlagarbeit bei tiefster Betriebstemperatur jedoch nicht höher als 20 °C ≥ 35 J an der V-Probe nach DIN EN 10045-1.

2.8 Für anderen Stahlguss nach Abschnitt 2.5 und 2.7 sind die Warmstreckgrenze und gegebenenfalls die Langzeit-Warmfestigkeitswerte durch den Hersteller unter Festlegung der Richtanalyse und Wärmebehandlung nachzuweisen.

3 Anforderungen an die Werkstoffe

3.1 Für die allgemeinen Anforderungen an Stahlgussstücke gelten zusätzlich zu den Werkstoffnormen DIN EN 1559-1 und -2.

3.2 Gütestufen

Nach den unterschiedlichen Anforderungen an äußere und innere Beschaffenheit von Gussteilen wird Stahlguss in Gütestufen entsprechend Tafel 1 geliefert. Tafel 1 enthält die Zuordnung der Gütestufe zu der maximal zulässigen Temperatur und dem maximal zulässigen Druck, soweit keine höherwertige Gütestufe aufgrund besonderer Betriebsbedingungen erforderlich ist. Fallen Druck und Temperatur nicht in dieselbe Stufe, so ist die Stufe mit den höheren Anforderungen maßgebend.

Die anzuwendenden Normen für die zerstörungsfreie Prüfung enthält Tafel 1.

4 Wärmebehandeln und Schweißen

4.1 Für die Wärmebehandlung gelten die Angaben in DIN EN 10213 oder in den entsprechenden Werkstoffblättern.

---

1) Siehe Seite 1.

2) Definition der Wandtemperatur und Betriebstemperatur siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 5.

Tafel 1. Zuordnung der Gütestufen

Gütestufe	zulässige maximale Temperatur °C	zulässiger maximaler Druck bar	Gütestufen zulässige Anzeigenmerkmale			
			PT [2)]	MT [3)]	RT [4)]	UT [5)]
1[1)]	Anschweißenden		SP1,CP1	SM1	1	1
2	> 450	> 80	SP2,CP2,LP2,AP2	SM2,LM2,AM2	2	2
3	> 400 bis ≤ 450	> 32 bis ≤ 80	SP3,CP3,LP3,AP3	SM3,LM3,AM3	3	3
4	≤ 400	≤ 32	SP4,CP4,LP4,AP4	SM4,LM4,AM4	4	4

1) Bei der Oberflächenprüfung sind lineare Anzeigen oder in Reihe angeordnete Anzeigen unzulässig.
2) Eindringprüfung PT nach DIN EN 1371-1 oder DIN EN 1371-2
3) Magnetpulverprüfung MT nach DIN EN 1369
4) Durchstrahlungsprüfung RT nach DIN EN 12681/Zulässigkeitskriterien nach Anhang 1 zu diesem AD 2000-Merkblatt
5) Ultraschallprüfung UT nach DIN EN 12680-2

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.2 Für das Schweißen gelten die Festlegungen in DIN EN 10213 Abschnitt 6.2.

Die Schweißverfahren sind durch die zuständige unabhängige Stelle nach DIN EN ISO 11970 anzuerkennen. Alle Prüfungen nach Tabelle 1 in DIN EN ISO 11970 sind durchzuführen. Dabei gilt folgendes:

– Härteprüfung nicht bei Stahlgusssorten der Gruppen F und G.

– Biegeprüfung an zwei Seitenbiegeproben SBB nach DIN EN 910. Es gelten die Anforderungen entsprechend Abs. 7.4.3 der DIN EN ISO 15614-1.

– Prüfung auf IK-Beständigkeit nach DIN EN ISO 3651-2 bei Stahlgusssorten der Gruppen F und G, sofern Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion verlangt wird.

– Bestimmung des Ferritgehaltes bei Stahlgusssorten der Gruppe G.

– Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch am Grundwerkstoff, soweit für den Grundwerkstoff keine Prüfbescheinigungen entsprechend den zutreffenden AD 2000-Merkblättern der Reihe W vorliegen.

Die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen müssen den Anforderungen der Gütestufe 1 entsprechen. Risse und Flankenbindefehler sind unzulässig. Andere Fehler sind in den in AD 2000-Merkblatt HP 5/3 genannten Grenzen zulässig.

5 Prüfung

5.1 Stahlgussteile nach den Abschnitten 2.1 bis 2.4 und 2.6 sind nach den dort genannten Normen bzw. Werkstoffblättern zu prüfen. Die Prüfungen sind schmelzenweise so durchzuführen, dass jeweils die Teile gleicher Wärmebehandlung zusammengefasst werden. Das Höchstgewicht der Prüfeinheit für den Kerbschlagbiegeversuch und Zugversuch beträgt 2500 kg. Überschießende Mengen bis zu 1250 kg sind jeweils der vorhergehenden Prüfeinheit zuzuschlagen. Stahlgussteile mit einem Stückgewicht > 1000 kg sind einzeln zu prüfen.

Bei austenitischen Stahlgussteilen ist zusätzlich zur 1,0 %-Dehngrenze die 0,2 %-Dehngrenze zu ermitteln. Die Anforderung ist 25 MPa niedriger als die Anforderung an die 1,0 %-Dehngrenze.

5.2 Bei Stahlguss nach den Abschnitten 2.5 und 2.7 werden die Prüfmaßgaben bei der Eignungsfeststellung festgelegt.

5.3 Alle Gussstücke sind auf ihre äußere Beschaffenheit zu besichtigen. Sicherheitstechnisch wichtige Maße sind nachzuprüfen. Die chemische Zusammensetzung ist als Schmelzenanalyse zu ermitteln.

5.4 Alle vergüteten Stahlgussteile sind bei schmelzenweiser Prüfung einer vergleichenden Härteprüfung zu unterziehen. Das Ergebnis der Härteprüfung muss eine gleichmäßige Vergütung erkennen lassen (der Härteunterschied darf zwischen dem härtesten und weichsten geprüften Teil der Prüfeinheit nicht größer als 30 HB sein).

5.5 Wenn besondere Betriebsverhältnisse vorliegen, können zur Feststellung der Dichtheit der Wandungen und zur Prüfung auf Fehler im Gussstück Dichtheitsprüfungen durchgeführt werden. Art und Umfang der Prüfungen sind bei der Bestellung zu vereinbaren.

5.6 Die Gussstücke sind einer zerstörungsfreien Prüfung gemäß Abschnitt 3 zum Nachweis der Gütestufen zu unterziehen. Das Prüfpersonal der zerstörungsfreien Prüfung muss für die in Tafel 1 genannten Prüfverfahren nach DIN EN 473 zertifiziert sein.

Der Prüfumfang richtet sich nach Tafel 2 dieses AD 2000-Merkblattes. Gussstücke mit Stückgewichten > 1000 kg sind einzeln zu prüfen.

Bei Schweißungen erfolgt die Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN 1435 Klasse B.

5.7 Bei austenitischen Gussstücken nach DIN EN 10213 erfolgt die Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 je Schmelze und Wärmebehandlungslos. Auf diese Prüfung kann im Einvernehmen mit dem Besteller/Betreiber verzichtet werden.

6 Kennzeichnung

Die Gussstücke sind mindestens mit

– Zeichen des Herstellers,

– Werkstoffbezeichnung,

– Schmelzennummer,

– Zeichen der zuständigen unabhängigen Stelle bzw. des Abnahmebeauftragten bei Lieferungen mit Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204

dauerhaft zu kennzeichnen.

Tafel 2. Prüfumfang zum Nachweis der Gütestufe

Gütestufe	Prüfumfang bezogen auf die Stückzahl	
1	100 %	
2	100 %	
3	1. Prototyp:	100 %
	2. Vorserie:	Mindestens an 10 Teilen 100 %
	3. Serie:	An den aus der Vorserie erkannten kritischen Bereichen 100 %; werden an der Vorserie keine kritischen Bereiche erkannt, jedoch an 10 % der Teile an allgemein gießtechnisch schwierigen Stellen. Die Oberflächenprüfung erfolgt an allen Teilen.
4	1. Prototyp:	100 %
	2. Serie:	Stichprobenweise Prüfung der am Prototyp erkannten kritischen Bereiche oder der allgemein gießtechnisch schwierigen Stellen. Die Oberflächenprüfung erfolgt an allen Teilen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

7 Art der Prüfbescheinigung

Die Güteeigenschaften sind wie folgt nachzuweisen:

7.1 Bei Stahlguss nach Abschnitt 2.1 durch Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

7.2 Bei Stahlguss nach den Abschnitten 2.2 bis 2.4 ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 erforderlich. Für die Stahlgusssorte GP240GH genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204, sofern das Stückgewicht höchstens 500 kg beträgt.

7.3 Bei Stahlguss nach Abschnitt 2.6 durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204. Bei Stückgewichten < 200 kg genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

7.4 Bei Stahlguss nach den Abschnitten 2.5 und 2.7 entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung.

7.5 Der Hersteller hat mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu bestätigen[3], dass für die geforderten Gütestufen die Forderungen nach den zutreffenden Normen und der Tafel 1 erfüllt sind. Erfolgt der Nachweis der Güteeigenschaften durch Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204, sind die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfung von Anschweißenden sowie von Gussstücken der Gütestufen 1 und 2 von der zuständigen unabhängigen Stelle abschließend zu beurteilen. Bei Durchstrahlungsprüfungen erfolgt die Beurteilung zu 100 % durch die zuständige unabhängigen Stelle, bei der Ultraschallprüfung und Oberflächenprüfung führt sie an 10 % der Gussstücke eine Nachprüfung durch.

7.6 Inhalt der Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204

Die Abnahmeprüfzeugnisse müssen die in den Technischen Lieferbedingung/Normen geforderten Angaben enthalten. Außerdem ist in jedem Abnahmeprüfzeugnis die der Lieferung zugrunde liegende Technisch Lieferbedingung/Norm (z. B. DIN EN 10213) und Technische Regel (AD 2000-Merkblatt W 5) anzugeben.

8 Kennwerte für die Bemessung

8.1 Bei Stahlguss nach Abschnitt 2.1 gelten die Werte der Tafel 3.

8.2 Bei Stahlguss nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 mit Ausnahme der Sorte GX3CrNi13-4 gelten die in DIN EN 10213 festgelegten Werte. Für Stahlguss GX3CrNi13-4 gelten die im VdTÜV-Werkstoffblatt 452 festgelegten Werte.

8.3 Bei Stahlguss nach Abschnitt 2.4 gelten die in SEW 685 festgelegten Werte.

8.4 Bei Stahlguss nach Abschnitt 2.6 gelten die in DIN EN 10213 festgelegten Werte, wobei für die Berechnung diese Werte um 25 MPa abzusenken sind (siehe hierzu DIN EN 10213 Tabelle 3 Fußnote b). Für austenitischen Schleuderguss gelten die im VdTÜV-Werkstoffblatt 282 festgelegten Werte.

8.5 Bei Stahlguss nach den Abschnitten 2.5 und 2.7 gelten die bei der Eignungsfeststellung festgelegten Werte.

8.6 Die in Werkstoffspezifikationen oder Eignungsfeststellungen für 20 °C angegebenen Festigkeitskennwerte gelten bis 50 °C, die für 100 °C angegebenen Werte bis 120 °C. In den übrigen Bereichen ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren (z. B. für 80 °C zwischen 20 °C und 100 °C und für 180 °C zwischen 150 °C und 200 °C), wobei eine Aufrundung nicht zulässig ist. Für Werkstoffe mit Einzelgutachten gilt die Interpolationsregel nur bei hinreichend engem Abstand[4] der Stützstellen.

[3] Diese Bestätigung kann auch im jeweils höheren Nachweis enthalten sein.

[4] In der Regel wird hierunter ein Temperaturabstand von 50 K im Bereich der Warmstreckgrenze von 10 K im Bereich der Zeitstandfestigkeit verstanden.

Tafel 3. Anwendungsgrenzen und Kennwerte für die Bemessung für Stahlguss nach Abschnitt 2.1

Stahlgusssorte	Wanddicke	Kennwerte *K* bei Berechnungstemperatur						
		20 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300[1] °C	350[1] °C
	mm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
GE200	≤ 100	200	181	167	157	137	118	–
GE240	≤ 100	230	216	196	176	157	137	–
G20Mn5+N	≤ 30	300	216	205	197	193	186	178
	> 30 bis ≤ 100	260	184	173	166	161	154	146
G20Mn5+QT	≤ 100	300	216	205	197	193	186	178

[1] Auch für beheizte Teile darf die Berechnungstemperatur 300 °C bzw. 350 °C nicht überschreiten. AD 2000-Merkblatt B 0 Tafel 1 ist zu beachten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt W 5

Tafel A 1 Höchstzulässige Anzeigenmerkmale bei der Durchstrahlungsprüfung RT

Fehler				Höchstzulässige Fehler für Gütestufen			
Art	Kennbuchstabe nach ASTM [1]	bei Wanddicken in mm	Beurteilung nach ASTM [1]	1	2 [2]	3 [2]	4 [2]
Gasblasen	A	bis 51	E446	A1	A3	A3	A4
		über 51 bis 114	E186	A1	A3	A3	A4
		über 114 bis 305	E280	A1	A3	A3	A4
Nichtmetallische Einschlüsse	B	bis 51	E446	B1	B3	B3	B4
		über 51 bis 114	E186	B1	B3	B3	B4
		über 114 bis 305	E280	B1	B3	B3	B4
Lunker	C	bis 51	E446	Ca1, Cb1, Cc1, Cd1,	Ca2, Cb2, Cc2, Cd2,	Ca3, Cb3, Cc3, Cd3,	Ca4, Cb4, Cc4, Cd4,
		über 51 bis 114	E186	Ca1, Cb1, Cc1	Ca2, Cb2, Cc2	Ca3, Cb3, Cc3	Ca4, Cb4, Cc4
		über 114 bis 305	E280	Ca1, Cb1, Cc1	Ca2, Cb2, Cc2	Ca3, Cb3, Cc3	Ca4, Cb4, Cc4
Risse	D + E			unzulässig	unzulässig [3]	unzulässig [3]	unzulässig [3]
Kernstützen und Kühleisen	F	bis 51	E446	unzulässig	unzulässig	unzulässig	F1 [4]
		über 51 bis 114	E186	unzulässig	unzulässig	unzulässig	F1 [4]
		über 114 bis 305	E280	unzulässig	unzulässig	unzulässig	F1 [4]

[1] Titel: ASTM-E446 – Reference radiographs for steel castings up to 2 in. (51 mm) in thickness,
ASTM-E186 – Reference radiographs for heavy walled (2 to 4 ½ in. (51 to 114 mm)) steel castings sowie
ASTM-E280 – Reference radiographs for heavy walled (4 ½ to 12 in. (114 to 305 mm)) steel castings.

[2] Wenn z. B. durch Ultraschallprüfungen nachgewiesen wird, dass sich Fehler in der Kernzone (siehe Bild A 1) befinden, so gelten die Angaben für die zahlenmäßig höhere Gütestufe (z. B. 3 statt 2), sofern in der Bestellung nichts Gegenteiliges festgelegt ist.

[3] Sofern nicht durch bruchmechanische Untersuchungen die Unbedenklichkeit der Risse nachgewiesen wird.

[4] Kernstützen dürfen vorhanden sein, müssen jedoch rissfrei an der Oberfläche verschweißt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

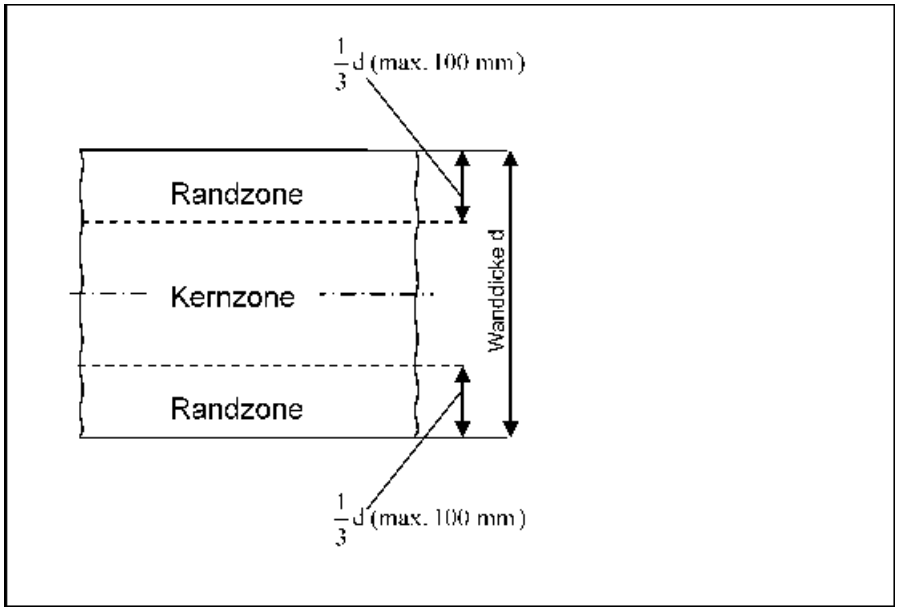


Bild A 1: Wandeinteilung in Zonen
(Die Einteilung bezieht sich auf die Dicke d des fertigen Gussstückes)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2016**

Werkstoffe für Druckbehälter	Aluminium und Aluminiumlegierungen; Knetwerkstoffe	AD 2000-Merkblatt W 6/1 korrigierte Fassung 09.2016

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Geeignete Werkstoffe	2
3	Anforderungen an die Werkstoffe	2
4	Verarbeitung	3
5	Prüfungen	3
6	Kennzeichnung	5
7	Nachweis der Güteeigenschaften	5
8	Festigkeitskennwerte für die Berechnung	5

Ersatz für Ausgabe Januar 2003; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe; ¦ Korrektur

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Bleche, Platten und Bänder (einschließlich Ronden), stranggepresste Stangen und Profile[1)], stranggepresste oder gezogene Rohre[1)] sowie Schmiedestücke aus Aluminium und Aluminiumlegierungen zum Bau von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen innerhalb der in Abschnitt 2 angegebenen Temperaturgrenzen betrieben werden.

1.2 Die Werkstoffe sind entsprechend dem Verwendungszweck auszuwählen, wobei die mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen zu berücksichtigen sind.

1.3 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an den Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeignete Werkstoffe

Für den Bau von Druckbehältern können verwendet werden:

2.1 Die in den Tafeln 1 und 2 aufgeführten Werkstoffe in den dort genannten Lieferzuständen und Anwendungsbereichen. Die aufgeführten Lieferzustände gelten jeweils nur für bestimmte Erzeugnisformen.

Für in den Tafeln 1 und 2 nicht genannte Abmessungen und Erzeugnisformen sowie im erweiterten Anwendungsbereich, wenn ihre Eignungsfeststellung[2)] vorliegt.

2.2 Die in den Tafeln 1 und 2 aufgeführten Werkstoffe in abweichenden Zuständen, z. B. kaltverfestigt, wenn ihre Eignungsfeststellung[2)] vorliegt.

2.3 Andere, nicht in Tafel 1 aufgeführte Werkstoffe, nach Eignungsfeststellung.

3 Anforderungen an die Werkstoffe

3.1 Für die chemische Zusammensetzung, den Lieferzustand und die Güteeigenschaften der Werkstoffe nach Abschnitt 2.1 gelten die Tafeln 1 und 2. Die Angaben dieser Tafeln können von denen der dort genannten Normen abweichen.

3.2 Die Anforderungen an die Werkstoffe nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 sowie an die Werkstoffe nach Abschnitt 2.1, Tafel 1 und 2 in den dort nicht erfassten Abmessungen, Erzeugnisformen und Anwendungsbereichen richten sich nach der von der zuständigen unabhängigen Stelle im Einvernehmen mit dem Werkstoffhersteller vorgenommenen Eignungsfeststellung, soweit sie nicht in Tafel 2 bereits festgelegt sind.

Die Bruchdehnung und Kerbschlagzähigkeit sollen die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen. Die Bruchdehnung A soll in Querrichtung mindestens 14 % betragen. Bei kaltverfestigten Werkstoffen nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 kann dieser Wert für die Bruchdehnung unterschritten werden, wenn ausreichende Verformbarkeitseigenschaften (z. B. im Berstversuch) nachgewiesen werden.

3.3 Für die Maßhaltigkeit gelten:

DIN EN 485-3 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Bänder, Bleche und Platten – Teil 3: Grenzabmaße und Formtoleranzen für warmgewalzte Erzeugnisse

DIN EN 485-4 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Bänder, Bleche und Platten – Teil 4: Grenzabmaße und Formtoleranzen für kaltgewalzte Erzeugnisse

DIN EN 586-3 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Schmiedestücke – Teil 3: Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 754-7 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Gezogene Stangen und Rohre – Teil 7: Nahtlose Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 754-8 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Gezogene Stangen und Rohre – Teil 8: Mit Kammerwerkzeug stranggepresste Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen

---

1) Bei Rohren und Profilen, die über Brücken- und Kammerwerkzeuge gepresst werden, ist eine einmalige Eignungsfeststellung des Herstellungsverfahrens für jedes Lieferwerk erforderlich.

2) Eignungsfeststellung gemäß AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 3.2.1.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

DIN EN 755-3 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 3: Rundstangen, Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 755-5 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 5: Rechteckstangen, Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 755-6 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 6: Sechskantstangen, Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 755-7 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 7: Nahtlose Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 755-8 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 8: Mit Kammerwerkzeug stranggepresste Rohre, Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 755-9 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile – Teil 9: Profile, Grenzabmaße und Formtoleranzen

DIN EN 941 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Ronden und Rondenvormaterial für allgemeine Anwendungen – Spezifikationen

4 Verarbeitung

Für die Verarbeitung und Wärmebehandlung gelten die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP.

5 Prüfungen

An den einzelnen Erzeugnissen sind folgende Prüfungen nach den jeweils gültigen Normen unter Beachtung dieses Abschnittes durchzuführen:

5.1 Bleche, Platten und Bänder[3)]

5.1.1 Schmelzenanalyse

5.1.2 Zugversuch quer zur Walzrichtung

(1) bei Blechdicken ≤ 10 mm an 10 %[4)] der Walztafeln, mindestens jedoch an einer Walztafel je Schmelze[5)], Abmessung und gleicher Wärmebehandlung,

(2) bei Blechdicken > 10 mm und bei Werkstoffen nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 walztafelweise,

(3) bei Bändern an jedem Band.

Bei unlegierten Aluminiumwerkstoffen ist die 1,0 %-Dehngrenze nachzuweisen[6)]. Für die Lage der Proben gilt DIN EN 485-1, Abschnitt 6.3.3.

5.1.3 Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV_2) an DVM-Proben nach DIN EN ISO 148-1 Beiblatt 1 quer zur Walzrichtung, 1 Satz (= 3 Einzelproben) je Erzeugnisform, Dicke, Schmelze und Wärmebehandlungslos, jedoch nur bei Werkstoffen, für die in den Tafeln 2 A und 2 B Anforderungen festgelegt sind. Bei den Werkstoffen EN AW-5754 und EN AW-5049 bei Dicken > 25 mm, bei dem Werkstoff EN AW-5083 bei Dicken > 15 mm. Bei Werkstoffen nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 entsprechend der Eignungsfeststellung der zuständigen unabhängigen Stelle. Die Probenahme erfolgt wie für den Zugversuch festgelegt.

5.1.4 Maßprüfung und Besichtigung beider Oberflächen jedes Bleches oder Bandes.

5.2 Rohre und Hohlprofile, soweit sie nicht Mäntel von Druckbehältern sind

(s. Abschnitt 5.4)

5.2.1 Schmelzenanalyse

5.2.2 Zugversuch bis 200 mm Durchmesser in Längsrichtung, darüber, soweit möglich, in Querrichtung je Schmelze[5)], Querschnittsabmessung und Prüfeinheit. Als Prüfeinheit gilt bei Liefermengen bis 100 Rohre die Liefermenge. Bei Liefermengen > 5 t gilt als Prüfeinheit jede angefangene Menge von 5 t. Je Schmelze sind mindestens zwei Zugversuche erforderlich. Bei Rohren in Ringen (coils) gilt für Liefermengen bis 300 kg die Liefermenge als Prüfeinheit, bei größeren Mengen jede angefangene Menge von 300 kg. Bei unlegierten Aluminiumwerkstoffen ist die 1,0 %-Dehngrenze nachzuweisen[6)]. Für die Lage der Proben gilt DIN EN 754-1 bzw. DIN EN 755-1, jeweils Abschnitt 6.1.3.3.

---

3) Einschließlich der daraus gefertigten Ronden.

4) Bei unlegierten Aluminiumwerkstoffen kann der Prüfumfang auf 5 % gesenkt werden, wenn mit genügender statistischer Sicherheit der Nachweis erbracht ist, dass die Prüfergebnisse den Anforderungen entsprechen.

5) Bei kontinuierlichem Abgießen ist der Begriff Schmelze als Folge zeitlich unmittelbar nacheinander hergestellter Abgüsse aufzufassen.

6) Bei unlegierten Aluminiumwerkstoffen sind bis zum Vorliegen ausreichender Unterlagen über das Verhältnis 0,2/1,0 %-Dehngrenze beide Werte zu ermitteln.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.2.3 Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV_2) an DVM-Proben nach DIN EN ISO 148-1 Beiblatt 1, soweit möglich in Querrichtung, 1 Satz (= 3 Einzelproben) je Erzeugnisform, Dicke, Schmelze und Wärmebehandlungslos, jedoch nur bei den Werkstoffen EN AW-5754 H112 und EN AW-5049 H112 für Dicken > 25 mm und bei dem Werkstoff EN AW-5083 H112 für Dicken > 15 mm sowie bei Werkstoffen nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 entsprechend der Eignungsfeststellung der zuständigen unabhängigen Stelle. Die Probenahme erfolgt wie für den Zugversuch festgelegt.

5.2.4 Ringversuch an einem Ende jeder Herstellungslänge bei nahtlosen Rohren und Hohlprofilen, soweit der Betriebsüberdruck 25 bar und mehr beträgt. Bei Rohren unter 25 bar Betriebsüberdruck genügt der Ringversuch im Umfang des Zugversuches an einem Ende des Probenrohres.

Für den Ringversuch gilt:

Bis 18 mm Außendurchmesser (Nennmaß): Ringfaltversuch nach DIN EN ISO 8492. Hierbei wird der Abstand zwischen den beiden Druckplatten nach der in DIN EN ISO 8492 genannten Gleichung bestimmt mit dem Faktor $c = 0{,}10$.

Über 18 mm bis 146 mm Außendurchmesser (ausgenommen Sternprofile aus dem Werkstoff EN AW-6060 T4): Ringaufdornversuch nach DIN EN ISO 8495. Der Versuch kann bei einer Aufweitung von 30 % abgebrochen werden.

Bei Sternprofilen aus dem Werkstoff EN AW-6060 T4 in allen Abmessungen Aufweitversuch nach DIN EN ISO 8493. Der Versuch kann bei einer Aufweitung von 30 % abgebrochen werden.

Über 146 mm Außendurchmesser: Ringzugversuch nach DIN EN ISO 8496.

Kann der Ringzugversuch aufgrund der Querschnittsform nicht durchgeführt werden, ist als Ersatz ein anderer Versuch, z. B. Makroätzung, anzuwenden.

5.2.5 Maßprüfung und Besichtigung der Außen- und, soweit möglich, auch der Innenoberfläche jedes Rohres und Hohlprofils.[5)]

5.2.6 Wasserinnendruckversuch[7)] an allen nahtlosen Rohren und Hohlprofilen mit einem Prüfüberdruck von 50 bar. Der Prüfüberdruck darf jedoch nur so hoch gewählt werden, dass die 1,1-fache Sicherheit gegenüber der 0,2 %-Grenze bei Aluminiumlegierungen oder die 1,4-fache Sicherheit gegenüber der 1,0 %-Dehngrenze bei unlegierten Aluminiumwerkstoffen[6)] nicht unterschritten wird.

5.3 Stangen, Profile[8)] und Schmiedestücke

5.3.1 Schmelzenanalyse

5.3.2 Zugversuch, soweit möglich, in Quer-(Tangential-)Richtung, je Schmelze[5)] und Abmessung für je 300 kg Rohgewicht. Für weitere Stücke gleicher Schmelze[5)] und Abmessung genügt eine Probe je 500 kg Liefergewicht, jedoch höchstens ein Zugversuch je Stück. Die Gleichmäßigkeit der Stücke ist durch Härteprüfung nachzuweisen. Bei unlegierten Aluminiumwerkstoffen ist die 1,0 %-Dehngrenze nachzuweisen[6)]. Für die Lage der Proben (Stangen und Profile) gilt DIN EN 755-1, Abschnitt 6.1.3.3.

5.3.3 Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV_2) an DVM-Proben nach DIN EN ISO 148-1 Beiblatt 1, soweit möglich, in Quer- (Tangential-) Richtung, 1 Satz (= 3 Einzelproben) je Erzeugnisform, Dicke, Schmelze und Wärmebehandlungslos, jedoch nur bei den Werkstoffen EN AW-5754 O/H111 und H112, EN AW-5049 O/H111 und H112 für Durchmesser > 50 mm oder flächengleiche Querschnitte, bei dem Werkstoff EN AW-5083 H112 für Durchmesser > 30 mm oder flächengleiche Querschnitte sowie bei Werkstoffen nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 entsprechend der Eignungsfeststellung der zuständigen unabhängigen Stelle. Die Probenahme erfolgt wie für den Zugversuch festgelegt.

5.3.4 Maßprüfung und Besichtigung jedes Stückes.

5.4 Rohre als Mäntel für Druckbehälter[9)]

Rohre für Mäntel von Druckbehältern sind bis zu einem Außendurchmesser ≤ 200 mm oder einer Wanddicke ≤ 10 mm wie Rohre nach Abschnitt 5.2 zu prüfen.

Bei einem Außendurchmesser > 200 mm oder einer Wanddicke > 10 mm sind darüber hinaus Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch an 10 % der Rohre durchzuführen.

Bei Hohlkörpern für Betriebsüberdrücke > 80 bar ist eine Ultraschallprüfung in Anlehnung an DIN EN ISO 10893-10 auf Längs- und Querfehler über die ganze Länge der Bauteile durchzuführen.

---

5) Siehe Seite 3.

6) Siehe Seite 3.

7) Der Innendruckversuch kann mit anderen Prüfmedien durchgeführt oder im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle durch ein gleichwertiges anerkanntes Prüfverfahren, z. B. Wirbelstromprüfung, ersetzt werden.

Bei nahtlosen Rohren und Hohlprofilen als Mäntel von Druckbehältern nach Abschnitt 5.4 einschließlich Stutzen kann der Wasserinnendruckversuch ersetzt werden durch die Druckprüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 30 unter der Voraussetzung, dass die gesamte Außenoberfläche bei der Druckprüfung besichtigt werden kann.

8) Voll- und Hohlprofile nach DIN EN 755-1.

9) Werden hierfür nach Abschnitt 5.2 geprüfte Rohre verwendet, so können die fehlenden Prüfungen nachgeholt werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Es gelten folgende Zulässigkeitsklassen:

Nennwanddicke s [mm]	Zulässigkeitsklasse
$s \leq 2$	U2A
$2 < s \leq 6$	U2B
$s > 6$	U2C

Wenn bei Rohren mit einem äußeren Durchmesser über 200 mm eine 100%ige Ultraschallprüfung in Anlehnung an DIN EN ISO 10893-10 auf Längs- und Querfehler mit den oben angegebenen Zulässigkeitsklassen durchgeführt wurde, kann die Durchführung des Ringversuches nach Abschnitt 5.2.4 auf 10 % der Rohre beschränkt werden.

6 Kennzeichnung

Alle Erzeugnisse sind mit dem Zeichen des Herstellers, der Werkstoffsorte und dem Zustand, der Schmelzen-Nummer und dem Stempel der zuständigen unabhängigen Stelle und gegebenenfalls der Proben-Nummer zu kennzeichnen. Die Walzrichtung muss entweder aus der Form des Erzeugnisses oder der Ausrichtung der Kennzeichnung erkennbar sein. Bei Blechen ist die Kennzeichnung in Walzrichtung mit Rollenstempel oder quer zur Walzrichtung nahe einem Erzeugnisende anzubringen. Bei Blechbunden und Bandrollen kann die Kennzeichnung auf einem sicher angebrachten Anhänger erfolgen. Bei Rohren ist die Kennzeichnung zumindest an einem Ende dauerhaft anzubringen. Bei Rohren mit einem Außendurchmesser $D \leq 51$ mm darf die Kennzeichnung durch einen Anhänger erfolgen. Bei Rohren mit einem äußeren Durchmesser < 100 mm entfällt die Kennzeichnung mit der Schmelzen-Nummer. Rohre sind mit der Nummer des Ringversuches zu kennzeichnen.

Werden Rohre, Stangen oder Profile in Bündeln geliefert, so ist bei Rohren mit einem äußeren Durchmesser ≤ 18 mm und bei Stangen mit einer Dicke (Durchmesser, Kantenlänge, Schlüsselweite und Breite) ≤ 25 mm eine Sammelkennzeichnung am Bündel durch Anhängeschild zulässig.

Wenn nichts anderes vereinbart wurde, erfolgt die Kennzeichnung in der Regel durch Schlagstempel. Bei Blechen ≤ 5 mm Dicke und bei dünnwandigen Rohren ist nur eine Farb- oder anderweitige dauerhafte Stempelung zulässig. Im Falle der Kennzeichnung mit Farbe sind wasserunlösliche Farben zu verwenden. Eine Rollstempelung über die gesamte Länge ist zulässig.

7 Nachweis der Güteeigenschaften

Der Nachweis der Güteeigenschaften erfolgt für drucktragende Teile durch Werksbescheinigung, Werkszeugnis und/oder Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204. Abnahmeprüfzeugnisse 3.2 sind durch die zuständige unabhängige Stelle auszustellen. Im Einzelnen gilt Folgendes:

7.1 Die Schmelzenanalyse wird durch ein Werkszeugnis nachgewiesen[10)].

7.2 Der Innendruckversuch der Rohre wird durch eine Werksbescheinigung nachgewiesen[10)].

7.3 Über die mechanischen Eigenschaften, Besichtigung und Maßnachprüfung sind folgende Nachweise zu erbringen:

7.3.1 Für unlegierte Aluminiumwerkstoffe nach Abschnitt 2.1 Abnahmeprüfzeugnis 3.1.

7.3.2 Für die Aluminium-Knetlegierungen EN AW-3003, EN AW-3103, EN AW-6060, EN AW-5754, EN AW-5049 und EN AW-5083 nach Abschnitt 2.1 Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204. Es genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1, wenn das Herstellerwerk der zuständigen unabhängigen Stelle den Nachweis ausreichender statistischer Sicherheit geführt hat und die Ergebnisse zur jederzeitigen Einsichtnahme bereitgehalten werden.

Der Übergang auf ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist dem Herstellerwerk zu bestätigen und kann im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle auch abmessungsgruppenweise erfolgen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle in den Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 aufzuführen.

Die zuständige unabhängige Stelle soll sich in bestimmten Zeitabständen (etwa 1 bis 2 Jahre), sofern es nicht im Rahmen laufender eigener Abnahmeprüfungen geschieht, davon überzeugen, dass die Voraussetzungen erhalten geblieben sind.

7.3.3 Für Werkstoffe nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204, soweit in der Eignungsfeststellung der zuständigen unabhängigen Stelle keine andere Festlegung getroffen ist.

8 Festigkeitskennwerte für die Berechnung

8.1 Für die Berechnungskennwerte gilt Tafel 3. Die in Tafel 3 für den Temperaturbereich von -196 °C oder -270 °C bis $+20$ °C angegebenen Berechnungskennwerte gelten auch für Druckbehälter, die unter klimatischen Bedingungen betrieben werden.

Bei Betriebstemperaturen > 20 °C ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren, wobei die Festigkeitskennwerte nach unten auf die Einerstelle abzurunden sind.

10) Diese Bestätigung kann auch im jeweils höheren Nachweis enthalten sein.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Im Bereich der Langzeitwerte wird die Temperatur auf volle 5 °C aufgerundet. Die interpolierten Festigkeitskennwerte sind nach unten auf die Einerstelle abzurunden.

8.2 Bei der Berechnung (Innendruckbeanspruchung) ist ein Sicherheitsbeiwert $S = 1{,}5$ einzusetzen.

Tafel 1 — Geeignete Werkstoffe; Zusammensetzung, Lieferzustand und Anwendungsbereich

EN-Kurzzeichen	Zusammensetzung entsprechend	Lieferzustände je nach Erzeugnisform (s. Tafel 2)	Anwendung im Temperaturbereich
A. Werkstoffe für allgemeine Anwendung			
EN AW-1098	DIN EN 573-3	O/H111, H112	–270 °C bis 100 °C
EN AW-1080A	DIN EN 573-3	O/H111, H112	–270 °C bis 100 °C
EN AW-1070A	DIN EN 573-3	O/H111, H112	–270 °C bis 100 °C
EN AW-1050A	DIN EN 573-3	O/H111, H112	–270 °C bis 300 °C
EN AW-5754	DIN EN 573-3	O/H111, H112	–270 °C bis 150 °C
EN AW-5049	DIN EN 573-3	O/H111, H112	–270 °C bis 250 °C
EN AW-5083	DIN EN 573-3	O/H111, H112	–270 °C bis 80 °C[1)]
B. Werkstoffe für bestimmte Anwendungen bei tiefen Temperaturen (s. Tafel 2 C)			
EN AW-3003	DIN EN 573-3	F, O	–270 °C bis 50 °C[1)]
EN AW-3103	DIN EN 573-3	O/H111, H112	–270 °C bis 50 °C[1)]
EN AW-6060	DIN EN 573-3	T4	–196 °C bis 50 °C[1)]

[1)] Kurzzeitige Temperaturüberschreitungen (z. B. beim Abtauen von Kälteanlagen) sind bis 150 °C zulässig, wenn der Druck bei einer Dauer bis zu 8 Stunden auf die Hälfte des Betriebsüberdruckes, bei einer Dauer bis zu 24 Stunden auf Atmosphärendruck gesenkt wird.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperaturen (Mindestwerte)[1)]

A. Halbzeug im Zustand weich[2)]

Werkstoff	Erzeugnisform und Abmessungsgrenzen						Mechanische Eigenschaften						
			Stangen							Bruchdehnung A[6)]			
	Bleche[3)]	Rohre	Rund	4-kant	6-kant	Rechteck	0,2 %-Dehngrenze	1,0 %-Dehngrenze	Zugfestigkeit	Bleche	Rohre	Stangen (Rund-, Flach- usw.)	Kerbschlagzähigkeit DVM
	Dicke	Wanddicke	Durchmesser	Seitenlänge	Schlüsselweite	Dicke							
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	MPa	MPa	MPa	%	%	%	J/cm²
EN AW-1098 O/H111	≤ 5	–	1 bis 30	2 bis 30	3 bis 30	2 bis 6	–	17	40	33	–	29	–
EN AW-1098 O/H111	> 5 bis 20	–	–	–	–	–	–	17	40	30	–	–	–
EN AW-1080A O/H111	≤ 6	0,3 bis 16	2 bis 30	2 bis 30	3 bis 30	2 bis 6	–[4)]	22	60	40	27	27	–
EN AW-1080A H112	≤ 25	–	–	–	–	–	18	22	60	21	–	–	–
EN AW-1070A O/H111	≤ 6	–	–	–	–	–	–[4)]	25	60	40	–	–	–
EN AW-1070A H112	≤ 25	–	–	–	–	–	18	25	60	21	–	–	–
EN AW-1050A O/H111	≤ 25	0,3 bis 16	2 bis 30	2 bis 30	3 bis 30	2 bis 6	20[4)]	30	65	35	25	25	–
EN AW-1050A H112	≤ 50	–	–	–	–	–	20	30	75	20	–	–	–
EN AW-5754 O/H111	–	0,3 bis 10	2 bis 100	2 bis 60	3 bis 60	2 bis 20	80	–	180	–	17	16	30
EN AW-5754 O/H111	≤ 25	–	–	–	–	–	80	–	190	18	–	–	30
EN AW-5754 H112	25 bis 50	–	–	–	–	–	80	–	190	14	–	–	30
EN AW-5049 O/H111	–	0,3 bis 10	–	–	–	–	80	–	180	–	17	–	30
EN AW-5049 O/H111	≤ 25	–	–	–	–	–	80	–	190	18	–	–	30
EN AW-5049 H112	25 bis 50	–	–	–	–	–	80	–	190	14	–	–	30
EN AW-5083 O/H111[5)]	≤ 50	–	–	–	–	–	125	–	275	17	–	–	25
EN AW-5083 O/H111	–	bis 10	bis 100	bis 100	bis 100	2 bis 50	110	–	270	–	14	14	25
EN AW-5083 H112	≤ 30	–	–	–	–	–	125	–	275	14	–	–	25

1) Werte gelten für Längs- und Querrichtung.

2) Die Bezeichnung „weich“ bezieht sich auf einen Werkstoffzustand, der durch Weichglühen nach Kalt- und Warmformung oder ohne Weichglühen unmittelbar durch Warmumformung bei so hohen Umformungsgraden und -temperaturen erreicht wird, dass die gewährleisteten Eigenschaften der Tafel 2 A eingehalten werden.

3) Gilt auch für Bänder bis 10 mm.

4) Folgende Höchstwerte sind zu beachten: EN AW-1080A O/H111 max. 50 MPa, EN AW-1070A O/H111 max. 50 MPa, EN AW-1050A Bleche max. 55 MPa, Rohre, Stangen max. 60 MPa.

5) Bei einer Blechdicke ≤ 30 mm ist eine Brucheinschnürung ≥ 30 % und bei einer Blechdicke von > 30 mm bis ≤ 50 mm eine Brucheinschnürung von ≥ 20 % zu gewährleisten.

6) Abweichend von den Festlegungen in den entsprechenden DIN EN, die für Wanddicken ≤ 12,5 mm bis ≥ 3 mm eine Messlänge von 50 mm (A50) vorsehen, wird in diesem AD 2000-Merkblatt für diesen Dickenbereich generell eine Prüfung mit Proportionalstab (A) vorgeschrieben.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 (Fortsetzung)

B. Halbzeug im Zustand gepresst ohne anschließende Wärmebehandlung oder geschmiedet[1)]

Werkstoff	Erzeugnisform und Abmessungsgrenzen								Mechanische Eigenschaften							
	Stangen						Strang-pressprofile	Schmiedestücke (Gesenk- und Freiform)	0,2 %-Dehngrenze	0,1 %-Dehngrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung A[4)]				Kerbschlagzähigkeit DVM
	Rohre	Rund	4-kant	6-kant	Rechteck							Rohre	Profile Hohlprofile	Stangen (Rund-, Flach- usw.)	Schmiedestücke[2)]	
	Wanddicke	Durchmesser	Seitenlänge	Schlüsselweite	Dicke	Querschnitt	Wanddicke	Wanddicke								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm^2	mm	mm	MPa	MPa	MPa	%	%	%	%	J/cm^2
EN AW-1098 H112	2,5 bis 35	–	–	–	–	–	–	–	–	17	40	27	–	–	–	–
EN AW-1080A H112	2,5 bis 35	10 bis 250	10 bis 250	10 bis 250	2 bis 40	20 bis 8000	≥ 1	–	–	22	60	25	25	25	–	–
EN AW-1050A H112	2,5 bis 35	10 bis 250	10 bis 250	10 bis 250	2 bis 40	20 bis 8000	≥ 1	≤ 100	20	30	70	25	25	25	23	–
EN AW-5754 H112	3 bis 35	10 bis 250	10 bis 250	10 bis 250	2 bis 40	20 bis 8000	≥ 1,5	≤ 100	80	–	180	15[3)]	15[3)]	15[3)]	15[3)]	30
EN AW-5049 H112	3 bis 35	10 bis 250	10 bis 250	10 bis 250	2 bis 40	20 bis 8000	≥ 1,5	–	100	–	200	14	14	14	14	30
EN AW-5083 H112	3,5 bis 35	10 bis 250	10 bis 250	10 bis 250	2 bis 40	20 bis 8000	≥ 1,7	–	130	–	270	14	14	14	–	20
EN AW-5083 H112	–	–	–	–	–	–	–	≤ 100	110	–	260	–	–	–	14	20

1) Werte gelten für Längs- und Querrichtung.

2) Gesenkschmiedestücke, für Freiformschmiedestücke nur als Richtwerte.

3) Für die in diesem AD 2000-Merkblatt vorgesehenen Abmessungsbereiche sind die von den Normen abweichenden Werte statistisch gut gesichert. Die Bestellung kann daher nach den gültigen EN-Blättern erfolgen.

4) Abweichend von den Festlegungen in den entsprechenden DIN EN, die für Wanddicken ≤ 12,5 mm eine Messlänge von 50 mm (A50) vorsehen, wird in diesem AD 2000-Merkblatt generell eine Prüfung mit Proportionalstab (A) vorgeschrieben.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 (Fortsetzung)

C. Halbzeug für bestimmte Anwendungen bei tiefen Temperaturen

Werkstoff	Erzeugnisformen und Abmessungsgrenzen							Mechanische Eigenschaften						
	Zustand	Verwendung	Bleche[1] Dicke	Rohre Wanddicke	Rohre Durchmesser	Rechteck-Stangen Dicke	Strangpressprofile Wanddicke	0,2 %-Dehngrenze	1,0 %-Dehngrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung[7] Rohre	Bruchdehnung[7] Profile Hohlprofile Bleche	Bruchdehnung[7] Stangen (Rund-, Flach- usw.)	Kerbschlagzähigkeit DVM
			mm	mm	mm	mm	mm	MPa	MPa	MPa	%	%	%	J/cm²
EN AW-3003 F[2]	gezogen	Rahmen für Plattenverdampfer	–	–	–	5 bis 40	40	(150)[2]	–	(160)[2]	–	(12)[2]	(12)[2]	–
EN AW-3003 O[3]	geglüht		–	–	–	5 bis 40	40	35	–	95	–	21	21	–
EN AW-3103 H112	gepresst	Wärmetauscher	–	1 bis 2,5	bis 20	–	–	35	–	95	17	–	–	–
EN AW-3103 O	weich	Wärmetauscher	–	1 bis 2,5	bis 20	–	–	35	–	95	22	–	–	–
EN AW-3103 O[1]	weich	Plattenverdampfer	0,35 bis 6,0	–	–	–	–	35	–	90	–	18[4] 23[5]	–	–
EN AW-3003 O[1]	weich	Plattenverdampfer	0,35 bis 6,0	–	–	–	–	35	–	100	–	18[4] 23[5]	–	–
EN AW-6060 T4	kaltausgehärtet	Sternprofile für Kaltvergaser	–	–	–	–	1 bis 10	65[6]	–	130	–	15	–	–

1) Bleche und Bänder, auch lotplattiert. Bei Verarbeitung durch Hartlöten sind die im VdTÜV-Werkstoffblatt 387 getroffenen Regelungen zu beachten.

2) Anlieferungs- und Montagezustand vor dem Hartlöten, kein Abnahmezustand.

3) Abnahmezustand: Wärmeeinfluss beim Hartlöten simuliert durch Glühen 600 °C/1 h.

4) Für Dicken ≤ 0,8 mm und Messlänge 50 mm.

5) Für Dicken > 0,8 mm und Messlänge 50 mm.

6) Gilt auch für nicht vollbeanspruchte Schweißverbindungen.

7) Abweichend von den Festlegungen in den entsprechenden DIN EN, die für Wanddicken ≤ 12,5 mm bis ≥ 3 mm eine Messlänge von 50 mm (A50) vorsehen, wird in diesem AD 2000-Merkblatt für diesen Dickenbereich generell eine Prüfung mit Proportionalstab (A) vorgeschrieben.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 — Berechnungskennwerte in MPa und Elastizitätsmodul in GPa

Werkstoff und Zustand	Kennwert	Berechnungstemperatur in °C						
		–270[6] bis 20	50	100	150	200	250	300
EN AW-1098 O/H111 und H112	$R_{p1,0}$	17	15	13	–	–	–	–
EN AW-1080A O/H111 und H112	$R_{p1,0}$	22	20	18	–	–	–	–
EN AW-1070A O/H111 und H112	$R_{p1,0}$	25	23	20	–	–	–	–
EN AW-1050A O/H111 und H112	$R_{p1,0}$	30	29	27	–	–	–	–
EN AW-1050A O/H111 und H112	$R_{m/100000\,\theta}$	–	–	27	18	11	8	(3)
EN AW-3003 O/H111[2)5)]	$R_{p0,2}$	35	35	–	–	–	–	–
EN AW-3103 O/H111 und H112	$R_{p0,2}$	35	35	–	–	–	–	–
EN AW-6060 T4	$R_{p0,2}$	65	65	–	–	–	–	–
EN AW-5754 O/H111 und H112	$R_{p0,2}$	80	80	70	–	–	–	–
EN AW-5754 O/H111 und H112	$R_{m/100000\,\theta}$	–	–	(80)	45	–	–	–
EN AW-5049 O/H111 und H112	$R_{p0,2}$	80	80	70	–	–	–	–
EN AW-5049 O/H111 und H112	$R_{m/100000\,\theta}$	–	–	(100)	48	22	16	–
EN AW-5049 H112[1)]	$R_{p0,2}$	100	100	90	–	–	–	–
EN AW-5049 H112[1)]	$R_{m/100000\,\theta}$	–	–	(120)	60	25	20	–
EN AW-5083 O/H111 und H112[2)]	$R_{p0,2}$	125	125	(120)	–	–	–	–
EN AW-5083 H112[3)]	$R_{p0,2}$	130	130	(120)	–	–	–	–
EN AW-5083 O/H111 und H112[4)5)]	$R_{p0,2}$	110	110	(120)	–	–	–	–
Elastizitätsmodul	E	70	69	68	66	63	57	(50)

1) Die Berechnungskennwerte gelten auch für geschweißte Bauteile, da der Werkstoff nicht im verfestigten Zustand vorliegt.
2) Bleche, weich und warmgewalzt nach DIN EN 485-2.
3) Rohre, Stangen, Profile, gepresst nach DIN EN 755-2.
4) Schmiedestücke nach DIN EN 586-2.
5) Rohre, Stangen, Profile, weich nach DIN EN 755-2.
6) Für den Werkstoff EN AW-6060 gilt −196 °C bis 20 °C.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe März 2009**

Werkstoffe für Druckbehälter	Kupfer und Kupfer-Knetlegierungen	AD 2000-Merkblatt W 6/2

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter-und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Geeignete Werkstoffe
3 Anforderungen
4 Prüfungen
5 Kennzeichnung
6 Nachweis der Güteeigenschaften
7 Kennwerte für die Bemessung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Bleche, Bänder, Platten, nahtlose Rohre und Stangen aus Kupfer und Kupfer-Knetlegierungen zum Bau von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen sowie Umgebungstemperaturen innerhalb der in Tafel 1 angegebenen Grenztemperaturen[1)] betrieben werden.

1.2 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an die Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeignete Werkstoffe

2.1 Für Bleche, Bänder, Platten, nahtlose Rohre, Stangen und Schmiedestücke können die in Tafel 1 angegebenen Werkstoffe innerhalb der angegebenen Temperaturgrenzen verwendet werden. Hinsichtlich Erzeugnisformen und Grenzwerte für die Abmessung gelten die Tafeln 2 bis 5.

Die Verwendung dieser Werkstoffe mit > 65 % Massenanteil Kupfer ist bei Anwesenheit von Acetylen unzulässig

1) Definition der Wandtemperatur und Betriebstemperatur siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 5.

Ersatz für Ausgabe Februar 2008; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf photomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

(BGV B6 Gase)[2]. Bei Verwendung von z. B. Kupfer-Zink-Legierungen ist zu beachten, dass sie gegen die vorkommenden Medien hinreichend beständig sind und dass keine gefährlichen chemischen Reaktionen stattfinden (z. B. ist die BGV B 6 Gase, Anlage 2 – Gastabelle, zu beachten).

2.2 Erzeugnisse aus anderen Kupferlegierungen und Kupfer-Knetlegierungen können nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle[3] verwendet werden. Dabei sind die Anwendungsgrenzen, Anforderungen, Prüfmaßgaben, Kennzeichnung und Hinweise zur Weiterverarbeitung (Umformen, Wärmebehandeln, Schweißen, Löten) anzugeben.

Die Werkstoffe sollen folgenden Bedingungen genügen: Die Bruchdehnung *A* soll die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen, jedoch für Bleche, Bänder, Platten und Stangen unabhängig von der Probenrichtung mindestens 14 % betragen. Ist eine Prüfung nur in Längsrichtung möglich, soll die Bruchdehnung *A* mindestens 16 % betragen. Diese Werte können unterschritten werden, wenn bei der Eignungsfeststellung ausreichende Umformungseigenschaften (z. B. Berstversuch) nachgewiesen werden.

3 Anforderungen

3.1 Für die Zusammensetzung, den Lieferzustand und die Güteeigenschaften gelten die Angaben der nachfolgend aufgeführten Normen, sofern in diesem AD 2000-Merkblatt keine anderen Festlegungen getroffen werden:

DIN EN 1057 – Kupfer und Kupferlegierungen; Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für Wasser- und Gasleitungen für Sanitärinstallationen und Heizungsanlagen

DIN EN 1652 – Kupfer und Kupferlegierungen; Platten, Bleche, Bänder, Streifen und Ronden zur allgemeinen Verwendung

DIN EN 1653 – Kupfer und Kupferlegierungen; Platten, Bleche und Ronden für Kessel, Druckbehälter und Warmwasserspeicheranlagen

DIN EN 12163 – Kupfer und Kupferlegierungen; Stangen zur allgemeinen Verwendung

DIN EN 12164 – Kupfer und Kupferlegierungen; Stangen für die spanende Bearbeitung

DIN EN 12165 – Kupfer und Kupferlegierungen; Vormaterial für Schmiedestücke

DIN EN 12167 – Kupfer und Kupferlegierungen; Profile und Rechteckstangen zur allgemeinen Verwendung

DIN EN 12420 – Kupfer und Kupferlegierungen; Schmiedestücke

DIN EN 12451 – Kupfer und Kupferlegierungen; Nahtlose Rundrohre für Wärmeaustauscher

DIN EN 12452 – Kupfer und Kupferlegierungen; Nahtlose gewalzte Rippenrohre für Wärmeaustauscher in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 420/1 bis 420/3 und 420/5 bis 420/7

DIN EN 12449 – Kupfer und Kupferlegierungen; Nahtlose Rundrohre zur allgemeinen Verwendung

DIN EN 12735-1 – Kupfer und Kupferlegierungen; Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für die Kälte- und Klimatechnik – Teil 1: Rohre für Leitungssysteme

DIN EN 12735-2 – Kupfer und Kupferlegierungen; Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für die Kälte- und Klimatechnik – Teil 2: Rohre für Apparate

DIN EN 13348 – Kupfer und Kupferlegierungen; Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für medizinische Gase

3.2 Für die Werkstoffzustände, mechanischen Eigenschaften und die Langzeit-Warmfestigkeitseigenschaften gelten die Angaben in den Tafeln 6 bis 12.

3.3 Die Erzeugnisformen aus Kupfer-Zink-Legierungen sind im Lieferzustand frei von solchen inneren Spannungen zu halten, die zu Spannungsrisskorrosion führen können.

3.4 Für CuZn38Sn1As sind die 1 %-Zeitdehngrenzwerte Abschätzungen anhand einiger Orientierungswerte.

3.5 Erzeugnisformen aus Cu-DHP dürfen bei einer Glühung in wasserstoffhaltiger Atmosphäre (z. B. beim Schweißen und Hartlöten mit offener Flamme) keine Wasserstoffkrankheit aufweisen.

4 Prüfungen

Die Prüfungen sind nach den zutreffenden DIN EN-Normen durchzuführen. Zusätzliche Prüfungen sind nachfolgend aufgeführt:

4.1 Chemische Zusammensetzung

Die Chemische Zusammensetzung ist nach den entsprechenden Normen für die für das Fertigungslos[4] verwendeten Schmelzen oder Abgüsse zu bestimmen.

Ist eine unmittelbare Zuordnung des Halbzeuges zur Schmelze nicht möglich (z. B. kontinuierliches Stranggießverfahren), bezeichnet der Begriff „Schmelze“ eine Folge zeitlich unmittelbar nacheinander hergestellter Abgüsse.

Findet bei der Herstellung des Halbzeuges keine Trennung nach Schmelzen oder Abgüssen statt, so sind im Umfang des Zugversuches Analysen am fertigen Halbzeug durchzuführen.

4.2 Maße und Oberflächenbeschaffenheit

Die Einhaltung der Grenzmaße und die Beschaffenheit der Oberfläche jedes Stückes sind zu prüfen.

---

[2] In anderen EU-Mitgliedstaaten können abweichende Vorschriften bestehen.

[3] Die grundlegenden Anforderungen an die zuständige unabhängige Stelle im Sinne des AD 2000-Regelwerkes sind im AD 2000-Merkblatt G 1, Abschnitt 4 festgelegt.

[4] Das Fertigungslos ist definiert als die Menge der Halbzeugform eines Auftrages aus einem Werkstoff gleichen Lieferzustandes, gleicher Abmessung und ggf. der gleichen Schmelze, die kontinuierlich in gleicher Fertigungsfolge und gleichen Fertigungseinrichtungen hergestellt wurde.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.3 Sonstige Prüfungen

4.3.1 Bleche, Bänder und Platten

– Zugversuch

Erzeugnisform	Dicke mm	Prüfeinheit für den Zugversuch	Probenentnahmeort	Probenrichtung
Band	alle	Band	Anfang und Ende	quer
Blech Platte	≤ 20	10 % der Walztafeln bzw. Platten, mind. jedoch an einem Stück jedes Fertigungsloses	an einem Ende	
	> 20	Walztafel bzw. Platte		

Es ist je Prüfeinheit und Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur durchzuführen. Zu bestimmen sind $R_{p0,2}$ oder $R_{p1,0}$, R_m und A.

4.3.2 Nahtlose Rohre

– Zugversuch

Außendurchmesser mm	Prüfeinheit für den Zugversuch	Probenentnahmeort	Probenrichtung
≤ 76	1500 m eines Fertigungsloses oder 500 kg eines Fertigungsloses, sofern das Fertigungslos größer als 5000 m ist	an einem Ende	längs
> 76	500 kg eines Fertigungsloses		

Es ist je Prüfeinheit und Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur durchzuführen. Je Fertigungslos[4] sind jedoch mindestens zwei Zugversuche durchzuführen. Zu bestimmen sind $R_{p0,2}$ oder $R_{p1,0}$, R_m und A.

– Aufweitversuch

Entsprechend der Anzahl der Zugversuche sind Aufweitversuche nach DIN EN ISO 8493 an beiden Enden der Proberohre durchzuführen. Eine Aufweitung des Außendurchmessers um 30 % darf zu keinem Anriss führen.

– Dichtheitsprüfung

Alle Rohre sind auf Dichtheit zu prüfen. Die Prüfung wird im harten oder weichen Zustand der Rohre mit Wirbelstrom nach dem DKI-Werkstoff-Prüfblatt Nr. 781, Prüfklasse A[5], durchgeführt. Falls der Besteller es verlangt, kann anstelle der Wirbelstromprüfung auch der Innendruckversuch nach DIN 50104 mit einem Überdruck von max. 50 bar benutzt werden.

– Gefügeuntersuchung

Je 1000 Rohre, maximal jedoch nur im Umfang der Zugversuche, ist eine Gefügeuntersuchung durchzuführen; dabei ist der mittlere Korndurchmesser zu ermitteln (siehe DIN EN 12451 und EN ISO 2624).

– Prüfung auf Spannungsfreiheit

Im Umfang des Zugversuches sind bei Rohren aus Kupfer-Zink-Legierungen Prüfungen in Quecksilbernitrat (DIN EN ISO 196) oder Ammoniak bzw. Kupfertetramin (DIN 50916-1) auf Spannungsfreiheit durchzuführen.

4.3.3 Stangen

– Zugversuch

Prüfeinheit für den Zugversuch	Probenentnahmeort	Probenrichtung
Fertigungslos, Abmessung und 500 kg Liefergewicht	an einem Ende	längs

Stangen etwa gleicher Abmessungen können zu einer Prüfeinheit zusammengefasst werden, sofern nicht durch unterschiedliche Umformung (Durchknetung) abweichende Eigenschaften der einzelnen Teile bedingt sind. Die Gleichmäßigkeit der Teile ist durch Härteprüfung nachzuweisen.

Es ist je Prüfeinheit und Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur durchzuführen. Je Fertigungslos[4] werden jedoch höchstens vier Zugversuche durchgeführt. Zu bestimmen sind $R_{p0,2}$ oder $R_{p1,0}$, R_m und A.

4.3.4 Schmiedestücke

– Zugversuch

Prüfeinheit für den Zugversuch	Probenrichtung
Fertigungslos, Abmessung und 500 kg Liefergewicht	quer oder tangential

Schmiedestücke etwa gleicher Abmessungen können zu einer Prüfeinheit zusammengefasst werden, sofern nicht durch unterschiedliches Schmieden abweichende Eigenschaften der einzelnen Teile bedingt sind. Die Gleichmäßigkeit der Teile ist durch Härteprüfung nachzuweisen.

Es ist je Prüfeinheit ein Zugversuch bei Raumtemperatur durchzuführen. Je Fertigungslos[4] werden jedoch höchstens vier Zugversuche durchgeführt. Zu bestimmen sind $R_{p0,2}$ oder $R_{p1,0}$, R_m und A.

5 Kennzeichnung

5.1 Alle Erzeugnisse sind mit
– Zeichen des Herstellers,
– Werkstoffkurzzeichen oder Werkstoffnummer,
– Nummer des Fertigungsloses[4],
– Zeichen der zuständigen unabhängigen Stelle oder des Werkssachverständigen

zu kennzeichnen.

5.2 Zur Kennzeichnung ist wasserunlösliche Farbe oder eine andere geeignete dauerhafte Stempelung zu verwenden.

5.3 Bleche, Bänder, Platten und Schmiedestücke sind zusätzlich mit der Proben-Nummer zu kennzeichnen.

Bei Blechen und Bändern ≤ 5 mm Dicke aus Kupfer-Zink-Legierungen sind Kennzeichnungen durch Schlagstempel unzulässig.

5.4 Bei nahtlosen Rohren mit Wanddicken ≤ 5 mm aus Kupfer-Zink-Legierungen sind Kennzeichnungen durch

[4] Siehe Seite 2.
[5] Für Rohre mit höheren Anforderungen kann eine andere Prüfklasse vereinbart werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Schlagstempel unzulässig. Eine Rollenstempelung über die gesamte Länge ist bei Rohren und Stangen zulässig. Werden die Rohre oder Stangen in Kisten oder Bündeln geliefert, so ist bei Rohren bei einem äußeren Durchmesser ≤ 20 mm und bei Stangen mit einer Dicke (Durchmesser, Kantenlänge, Schlüsselweite oder Breite) ≤ 25 mm eine Sammelbezeichnung, an der Kiste durch Aufkleber oder am Bündel durch Anhängeschild, zulässig.

6 Nachweis der Güteeigenschaften

6.1 Bleche, Bänder und Platten

Über die mechanischen Eigenschaften, die Oberflächenbeschaffenheit und für Maßprüfungen sind die folgenden Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204 erforderlich:

– Erzeugnisse aus Cu-DHP — Abnahmeprüfzeugnis 3.1[6)]
– Erzeugnisse aus CuAl10Ni5Fe4 — Abnahmeprüfzeugnis 3.2

für alle anderen Werkstoffe gilt:

– Band — Abnahmeprüfzeugnis 3.1[6)]
– Blech und Platte, die nicht für Rohrböden vorgesehen sind
  ≤ 20 mm Dicke — Abnahmeprüfzeugnis 3.1[6)]
  > 20 mm Dicke — Abnahmeprüfzeugnis 3.2
– Blech und Platte für Rohrböden
  ≤ 60 mm Dicke — Abnahmeprüfzeugnis 3.1[6)]
  > 60 mm Dicke — Abnahmeprüfzeugnis 3.2

6.2 Nahtlose Rohre

Die chemische Zusammensetzung und die Prüfung der Rohre auf Dichtheit werden durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 bescheinigt.

Über die mechanisch-technologischen Eigenschaften, Prüfung auf Spannungsfreiheit, das Gefüge, die Oberflächenbeschaffenheit und für Maßprüfungen sind die folgenden Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204 erforderlich:

– Erzeugnisse aus Cu-DHP — Abnahmeprüfzeugnis 3.1[6)]

für alle anderen Werkstoffe gilt:

≤ 2,0 mm Wanddicke — Abnahmeprüfzeugnis 3.1[6)]
> 2,0 mm Wanddicke — Abnahmeprüfzeugnis 3.2

6.3 Stangen

Über die mechanischen Eigenschaften, die Oberflächenbeschaffenheit und für Maßprüfungen sind die folgenden Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204 erforderlich:

– Erzeugnisse aus Cu-DHP — Abnahmeprüfzeugnis 3.1[6)]
– Erzeugnisse aus CuAl10Ni5Fe4 — Abnahmeprüfzeugnis 3.2

für alle anderen Werkstoffe gilt:

≤ 60 mm Dicke/ Durchmesser — Abnahmeprüfzeugnis 3.1[6)]
> 60 mm Dicke/ Durchmesser — Abnahmeprüfzeugnis 3.2

[6)] Der Hersteller hat der zuständigen unabhängigen Stelle, unterteilt nach Abmessungsbereichen, den Nachweis der ausreichenden statistischen Sicherheit zu erbringen. Dieser Nachweis ist in bestimmten Zeitabständen (1 bis 2 Jahre) zu wiederholen, sofern dies nicht im Rahmen sonstiger Abnahmen geschieht.

6.4 Schmiedestücke

Über die mechanischen Eigenschaften, die Oberflächenbeschaffenheit und für Maßprüfungen sind die folgenden Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204 erforderlich:

≤ 80 mm Dicke — Abnahmeprüfzeugnis 3.1[6)]
> 80 mm Dicke — Abnahmeprüfzeugnis 3.2

6.5 Inhalt der Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204

Die Abnahmeprüfzeugnisse müssen die in den Technischen Lieferbedingungen/Normen geforderten Angaben enthalten. Außerdem ist in jedem Abnahmeprüfzeugnis die der Lieferung zugrunde liegende Technische Lieferbedingung/Norm (z. B. DIN EN 12165) und Technische Regel (AD 2000-Merkblatt W 6/2) anzugeben.

6.6 Die Gültigkeit der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204:2005 ist im AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 3.4 geregelt.

7 Kennwerte für die Bemessung

7.1 In den Tafeln 6 bis 11 sind die Mindestwerte für 0,2 %- oder 1,0 %-Dehngrenze, für Cu-DHP R200 und R220 auch die Mindestzugfestigkeit, in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben (Kurzzeitwerte). Für die Berechnung von Druckbehältern aus duktilen Kupferwerkstoffen kann im Kurzzeitbereich anstelle der 0,2 %-Dehngrenze die 1,0 %-Dehngrenze verwendet werden, wenn das Verhältnis 0,2 %-Dehngrenze zur Zugfestigkeit bei Raumtemperatur ≤ 0,5 ist und die Bruchdehnung in Querrichtung mindestens 25 % oder in Längsrichtung mindestens 27 % beträgt.

7.2 In den Tafeln 12.1 bis 12.3 sind Zeitdehngrenzwerte in Abhängigkeit von Temperatur und Auslegungsdauer angegeben. Es handelt sich dabei um die untere Streubandgrenze für die Zeitdehngrenzen und bei Cu-DHP R250 zusätzlich um den Mittelwert der Zeitstandfestigkeit. Der für Stähle in der Regel verwendete Mittelwert der Zeitstandfestigkeit kann für Kupfer und Kupferlegierungen nicht verwendet werden, weil dabei zu hohe plastische Verformungen auftreten.

7.3 Die Tafeln 13.1 bis 13.3 enthalten die jeweils zulässige Spannung *K/S*. Sie ergibt sich aus dem jeweils kleinsten Wert von 0,2 %-Dehngrenze/1,5 oder 1,0 %-Dehngrenze/1,5 und 1 %-Zeitdehngrenze/1,0. Für Cu-DHP R200 und R220 ergibt sich die zulässige Spannung *K/S* aus Zugfestigkeit/3,5 für geschweißte und unbehandelte Teile oder Zugfestigkeit/4 für gelötete Teile, obwohl dabei nicht auszuschließen ist, dass das Bauteil im Laufe der Betriebszeit eine plastische Verformung von mehr als 1 % erfahren kann.

Die zulässigen Spannungen bei Raumtemperatur gelten bis 50 °C. Für die übrigen Temperaturen ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren.

7.4 Für geschweißte, hartgelötete oder wärmebehandelte Bauteile sind bei der Berechnung die Kennwerte des Werkstoffzustandes mit den niedrigsten Kennwerten zugrunde zu legen.

7.5 Die Tafel 14 enthält Angaben zum Elastizitätsmodul. Die Streuung beträgt ± 5 %.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1. Geeignete Werkstoffe

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoff-nummer	Werkstoffzustände[1)]	Grenztemperatur[2)]
Cu-DHP	CW024A	R200, R220, R240, R250	– 269 bis 250 °C
CuZn40	CW509L	R340, H075, R400	– 196 bis 250 °C
CuZn39Pb0,5	CW610N	R340, R400	– 196 bis 250 °C
CuZn39Pb2Sn	CW613N	H075	– 196 bis 250 °C
CuZn39Pb3	CW614N	H080	– 196 bis 250 °C
CuZn40Pb2	CW617N	R360, H075	– 196 bis 250 °C
CuZn20Al2As	CW702R	R300, R330, R340, R390	– 10[3)] bis 250[4)] °C
CuZn28Sn1As	CW706R	R320, R360	– 269 bis 250[4)] °C
CuZn38Sn1As	CW717R	R340, R400	– 10[3)] bis 250 °C
CuZn38AlFeNiPbSn	CW715R	R390, R430	– 196 bis 250 °C
CuNi10Fe1Mn	CW352H	R280, R290, R300, R320, R350, H070	– 269 bis 300 °C
CuNi30Mn1Fe	CW354H	R320, R340, R350, R370, R410, H080, H090	– 269 bis 350 °C
CuAl10Ni5Fe4	CW307G	R620, H170	– 10[3)] bis 250 °C
CuNi30Fe2Mn2	CW353H	R420	– 269 bis 250 °C

1) Der Zustand wird in EN 1173 definiert (z. B. Zustand R = bezeichnet mit dem kleinsten Wert für die Anforderungen an die Zugfestigkeit für das Produkt mit vorgeschriebenen Anforderungen an die Zugfestigkeit, 0,2 %-Dehngrenze und Bruchdehnung).
2) Die tiefsten Temperaturen gelten für ungeschweißte Teile. Für geschweißte Teile legt die zuständige unabhängige Stelle die niedrigsten Einsatztemperaturen fest.
3) Diese Werkstoffe sind auch für tiefere Einsatztemperaturen geeignet. Prüfergebnisse liegen zurzeit nicht vor.
4) CuZn20Al2As, R300, R330 und CuZn28Sn1As R320 nur bis 150 °C.

Anmerkung zu den Werkstoffen:

Die nachfolgend aufgeführten Werkstoffe sind in folgenden Normen enthalten (siehe auch Abschnitte 3.2 und 3.6)

Cu-DHP:	DIN EN 1057, 1652, 1653, 12163, 12165, 12167, 12449, 12451, 12452, 12735-1, 13348
CuZn40:	DIN EN 1652, 12163, 12165, 12167, 12420, 12449
CuZn39Pb0,5:	DIN EN 1652, 1653, 12164, 12167, 12420
CuZn39Pb2Sn:	DIN EN 12420
CuZn39Pb3:	DIN EN 12164, 12420
CuZn40Pb2:	DIN EN 12164, 12420
CuZn20Al2As:	DIN EN 1652, 1653, 12167,12449, 12451
CuZn28Sn1As:	DIN EN 12451, 12452
CuZn38Sn1As:	DIN EN 1653, 12164
CuZn38AlFeNiPbSn:	DIN EN 1653
CuNi10Fe1Mn:	DIN EN 1652, 1653, 12163, 12165, 12420, 12449, 12451, 12452
CuNi30Mn1Fe:	DIN EN 1652, 1653, 12163, 12165, 12420, 12449, 12451, 12452
CuAl10Ni5Fe4:	DIN EN 1653, 12163, 12165, 12167, 12420
CuNi30Fe2Mn2:	DIN EN 12451

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2. Geeignete Werkstoffe, Werkstoffzustände und Abmessungen für Bleche, Bänder und Platten

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoffzustand	Werkstoffnummer	Dicke in mm	
			DIN EN 1652	DIN EN 1653
Cu-DHP	R200 R220 R240	CW024A	> 5 bis ≤ 15 ≥ 0,2 bis ≤ 5 ≥ 0,2 bis ≤ 15	> 15 bis ≤ 50 – –
CuZn40	R340 R400	CW509L	≥ 0,3 bis ≤ 10 ≥ 0,3 bis ≤ 10	
CuZn39Pb0,5	R340 R400	CW610N	≥ 0,3 bis ≤ 10 ≥ 0,3 bis ≤ 10	> 2,5 bis ≤ 40 > 10 bis ≤ 40
CuZn20Al2As	R300 R330 R390	CW702R	– ≥ 3 bis ≤ 15 ≥ 3 bis ≤ 15	> 2,5 bis ≤ 80 – > 10 bis ≤ 40
CuZn38Sn1As	R340 R400	CW717R		> 2,5 bis ≤ 75 > 2,5 bis ≤ 40
CuZn38AlFeNiPbSn	R390 R430	CW715R		> 2,5 bis ≤ 120 > 2,5 bis ≤ 40
CuNi10Fe1Mn	R300 R320 R350	CW352H	≥ 0,3 bis ≤ 15 ≥ 0,3 bis ≤ 15 –	> 2,5 bis ≤ 10 > 2,5 bis ≤ 60 > 10 bis ≤ 40
CuNi30Mn1Fe	R350 R410	CW354H	≥ 0,3 bis ≤ 15 ≥ 0,3 bis ≤ 15	– > 10 bis ≤ 40
CuAl10Ni5Fe4	R620	CW307G		> 15 bis ≤ 50

Tafel 3. Geeignete Werkstoffe, Werkstoffzustände und Abmessungen für nahtlose Rohre

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoffzustand	Werkstoffnummer	Wanddicke mm	max. Durchmesser mm
Cu-DHP	R200 R220 R250	CW024A	> 3 ≤ 3 ≤ 5	200 108 108
CuZn20Al2As	R340 R390	CW702R	≤ 5 ≤ 5	76 76
CuZn28Sn1As	R320 R360	CW706R	≤ 5 ≤ 5	76 76
CuNi10Fe1Mn	R290	CW352H	≤ 5	76
CuNi30Mn1Fe	R370	CW354H	≤ 5	76
CuNi30Fe2Mn2	R420	CW353H	≤ 3	76

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 4. Geeignete Werkstoffe, Werkstoffzustände und Abmessungen für Stangen

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoffzustand	Werkstoffnummer	Durchmesser mm
Cu-DHP	R200 R240	CW024A	> 2 bis ≤ 80 > 6 bis ≤ 60
CuZn40	R340 R400	CW509L	≥ 2 bis ≤ 80 > 6 bis ≤ 60
CuZn39Pb3	R360	CW614N	> 40 bis ≤ 80
CuZn40Pb2	R360	CW617N	> 40 bis ≤ 80
CuNi10Fe1Mn	R280	CW352H	≥ 10 bis ≤ 80
CuNi30Mn1Fe	R340	CW354H	≥ 10 bis ≤ 80
CuAl10Ni5Fe4	H170	CW307G	≥ 10 bis ≤ 80

Tafel 5. Geeignete Werkstoffe, Werkstoffzustände und Abmessungen für Schmiedestücke

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoffzustand	Werkstoffnummer	Dicke mm
CuZn40	H075	CW509L	bis 120
CuZn39Pb2Sn	H075	CW613N	bis 120
CuZn39Pb3	H080	CW614N	bis 120
CuZn40Pb2	H075	CW617N	bis 120
CuNi10Fe1Mn	H070	CW352H	bis 100
CuNi30Mn1Fe	H080 H090	CW354H	bis 100
CuAl10Ni5Fe4	H170	CW307G	bis 100

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 6. Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur für Bleche, Bänder und Platten

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoff-zustand	Proben-richtung	$R_{p0,2}$ MPa mind.	$R_{p1,0}$ MPa mind.	R_m MPa mind.	$A^{1)}$ % mind.	$A^{2)}$ % mind.
Cu-DHP	R200	quer	40	60	200	42	33
	R220		45	65	220	42	–
	R240		180	–	240	15	–
CuZn40	R340		120	140	340	43	–
	R400		240	–	400	23	–
CuZn39Pb0,5	R340		120	140	340	43	30
	R400		200	–	400	23	23
CuZn20Al2As	R300		90	100	300	–	35
	R330		90	100	330	30	–
	R390		240	–	390	–	35
CuZn38Sn1As	R340		140	175	340	–	30
	R400		200	–	400	–	18
CuZn38AlFeNiPbSn	R390		140	180	390	–	25
	R430		200	–	430	–	20
CuNi10Fe1Mn	R300		120	145	300	30	25
	R320		200	–	320	15	15
	R350		250	–	350	–	14
CuNi30Mn1Fe	R350		150	140	350	35	–
	R410		300	–	410	14	14
CuAl10Ni5Fe4	R620		270	–	620	14	–

1) Bruchdehnung nach DIN EN 1652
2) Bruchdehnung nach DIN EN 1653

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 7. Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur für nahtlose Rohre

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoff-zustand	Proben-richtung	$R_{p0,2}$ MPa mind.	$R_{p1,0}$ MPa mind.	R_m MPa mind.	A % mind.
Cu-DHP	R200	längs	40	60	200	40
	R220		45	65	220	40
	R250		150	–	250	20
CuZn20Al2As	R340		120	130	340	55
	R390		150	160	390	45
CuZn28Sn1As	R320		100	105	320	55
	R360		140	150	360	45
CuNi10Fe1Mn	R290		90	115	290	30
CuNi30Mn1Fe	R370		120	140	370	35
CuNi30Fe2Mn2	R420		150	–	420	30

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 8. Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur für Stangen und Schmiedestücke

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoff-zustand	Proben-richtung	$R_{p0,2}$ MPa mind.	$R_{p1,0}$ MPa mind.	R_m MPa mind.	A % mind.
Cu-DHP	R200	längs, quer oder tangential	40	60	200	35
	R240		160	–	240	18
CuZn40	R340		120	140	340	25
	R400		250	–	400	20
	H075		120	140	340	25
CuZn39Pb2Sn	H075		120	140	340	20
CuZn39Pb3	R360		120	140	340	20
	H080		120	140	340	20
CuZn40Pb2	R360		120	140	360	20
	H075		120	140	340	20
CuNi10Fe1Mn	R280		100	125	280	30
	H070		100	125	280	25
CuNi30Mn1Fe	R340		120	140	340	30
	H080		120	140	310	20
	H090		120	140	340	25
CuAl10Ni5Fe4	H170		270	–	620	15

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 9. Mechanische Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen für Bleche, Bänder und Platten

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoff-zustand	Prüfwertart	Mindestwert bei Temperatur °C						
			50	100	150	200	250	300	350
			MPa						
Cu-DHP	R200	$R_{p1,0}$	60	55	55	–	–	–	–
		R_m	200	200	175	150	125	–	–
	R220	$R_{p1,0}$	65	58	58	–	–	–	–
		R_m	220	220	195	170	145	–	–
	R240	$R_{p0,2}$	180	170	160	150	–	–	–
CuZn40	R340	$R_{p1,0}$	140	137	137	132	–	–	–
	R400	$R_{p0,2}$	240	220	200	–	–	–	–
CuZn39Pb0,5	R340	$R_{p1,0}$	140	137	137	132	–	–	–
	R400	$R_{p0,2}$	200	190	180	–	–	–	–
CuZn20Al2As	R300	$R_{p1,0}$	100	86	86	–	–	–	–
	R330	$R_{p1,0}$	100	86	86	–	–	–	–
	R390	$R_{p0,2}$	240	230	225	–	–	–	–
CuZn38Sn1As	R340	$R_{p1,0}$	175	172	168	–	–	–	–
	R400	$R_{p0,2}$	200	190	180	–	–	–	–
CuZn38AlFeNiPbSn	R390	$R_{p1,0}$	180	175	172	170	–	–	–
	R430	$R_{p0,2}$	200	185	185	175	–	–	–
CuNi10Fe1Mn	R300	$R_{p1,0}$	145	138	133	128	123	118	–
	R320	$R_{p0,2}$	200	190	185	175	170	165	–
	R350	$R_{p0,2}$	250	235	225	220	210	205	–
CuNi30Mn1Fe	R350	$R_{p1,0}$	175	163	158	153	148	143	138
	R410	$R_{p0,2}$	300	275	265	260	255	245	240
CuAl10Ni5Fe4	R620	$R_{p0,2}$	270	265	260	260	250	–	–

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 10. Mechanische Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen für nahtlose Rohre

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoff-zustand	Prüfwertart	Mindestwert bei Temperatur °C						
			50	100	150	200	250	300	350
			MPa						
Cu-DHP	R200	$R_{p1,0}$	60	55	55	–	–	–	–
		R_m	200	200	175	150	125	–	–
	R220	$R_{p1,0}$	65	58	58	–	–	–	–
		R_m	220	220	195	170	145	–	–
	R250	$R_{p0,2}$	150	135	130	125	120	–	–
CuZn20Al2As	R340	$R_{p1,0}$	130	125	125	120	–	–	–
	R390	$R_{p1,0}$	160	148	143	138	–	–	–
CuZn28Sn1As	R320	$R_{p1,0}$	105	103	100	–	–	–	–
	R360	$R_{p1,0}$	150	144	140	135	–	–	–
CuNi10Fe1Mn	R290	$R_{p1,0}$	115	108	105	102	98	93	–
CuNi30Mn1Fe	R370	$R_{p1,0}$	140	130	126	123	120	117	112
CuNi30Fe2Mn2	R420	$R_{p0,2}$	150 (145)	140	135	125	120	–	–

Tafel 11. Mechanische Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen für Stangen und Schmiedestücke

Werkstoffkurzzeichen	Werkstoff-zustand	Prüfwertart	Mindestwert bei Temperatur °C						
			50	100	150	200	250	300	350
			MPa						
Cu-DHP	R200	$R_{p1,0}$	60	55	55	–	–	–	–
		R_m	200	200	175	150	125	–	–
	R240	$R_{p0,2}$	160	140	130	125	120	–	–
CuZn40	R340	$R_{p1,0}$	140	137	137	132	–	–	–
	R400	$R_{p0,2}$	250	225	200	–	–	–	–
	H075	$R_{p1,0}$	140	137	137	132	–	–	–
CuZn39Pb2Sn	H075	$R_{p1,0}$	140	137	137	132	–	–	–
CuZn39Pb3	R360	$R_{p1,0}$	140	137	137	132	–	–	–
	H080	$R_{p1,0}$	140	137	137	132	–	–	–
CuZn40Pb2	R360	$R_{p1,0}$	140	137	137	132	–	–	–
	H075	$R_{p1,0}$	140	137	137	132	–	–	–
CuNi10Fe1Mn	R280	$R_{p1,0}$	125	118	114	109	104	99	–
	H070	$R_{p1,0}$	125	118	114	109	104	99	–
CuNi30Mn1Fe	R340	$R_{p1,0}$	140	130	126	123	120	117	112
	H080	$R_{p1,0}$	140	130	126	123	120	117	112
	H090	$R_{p1,0}$	140	130	126	123	120	117	112
CuAl10Ni5Fe4	H170	$R_{p0,2}$	270	265	260	260	250	–	–

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 12.1 Langzeit-Warmfestigkeitseigenschaften für Cu-DHP R200 und R220

Temperatur °C	2 %-Zeitdehngrenze für			
	10 000 h	30 000 h	50 000 h	100 000 h
	MPa			
100	58	57	57	56
110	57	56	56	55
120	56	54	54	53
130	55	54	53	52
140	54	53	52	51
150	53	51	50	49
160	52	50	49	47
170	51	49	48	46
180	49	47	46	44
190	47	45	44	42
200	46	43	42	40
210	44	41	40	38
220	42	39	38	36
230	40	37	36	34
240	39	36	34	32
250	37	34	32	30

Tafel 12.2 Langzeit-Warmfestigkeitseigenschaften für Cu-DHP R240 und R250

Temperatur °C	1 %-Zeitdehngrenze für				Zeitstandfestigkeit (Mittelwert) für			
	10 000 h	30 000 h	50 000 h	100 000 h	10 000 h	30 000 h	50 000 h	100 000 h
	MPa				MPa			
150	160	153	146	145	212	204	200	195
160	154	145	141	136	207	196	192	187
170	147	138	133	126	202	188	184	177
180	139	128	123	117	196	180	175	166
190	130	118	113	106	188	171	164	155
200	122	108	103	94	180	161	153	143
210	112	98	91	82	170	148	139	129
220	102	86	79	69	159	134	124	114
230	90	73	65	55	145	120	111	99
240	78	61	52	42	128	103	94	82
250	66	49	39	28	109	84	76	64

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 12.3 Langzeit-Warmfestigkeitseigenschaften der Werkstoffe nach Tafel 1, ausgenommen Cu-DHP

Werkstoffkurzzeichen und Werkstoffzustände	Temperatur °C	1 %-Zeitdehngrenze für			
		10 000 h	30 000 h	50 000 h	100 000 h
		MPa			
CuZn40 R340, H075, R400 CuZn39Pb0,5 R340, R400 CuZn39Pb2Sn H075 CuZn39Pb3 R360, H080 CuZn40Pb2 R360, H075 CuZn38Sn1As R340, R400	100	145	135	130	125
	110	139	126	120	114
	120	130	117	111	104
	130	120	106	100	93
	140	108	95	89	82
	150	96	84	78	72
	160	84	72	67	61
	170	72	61	56	50
	180	60	51	46	40
	190	48	39	35	31
	200	37	30	27	24
	210	29	23	21	18
	220	23	18	16	13
	230	18	14	12	9
	240	14	11	9	7
	250	12	9	7	5
CuZn20Al2As R300, R330, R340, R390	100	175	167	164	160
	110	165	156	152	148
	120	155	146	142	137
	130	145	136	131	126
	140	135	125	120	115
	150	125	114	109	104
	160	116	104	98	92
	170	106	93	87	81
	180	96	83	76	70
	190	86	72	65	59
	200	77	62	55	48
	210	67	52	46	38
	220	57	43	36	29
	230	46	33	27	21
	240	34	24	20	15
	250	24	16	13	10
CuZn28Sn1As R320, R360	150	112	104	100	96
	160	107	97	92	87
	170	100	87	81	74
	180	92	75	67	58
	190	81	63	55	46
	200	68	52	44	36
	210	54	40	34	27
	220	43	31	26	20
	230	33	24	20	15
	240	25	17	14	10
	250	19	13	11	8

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 12.3 (Fortsetzung)

Werkstoffkurzzeichen und Werkstoffzustände	Temperatur °C	1 %-Zeitdehngrenze für			
		10 000 h	30 000 h	50 000 h	100 000 h
		MPa			
CuZn38AlFeNiPbSn R390, R430	100	144	138	137	132
	110	137	131	128	125
	120	130	124	121	118
	130	123	116	113	110
	140	116	108	105	101
	150	108	100	96	92
	160	100	91	87	82
	170	91	81	77	72
	180	82	72	67	62
	190	73	63	58	53
	200	64	54	49	44
	210	55	45	41	36
	220	46	37	33	29
	230	38	30	26	22
	240	31	23	20	16
	250	24	17	14	11
CuNi10Fe1Mn R280, R290, R300, R320, R350, H070	200	98	96	95	94
	210	96	94	93	92
	220	94	92	91	90
	230	92	90	89	88
	240	90	88	87	86
	250	88	85	84	83
	260	86	83	82	80
	270	83	80	79	77
	280	80	76	75	73
	290	77	72	70	68
	300	74	68	65	62
CuNi30Mn1Fe R320, R340, R350, R370, R410, H080, H090 CuNi30Fe2Mn2 R420 jedoch nur bis 250 °C	200	107	104	103	102
	210	105	102	101	100
	220	104	101	100	99
	230	102	99	98	97
	240	101	98	97	96
	250	99	96	95	94
	260	98	95	94	92
	270	96	93	92	91
	280	95	92	91	89
	290	93	90	89	88
	300	92	89	88	86
	310	90	87	86	84
	320	89	86	85	83
	330	87	84	83	82
	340	86	83	82	80
	350	84	81	80	78
CuAl10Ni5Fe4 R620, H170	150	252	242	237	232
	160	243	233	228	224
	170	236	226	221	216
	180	229	219	214	209
	190	223	213	208	203
	200	218	207	202	198
	210	213	202	197	193
	220	210	199	193	188
	230	207	196	190	185
	240	205	194	188	182
	250	204	192	186	180

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 13.1 Zulässige Spannung *K/S* für Blech, Band oder Platte

Temperatur °C	Zulässige Spannung *K/S* in MPa für Auslegungsdauer in h											
	Cu-DHP						CuZn40 und CuZn39Pb0,5					
	R200	R200[1)]	R220	R220[1)]	R240		R340		R400		R400[2)]	
	bis 100 000				10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000
20/50	57	50	63	55	120	120	93	93	160	160	133	133
100	57	50	63	55	113	113	91	91	145	125	127	125
110	56	49	62	54	112	112	91	91	139	114	125	114
120	54	48	60	53	111	111	91	91	130	104	125	104
130	53	46	59	51	109	109	91	91	120	93	120	93
140	51	45	57	50	108	108	91	82	108	82	108	82
150	50	44	56	49	107	107	91	72	96	72	96	72
160	49	43	54	48	106	106	84	61	84	61	84	61
170	47	41	53	46	104	104	72	50	72	50	72	50
180	46	40	51	45	103	103	60	40	60	40	60	40
190	44	39	50	44	101	101	48	31	48	31	48	31
200	43	38	49	43	100	94	37	24	37	24	37	24
210	41	36	47	41	99	82	29	18	29	18	29	18
220	40	35	46	40	97	69	23	13	23	13	23	13
230	39	34	44	39	90	55	18	9	18	9	18	9
240	37	33	43	38	78	42	14	7	14	7	14	7
250	36	31	41	36	66	28	12	5	12	5	12	5

[1)] gelötet
[2)] > 10 bis ≤ 40 mm

Temperatur °C	Zulässige Spannung *K/S* in MPa für Auslegungsdauer in h										
	CuZn20Al2As			CuZn38Sn1As				CuZn38AlFeNiPbSn			
	R300/R330	R390		R340		R400		R390		R430	
	bis 100 000	10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000
20/50	67	160	160	117	117	133	133	120	120	133	133
100	57	153	153	115	115	127	125	117	117	123	123
110	57	153	148	114	114	125	114	116	116	123	123
120	57	153	137	114	104	124	104	116	116	123	118
130	57	145	126	113	93	120	93	115	110	123	110
140	57	135	115	108	82	108	82	115	101	116	101
150	57	125	104	96	72	96	72	108	92	108	92
160		116	92	84	61	84	61	100	82	100	82
170		106	81	72	50	72	50	91	72	91	72
180		96	70	60	40	60	40	82	62	82	62
190	kein	86	59	48	31	48	31	73	53	73	53
200	Einsatz	77	48	37	24	37	24	64	44	64	44
210	über	67	38	29	18	29	18	55	36	55	36
220	150 °C	57	29	23	13	23	13	46	29	46	29
230		46	21	18	9	18	9	38	22	38	22
240		34	15	14	7	14	7	31	16	31	16
250		24	10	12	5	12	5	24	11	24	11

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 13.1 (Fortsetzung)

Temperatur °C	Zulässige Spannung *K/S* in MPa für Auslegungsdauer in h										
	CuNi10Fe1Mn						CuNi30Mn1Fe				CuAl10Ni5Fe4
	R300		R320		R350		R350		R410		R620, H170
	10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000	bis 100 000
20/50	97	97	133	133	167	167	117	117	200	200	180
100	92	92	127	127	157	157	109	109	183	183	177
110	91	91	126	126	156	156	108	108	182	182	176
120	91	91	125	125	154	154	107	107	181	181	175
130	90	90	125	125	153	153	107	107	179	179	175
140	90	90	124	124	151	151	106	106	178	178	174
150	89	89	123	123	150	150	105	105	177	177	173
160	88	88	122	122	149	149	104	104	176	176	173
170	87	87	121	121	149	149	104	104	175	175	173
180	87	87	119	119	148	148	103	103	175	175	173
190	86	86	118	118	148	148	103	103	174	174	173
200	85	85	117	117	147	147	102	102	173	173	173
210	85	85	110	110	134	134	101	100	157	157	172
220	84	84	103	103	121	121	101	99	141	141	171
230	83	83	96	96	108	108	100	97	125	125	169
240	83	83	89	89	95	95	99	96	109	109	168
250	82	82	83	83	83	83	99	94	94	94	167
260	81	80	83	80	83	80	98	92	94	92	–
270	81	77	83	77	83	77	96	91	94	91	–
280	80	73	80	73	80	73	95	89	94	89	–
290	77	68	77	68	77	68	93	88	93	88	–
300	74	62	74	62	74	62	92	86	92	86	–
310	–	–	–	–	–	–	90	84	90	84	–
320	–	–	–	–	–	–	89	83	89	83	–
330	–	–	–	–	–	–	87	82	87	82	–
340	–	–	–	–	–	–	86	80	86	80	–
350	–	–	–	–	–	–	84	78	84	78	–

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 13.2 Zulässige Spannung *K/S* für nahtlose Rohre

Temperatur °C	Zulässige Spannung *K/S* in MPa für Auslegungsdauer in h									
	Cu-DHP						CuZn20Al2As			
	R200	R200[1)]	R220	R220[1)]	R250		R340		R390	
	bis 100 000				10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000
20/50	57	50	63	55	100	100	87	87	107	107
100	57	50	63	55	90	90	83	83	99	99
110	56	49	62	54	89	89	83	83	98	98
120	54	48	60	53	89	89	83	83	97	97
130	53	46	59	51	88	88	83	83	97	97
140	51	45	57	50	88	88	83	83	96	96
150	50	44	56	49	87	87	83	83	95	95
160	49	43	54	48	86	86	83	83	95	92
170	47	41	53	46	85	85	82	81	94	81
180	46	40	51	45	85	85	81	70	93	70
190	44	39	50	44	84	84	81	59	86	59
200	43	38	49	43	83	83	77	48	77	48
210	41	36	47	41	83	82	67	38	67	38
220	40	35	46	40	82	69	57	29	57	29
230	39	34	44	39	81	55	46	21	46	21
240	37	33	43	38	78	42	34	15	34	15
250	36	31	41	36	66	28	24	10	24	10

[1)] gelötet

Temperatur °C	Zulässige Spannung *K/S* in MPa für Auslegungsdauer in h					
	CuZn28Sn1As			CuNi10Fe1Mn	CuNi30Mn1Fe	CuNi30Fe2Mn2
	R320	R360		R290	R370	R420
	bis 100 000	10 000	100 000	bis 100 000	bis 100 000	bis 100 000
20/50	70	100	100	77	93	100
100	69	96	96	72	87	93
110	68	95	95	72	86	92
120	68	95	95	71	86	92
130	67	94	94	71	85	91
140	67	94	94	70	85	91
150	67	93	93	70	84	90
160		93	87	70	84	88
170		92	74	69	83	87
180		91	58	69	83	86
190		81	46	68	82	84
200		68	36	68	82	83
210		54	27	67	82	83
220		43	20	67	81	82
230	kein	33	15	66	81	82
240	Einsatz über 150 °C	25	10	66	80	81
250		19	8	65	80	80
260		–	–	65	80	–
270		–	–	64	79	–
280		–	–	63	79	–
290		–	–	63	78	–
300		–	–	62	78	–
310		–	–	–	77	–
320		–	–	–	77	–
330		–	–	–	76	–
340		–	–	–	75	–
350		–	–	–	75	–

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 13.3 Zulässige Spannung *K/S* für Stangen und Schmiedestücke

Temperatur °C	Zulässige Spannung *K/S* in MPa für Auslegungsdauer in h										
	Cu-DHP				CuZn40, CuZn39Pb0,5 CuZn39Pb2Sn, CuZn39Pb3 und CuZn40Pb2				CuNi10Fe1Mn		CuNi30Mn1Fe
	R200	R200[1)]	R240		R340, R360, H075, H80		R400		R280, H070		R340, H080, H090
	bis 100 000		10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000	10 000	100 000	bis 100 000
20/50	57	50	107	107	93	93	167	167	83	83	93
100	57	50	93	93	91	91	145	125	79	79	87
110	56	49	92	92	91	91	139	114	78	78	86
120	54	48	91	91	91	91	130	104	78	78	86
130	53	46	89	89	91	91	120	93	77	77	85
140	51	45	88	88	91	82	108	82	77	77	85
150	50	44	87	87	91	72	96	72	76	76	84
160	49	43	86	86	84	61	84	61	75	75	84
170	47	41	85	85	72	50	72	50	75	75	84
180	46	40	85	85	60	40	60	40	74	74	83
190	44	39	84	84	48	31	48	31	74	74	83
200	43	38	83	83	37	24	37	24	73	73	82
210	41	36	83	82	29	18	29	18	72	72	82
220	40	35	82	69	23	13	23	13	71	71	81
230	39	34	81	55	18	9	18	9	71	71	81
240	37	33	78	42	14	7	14	7	70	70	80
250	36	31	66	28	12	5	12	5	69	69	80
260	–	–	–	–	–	–	–	–	69	69	80
270	–	–	–	–	–	–	–	–	68	68	79
280	–	–	–	–	–	–	–	–	67	67	79
290	–	–	–	–	–	–	–	–	67	67	78
300	–	–	–	–	–	–	–	–	66	62	78
310	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77
320	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77
330	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	76
340	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	75
350	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	75

[1)] gelötet

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 14. Elastizitätsmodul

Werkstoffkurzzeichen	Elastizitätsmodul bei Temperatur in K und °C GPa											
	K	20	68	173	293	323	373	423	473	523	573	623
	°C	– 253	– 195	– 100	20	50	100	150	200	250	300	350
Cu-DHP		138	136	133	128	127	125	122	120	118	–	–
CuZn40		–	108	106	105	100	93	91	89	83	–	–
CuZn39Pb0,5		–	108	106	105	100	93	91	89	83	–	–
CuZn39Pb2Sn		–	108	106	105	100	93	91	89	83	–	–
CuZn39Pb3		–	108	106	105	100	93	91	89	83	–	–
CuZn40Pb2		–	108	106	105	100	93	91	89	83	–	–
CuZn20Al2As		–	–	–	110	110	108	107	106	105	–	–
CuZn28Sn1As		119	116	112	108	108	108	101	94	87	–	–
CuZn38Sn1As		109	108	106	104	102	98	95	92	89	–	–
CuZn38AlFeNiPbSn		–	–	110	106	106	105	98	90	83	–	–
CuNi10Fe1Mn		153	148	142	130	129	128	127	125	122	121	–
CuNi30Mn1Fe		161	158	155	150	150	149	148	146	144	142	141
CuAl10Ni5Fe4		128	123	122	120	120	116	115	115	110	–	–
CuNi30Fe2Mn2		–	–	–	156	–	–	–	–	–	–	–

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2014**

Werkstoffe für Druckbehälter	**Schrauben und Muttern aus ferritischen Stählen**	**AD 2000-Merkblatt W 7**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2
1 Geltungsbereich 2
2 Geeignete Werkstoffe und Festigkeitsklassen 2
3 Anforderungen 2
4 Prüfung 3
5 Kennzeichnung 5
6 Nachweis der Güteeigenschaften 5
7 Kennwerte für die Bemessung 6
Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt W 7 8

Ersatz für Ausgabe Mai 2008; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Schrauben und Muttern sowie Langerzeugnisse aus Stahl zu deren Herstellung aus unlegierten und legierten Stählen zum Bau von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen bis −10 °C und bis zu den in Abschnitt 2 genannten oberen Temperaturgrenzen betrieben werden.

Für Betriebstemperaturen unter −10 °C gilt zusätzlich das AD 2000-Merkblatt W 10, wobei für Schrauben und Muttern nur der Beanspruchungsfall I anzuwenden ist.

Für Schrauben und Muttern aus austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen gilt AD 2000-Merkblatt W 2. Siehe hierzu auch AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 2.2.

2 Geeignete Werkstoffe und Festigkeitsklassen

Es dürfen folgende Werkstoffe und Festigkeitsklassen verwendet werden:

2.1 Schrauben der Festigkeitsklassen 5.6 und 8.8[1)] sowie Muttern der Festigkeitsklassen 5 und 8 nach DIN EN ISO 898-1 und DIN EN ISO 898-2 bis zu einer Abmessung M 39, einem zulässigen Betriebsüberdruck von 40 bar und einer Temperatur[2)] von 300 °C.

Thomas- und Automatenstähle dürfen nicht verwendet werden. Durch den Zusatz „-2“ zum Kennzeichen der Festigkeitsklasse 5 ist durch den Hersteller zu bestätigen, dass die Muttern weder aus Thomas- noch aus Automatenstahl hergestellt wurden.

2.2 Stähle für den Einsatz bei erhöhten Temperaturen C35E+N (nur für Muttern), C35E+QT, 35B2[3)], 25CrMo4, 21CrMoV5-7, 42CrMo4 und X22CrMoV12-1+QT1 nach DIN 267-13 und DIN EN 10269. Anhang 1 zu diesem Merkblatt ist zu beachten.

2.3 Stähle für den Einsatz bei tiefen Temperaturen 25CrMo4 und X12Ni5 nach DIN 267-13 und DIN EN 10269. Für den kurzzeitigen Betrieb bei höheren Temperaturen gilt AD 2000-Merkblatt W 10, Tafel 3a. Anhang 1 zu diesem Merkblatt ist zu beachten.

2.4 Andere Stähle nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle. Die Stähle müssen den Anforderungen nach Abschnitt 3.2 genügen.

3 Anforderungen

3.1 Schrauben und Muttern sowie Langerzeugnisse aus Stahl für Schrauben und Muttern nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 müssen den Anforderungen nach DIN 267-13, DIN EN ISO 898-1, DIN EN ISO 898-2 und DIN EN 10269 genügen. Für die Stahlsorten X22CrMoV12-1 und 42CrMo4 in Abmessungen ≤ 60 mm Durchmesser ist beim Kerbschlagbiegeversuch ein Wert von 52 Joule einzuhalten.

Als Anforderungen an die Kerbschlagarbeit bei Raumtemperatur gelten für Stähle der Festigkeitsklasse 5.6 ≥ 40 J und für Stähle der Festigkeitsklasse 8.8 ≥ 52 J.

Die zulässigen Härtewerte ergeben sich aus den in DIN EN 10269 genannten genormten Zugfestigkeiten nach Umwertung entsprechend DIN EN ISO 18265.

---

1) Ohne Nachweis der Warmstreckgrenze können Schrauben aus Stählen für die Festigkeitsklasse 8.8 nur bis zu 50 °C eingesetzt werden. Sofern in der Bestellung nicht anders vereinbart, kann auf den Warmzugversuch verzichtet werden, wenn der Hersteller der zuständigen unabhängigen Stelle die Einhaltung der gestellten Anforderungen mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen hat. Im Abnahmeprüfzeugnis ist auf die Zustimmung durch die zuständige unabhängige Stelle zum Entfall des Warmzugversuchs hinzuweisen.

2) Definition der Wandtemperatur siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 5.

3) In Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 490.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2 Die Stähle für Schrauben und Muttern nach Abschnitt 2.4 müssen die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen und für die Probenrichtung längs folgenden Bedingungen genügen:

- Bruchdehnung A ≥ 14 %,
- Kerbschlagarbeit an der V-Kerb-Probe bei tiefster Betriebstemperatur, jedoch nicht höher als 20 °C, bei vergüteten legierten Stählen ≥ 52 Joule, bei unlegierten Stählen ≥ 40 Joule.

3.3 Die Schrauben und Muttern müssen sich in dem für den Werkstoff zum Erreichen der Mindestwerte vorgesehenen Wärmebehandlungszustand befinden. Der Werkstoff darf bis zur höchsten im Betrieb auftretenden Temperatur keine unzulässige Versprödung erfahren. Die Anlasstemperatur muss bei vergüteten Stählen stets im angemessenen Abstand oberhalb der höchsten im Betrieb auftretenden Temperatur liegen.

3.4 Die Herstellung der Schrauben und Muttern kann durch Warm- oder Kaltumformen oder durch spanende Bearbeitung erfolgen. Bei den durch Kaltumformen gefertigten Schrauben ist eine anschließende Wärmebehandlung erforderlich. Dieses gilt auch für kaltgeformte Muttern nach den Abschnitten 2.2 bis 2.4. Oberflächenglätten und Rollen des Gewindes gelten dabei nicht als Kaltumformen im vorstehenden Sinne. Bei den durch Warmumformen gefertigten Schrauben und Muttern (ausgenommen Muttern aus C35E+N) aus Stählen nach DIN EN 10269 und anderen Vergütungsstählen ist eine anschließende Wärmebehandlung erforderlich.

3.5 Die Ausführung und die Maßgenauigkeit von Schrauben und Muttern müssen DIN ISO 4759-1 Produktklasse B entsprechen.

4 Prüfung

4.1 Spanlos gefertigte Schrauben und Muttern nach den Abschnitten 2.1 bis 2.4

4.1.1 Die mechanische Prüfung der Schrauben erfolgt nach DIN EN ISO 898-1 – Prüfreihe FF1 – in Verbindung mit DIN EN 26157-3.

Wird der Zugversuch an einer abgedrehten Probe durchgeführt (Prüfreihe MP1 gemäß DIN EN ISO 898-1), sind die Streckgrenze bzw. die 0,2 %-Dehngrenze und die Bruchdehnung zu bestimmen.

An Schrauben mit Gewindedurchmessern $d \geq 16$ mm sind abweichend von DIN EN ISO 898-1 jeweils drei Kerbschlagbiegeversuche an V-Kerb-Proben durchzuführen.

Schrauben aus Stählen nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 (außer den Stahlsorten X22CrMoV12-1 und 42CrMo4) werden für die mechanische Erprobung der Festigkeitsklasse 5.6 gleichgesetzt, die Stahlsorten X22CrMoV12-1 und 42CrMo4 der Festigkeitsklasse 8.8.

Bei Schrauben aus der Stahlsorte 42CrMo4 ist zusätzlich der Zugversuch bei erhöhter Temperatur durchzuführen. Der Nachweis der 0,2 %-Dehngrenze erfolgt bei Auslegungstemperatur. Ist diese nicht bekannt, so ist der Zugversuch bei einer Prüftemperatur von 500 °C durchzuführen.

Bei Schrauben und Muttern aus anderen Stählen nach Abschnitt 2.4 gelten die Festlegungen der Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle.

4.1.2 Die Prüfung von Muttern nach Abschnitt 2.1 erfolgt nach DIN EN ISO 898-2. Zusätzlich sind Aufweitversuche nach DIN EN ISO 10484 durchzuführen.

Die Prüfung von Muttern nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 erfolgt nach DIN 267-13. Für Muttern aus X12Ni5 sind die Prüfspannungen der Stahlsorte 25CrMo4 anzuwenden. Zusätzlich sind Aufweitversuche nach DIN EN ISO 10484 durchzuführen. Die Gesamtaufweitung muss mindestens 6 % betragen.

Für den Umfang der Härteprüfung gilt Abschnitt 4.1.4, für den Umfang der Prüfkraftversuche und der Aufweitversuche gilt Tafel 1.

4.1.3 Die Annahmeprüfung für Schrauben und Muttern erfolgt nach DIN EN ISO 3269; für die Prüfung der mechanischen Eigenschaften ist die Anzahl der Probensätze in Tafel 1 festgelegt.

Sind Kerbschlagproben erforderlich, so entsprechen drei Einzelproben einem Probensatz, wobei der Mittelwert aus drei Proben bestimmt wird und nur ein Einzelwert den geforderten Mindestwert um höchstens 30 % unterschreiten darf.

Die Oberflächenbesichtigung und die Maßprüfung der Schrauben und Muttern sind unter Berücksichtigung des Abschnitts 4.1.4 durchzuführen. An Schrauben und Muttern aus den Stahlsorten X22CrMoV12-1 und 42CrMo4 sowie aus sonstigen Stählen nach Abschnitt 2.4, die mit der Stahlsorte X22CrMoV12-1 vergleichbar sind, ist eine Oberflächenbesichtigung an jedem Stück durchzuführen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 — Probenumfang für die zerstörende Prüfung der mechanischen Eigenschaften

Stückzahl	Anzahl der Probensätze für die mechanische Prüfung
≤ 200	1
> 200 bis ≤ 400	2
> 400 bis ≤ 800	3
> 800 bis ≤ 1200	4
> 1200 bis ≤ 1600	5
> 1600 bis ≤ 3000	6
> 3000 bis ≤ 3500	7
> 3500	DIN EN ISO 3269; min. 7
Wird der Nachweis erbracht, dass die Schrauben und Muttern einer Lieferung einer Schmelze mit gleicher Wärmebehandlung entstammen, so genügt die Prüfung von vier Probensätzen unabhängig von der Stückzahl. Diese Reduzierung gilt nicht für Schrauben und Muttern nach Abschnitt 2.4.	

4.1.4 Bei Prüfungen nach DIN EN ISO 3269 gilt für den Prüfumfang, abweichend von DIN EN ISO 3269, für die zerstörende Prüfung der mechanischen Eigenschaften die Tafel 1. Für die Härteprüfung, für die zerstörungsfreie Prüfung auf Oberflächenfehler und für die Maßprüfung ist der Stichprobenumfang 20. Alle Proben müssen den Anforderungen genügen (Annahmezahl $A_C = 0$).

4.2 Spanend gefertigte Schrauben und Muttern nach den Abschnitten 2.1 bis 2.4

4.2.1 Erfolgt nach der spanenden Fertigung eine Wärmebehandlung, ist die Prüfung wie bei den entsprechenden spanlos gefertigten Schrauben und Muttern nach Abschnitt 4.1 durchzuführen. Alle Schrauben und Muttern aus den Stahlsorten X22CrMoV12-1 und 42CrMo4 sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen.

4.2.2 Wird nach der spanenden Fertigung keine Wärmebehandlung durchgeführt, genügt hinsichtlich des Nachweises der mechanischen Eigenschaften die Prüfung der verwendeten Stahlsorte nach Abschnitt 4.2.3. Als Anforderung an die Kerbschlagarbeit bei Raumtemperatur gelten für Stähle der Festigkeitsklassen 5.6 und 8.8 die Werte der maßgebenden Lieferbedingung, jedoch mindestens die im Abschnitt 3.1 festgelegten Werte. Die Prüfung der Ausführung und Maßgenauigkeit ist nach Abschnitt 4.1.3 durchzuführen.

Für Stähle nach Abschnitt 2.4 sind die Prüfungen durchzuführen, die bei der Eignungsfeststellung festgelegt wurden.

4.2.3 Langerzeugnisse aus Stahl zur Herstellung von Schrauben und Muttern sind entsprechend den für sie maßgebenden Normen zu prüfen. Ergänzend gilt für Langerzeugnisse aus Stahlsorten nach DIN EN 10269:

- Die Härteprüfungen sind bei Erzeugnisdicken > 120 mm an 100 % und bei Erzeugnisdicken ≤ 120 mm an 10 % der Langerzeugnisse durchzuführen. Die Proben für den Zug- und Kerbschlagbiegeversuch sind dabei den Langerzeugnissen mit den jeweils höchsten und niedrigsten Härtewerten zu entnehmen.
- Bei Langerzeugnissen, die für tiefe Temperaturen vorgesehen sind, erfolgt der Zähigkeitsnachweis nach AD 2000-Merkblatt W 10.
- Bei Langerzeugnissen aus der Stahlsorte 42CrMo4 ist der Zugversuch bei erhöhter Temperatur durchzuführen. Der Nachweis der 0,2 %-Dehngrenze erfolgt bei Auslegungstemperatur. Ist diese nicht bekannt, so ist der Zugversuch bei einer Prüftemperatur von 500 °C durchzuführen.
- Langerzeugnisse aus den Stahlsorten X22CrMoV12-1 und 42CrMo4 sind zusätzlich einer Ultraschall- und Oberflächenprüfung zu unterziehen.

Bei Langerzeugnissen aus Stählen nach Abschnitt 2.4 gelten die Festlegungen der Eignungsfeststellung.

4.3 Schrauben und Muttern aus legierten Stählen

Schrauben und Muttern aus legierten Stählen sind vom Hersteller einer geeigneten Prüfung auf Werkstoffverwechslung zu unterziehen.

4.4 Wiederholungsprüfungen

4.4.1 Genügt eine der für die zerstörende Prüfung der mechanischen Eigenschaften geforderten Proben nicht den gestellten Bedingungen, so sind je zwei weitere Proben zu entnehmen, die den Anforderungen genügen müssen. Andernfalls gilt das ganze Prüflos als nicht abgenommen. Der Hersteller kann jedoch dieses Prüflos nach einer erneuten Wärmebehandlung noch einmal vorlegen. Genügen auch dann die Proben nicht, so ist das Prüflos endgültig zu verwerfen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.4.2 Genügt eine der für die Härteprüfung, für die zerstörungsfreie Prüfung auf Oberflächenfehler oder für die Maßprüfung geforderten Proben nicht den Anforderungen, ist eine weitere Stichprobe vom Umfang 20 zu entnehmen, von der alle Proben den Anforderungen genügen müssen. Andernfalls gilt das ganze Los als zurückgewiesen. Im Falle der Härteprüfung jedoch kann der Hersteller dieses Los nach einer erneuten Wärmebehandlung noch einmal vorlegen. Genügen auch dann die Proben nicht den Anforderungen, so ist das Los endgültig zu verwerfen.

4.4.3 Hat die zuständige unabhängige Stelle begründeten Zweifel an der Gleichmäßigkeit einer Lieferung, so können von ihr geeignet erscheinende Prüfungen gefordert werden (z. B. Härteprüfung, spektroskopische Prüfung).

4.4.4 Bei wesentlichen Abweichungen der Schmelzenanalyse von den für sie geltenden Grenzwerten der chemischen Zusammensetzung warmfester Stähle ist die zuständige unabhängige Stelle berechtigt, den Nachweis der Warmfestigkeitseigenschaften zu verlangen.

5 Kennzeichnung

5.1 Schrauben und Muttern nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 sind mit Herstellerzeichen und Kennzeichen der Festigkeitsklasse oder Kurznamen der Stahlsorte nach DIN 267-13 zu kennzeichnen (siehe auch Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt W 7). Schrauben ab M 52 Gewindedurchmesser sind zusätzlich mit der Schmelzennummer und dem Zeichen der zuständigen unabhängigen Stelle zu kennzeichnen.

5.2 Für die spanende Fertigung von Schrauben und Muttern bestimmte Langerzeugnisse aus Stahl mit einem Durchmesser $\geq$ 25 mm sind an einem Ende mit dem Herstellerzeichen und dem Kurznamen der Stahlsorte, bei legierten Stählen auch mit der Schmelzennummer zu kennzeichnen und außerdem mit dem Zeichen der zuständigen unabhängigen Stelle zu versehen. Bei Langerzeugnissen aus Stahl mit einem Durchmesser $<$ 25 mm wird lediglich das Bündel durch Anhängeschild mit dem Herstellerzeichen, dem Kurznamen der Stahlsorte, dem Zeichen der zuständigen unabhängigen Stelle und bei legierten Stählen mit der Schmelzennummer gekennzeichnet.

5.3 Schrauben und Muttern aus Stählen nach Abschnitt 2.4 sind entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung zu kennzeichnen. Schrauben ab M 30 sind mit dem Prüfstempel der zuständigen unabhängigen Stelle, ab M 52 zusätzlich mit der Schmelzennummer zu kennzeichnen.

6 Nachweis der Güteeigenschaften

6.1 Schrauben

6.1.1 Spanlos gefertigte Schrauben nach Abschnitt 2.1 der Festigkeitsklasse 5.6 sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen. An die Stelle des Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 nach DIN EN 10204 kann die Kennzeichnung mit Festigkeitsklasse und Herstellerzeichen treten, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 6.4 erfüllt sind[4)].

Bei Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 beizubringen. Bei Druckbehältern mit einem Produkt aus Inhalt V in Litern und Druck PS in Bar $V \cdot PS \leq 5000$ genügt für Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204. An die Stelle des Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 nach DIN EN 10204 kann die Kennzeichnung mit der Festigkeitsklasse und dem Herstellerzeichen treten, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 6.4 erfüllt sind[4)].

6.1.2 Spanlos gefertigte Schrauben nach Abschnitt 2.2 (ausgenommen C35E+QT und 35B2) und 2.3 sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen. Für Schrauben aus den Stahlsorten C35E+QT und 35B2 genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

Werden Schrauben mit einem Gewindedurchmesser $\leq$ 39 mm aus den Stahlsorten C35E+QT und 35B2 bei maximal zulässigen Drücken $\leq$ 40 bar und Betriebstemperaturen $\leq$ 300 °C eingesetzt, kann die Kennzeichnung nach Abschnitt 5.1 an die Stelle des Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 nach DIN EN 10204 treten, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 6.4 erfüllt sind[4)].

6.1.3 Für spanend gefertigte Schrauben nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 mit anschließender Wärmebehandlung erfolgt der Nachweis nach den Abschnitten 6.1.1 und 6.1.2.

6.1.4 Für spanend gefertigte Schrauben nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 ohne anschließende Wärmebehandlung ist das Langerzeugnis aus Stahl entsprechend Tafel 2 zu bescheinigen. Die Prüfung der Ausführung und Maßgenauigkeit an spanend gefertigten Schrauben nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 ohne anschließende Wärmebehandlung ist wie bei den entsprechenden spanlos gefertigten Schrauben nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 nachzuweisen. Die Prüfung der Ausführung und Maßgenauigkeit an spanend gefertigten Schrauben nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 ohne anschließende Wärmebehandlung, deren Vormaterial durch die zuständige unabhängige Stelle zu bescheinigen ist, kann vom Bearbeiter der Schraube durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 bescheinigt werden, dem das Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 für das Vormaterial beizufügen ist. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Bearbeiter nach AD 2000-Merkblatt W 0 überprüft worden ist.

---

4) Der Ersatz der Prüfbescheinigung durch die Kennzeichnung und die Einhaltung der Voraussetzungen sind durch eine Vereinbarung geregelt. Alle Hersteller, die eine Vereinbarung abgeschlossen haben, sind im VdTÜV-Merkblatt 1253/4 genannt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

6.1.5 Bei Schrauben aus Stählen nach Abschnitt 2.4 gelten die Festlegungen der Eignungsfeststellung.

6.2 Muttern

6.2.1 Muttern nach Abschnitt 2.1 sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen. An die Stelle des Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 nach DIN EN 10204 kann die Kennzeichnung mit der Festigkeitsklasse treten, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 6.4 erfüllt sind[4)].

6.2.2 Muttern nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen. An die Stelle des Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 nach DIN EN 10204 kann bei Muttern aus den Stahlsorten C35E+N, C35E+QT und 35B2 die Kennzeichnung mit Kurznamen der Stahlsorte treten, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 6.4 erfüllt sind[4)].

6.2.3 Für spanend gefertigte Muttern nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 mit anschließender Wärmebehandlung erfolgt der Nachweis nach den Abschnitten 6.2.1 und 6.2.2.

6.2.4 Für spanend gefertigte Muttern nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 ohne anschließende Wärmebehandlung ist das Langerzeugnis aus Stahl entsprechend Tafel 2 zu bescheinigen. Die Prüfung der Ausführung und Maßgenauigkeit ist wie bei den entsprechenden spanlos gefertigten Muttern nach den Abschnitten 2.1 und 2.3 nachzuweisen.

6.2.5 Bei Muttern aus Stählen nach Abschnitt 2.4 gelten die Festlegungen der Eignungsfeststellung.

6.3 Inhalt der Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204

6.3.1 Die Abnahmeprüfzeugnisse müssen die in den Technischen Lieferbedingungen/Normen geforderten Angaben enthalten. Außerdem sind in jedem Abnahmeprüfzeugnis die der Lieferung zugrunde liegenden Technischen Lieferbedingungen/Normen (z. B. DIN 267-13, DIN EN 10269) und die Technische Regel (AD 2000-Merkblatt W 7) anzugeben.

Ist die Ausstellung eines Abnahmeprüfzeugnisses 3.2 nach DIN EN 10204 vorgesehen, werden die Schmelzenanalyse, das Ergebnis der Härteprüfung und das Ergebnis der Oberflächenprüfung vom Abnahmebeauftragten des Herstellers bescheinigt. Diese Bescheinigung ist Bestandteil des Abnahmeprüfzeugnisses 3.2.

6.3.2 Der Wärmebehandlungszustand ist vom Hersteller zu bescheinigen. Bei vergüteten Stählen ist zusätzlich die Anlasstemperatur bekannt zu geben.

6.3.3 Das für das Langerzeugnis aus Stahl vorliegende Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 kann bei Schrauben und Muttern, die durch spanende Bearbeitung und ohne anschließende Wärmebehandlung hergestellt sind, durch eine schriftliche Bestätigung des Herstellers ersetzt werden. Die Bestätigung muss auf die Erfüllung der Anforderung der entsprechenden Werkstoffnormen oder des AD 2000-Merkblattes W 7 hinweisen und auch die Ergebnisse der Besichtigung und Maßprüfung enthalten. Kopien der Abnahmeprüfzeugnisse sind auf Anforderung beizubringen.

An die Stelle der schriftlichen Bestätigung des Herstellers kann bei Schrauben und Muttern nach Abschnitt 2.1 und aus den Stahlsorten C35E+N, C35E+QT und 35B2 die Kennzeichnung mit Festigkeitsklasse oder dem Kurznamen der Stahlsorte und dem Herstellerzeichen treten, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 6.4 erfüllt sind[4)].

6.4 Voraussetzung für den Ersatz des Abnahmeprüfzeugnisses durch die Kennzeichnung

Bei Ersatz des Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 nach DIN EN 10204 durch die Kennzeichnung wird vorausgesetzt, dass der Hersteller die als Grundlage für die Ausstellung eines Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 notwendigen Prüfungen laufend durchgeführt hat und die Ergebnisse zur jederzeitigen Einsichtnahme durch die zuständige unabhängige Stelle bereithält.

7 Kennwerte für die Bemessung

7.1 Bei Schrauben nach Abschnitt 2.1 sind die Kennwerte für die Bemessung der Tabelle 3 der DIN EN ISO 898-1 zu entnehmen. Für erhöhte Temperaturen gelten die Kennwerte aus Tafel 3.

7.2 Bei Schrauben nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 gelten die entsprechenden Werte der DIN EN 10269. Für den kurzzeitigen Betrieb bei höheren Temperaturen von Werkstoffen nach Abschnitt 2.3 gilt AD 2000-Merkblatt W 10, Tafel 3a.

7.3 Die für 20 °C angegebenen Festigkeitskennwerte gelten bis 50 °C, die für 100 °C angegebenen Werte bis 120 °C. In den übrigen Temperaturbereichen ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren (z. B. für 80 °C zwischen 20 °C und 100 °C und für 180 °C zwischen 100 °C und 200 °C), wobei eine Aufrundung nicht zulässig ist. Für Werkstoffe nach Abschnitt 2.4 gilt die Interpolationsregel nur bei hinreichend engem Abstand[5)] der Stützstellen.

4) Der Ersatz der Prüfbescheinigung durch die Kennzeichnung und die Einhaltung der Voraussetzungen sind durch eine Vereinbarung geregelt. Alle Hersteller, die eine Vereinbarung abgeschlossen haben, sind im VdTÜV-Merkblatt 1253/4 genannt.

5) In der Regel wird hierunter ein Temperaturabstand von 50 K im Bereich der Warmstreckgrenze und von 10 K im Bereich der Zeitstandfestigkeit verstanden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Übersicht über die geeigneten Werkstoffe für Schrauben und Muttern und die Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204

Norm	Erzeugnis-form	Stahlsorte oder Festigkeitsklasse	Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204			
			Langerzeugnis aus Stahl für Schrauben	Schrauben	Langerzeugnis aus Stahl für Muttern	Muttern
DIN EN ISO 898-1	Schrauben	5.6	3.1	3.1[1)]	–	–
		8.8	3.2[2)]	3.2[1) 2) 5)]	–	–
DIN EN ISO 898-2	Muttern	5	–	–	3.1	3.1[1)]
		8	–	–	3.1	3.1[1)]
DIN EN 10269	Schrauben und Muttern	C35E+QT (1.1181+QT)	3.1	3.1[1) 4)]	3.1	3.1[1)]
		35B2[3)] (1.5511)	3.1	3.1[1) 4)]		
DIN EN 10269	Muttern	C35E+N (1.1181+N)	–	–		
	Schrauben und Muttern	25CrMo4 (1.7218) 21CrMoV5-7 (1.7709) X22CrMoV12-1 (1.4923) 42CrMo4 (1.7225) X12Ni5 (1.5680)	3.2	3.2[5)]	3.1	3.1

1) Voraussetzung für den Ersatz des Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 nach DIN EN 10204 durch die Kennzeichnung siehe Abschnitt 6.4.

2) Bei Druckbehältern mit einem Produkt aus Inhalt V in Litern und Druck PS in Bar $V \cdot PS \leq 5000$ genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

3) In Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 490.

4) Bis zu einem Gewindedurchmesser von 39 mm, einer Betriebstemperatur von 300 °C und einem maximal zulässigen Druck von 40 bar kann das Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 durch die Kennzeichnung ersetzt werden.

5) Bei spanend gefertigten Schrauben ohne anschließende Wärmebehandlung genügt für die Prüfung der Ausführung und Maßgenauigkeit ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 (siehe Abschnitt 6.1.4).

Tafel 3 — Kennwerte der Bemessung bei erhöhter Temperatur für Schrauben nach Abschnitt 2.1

Festigkeitsklasse	Berechnungstemperatur [°C]			
	100	200	250	300
	Untere Streckgrenze R_{eL} oder 0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa]			
5.6	270	230	215	195
8.8	590	540	510	480

(Quelle: DIN EN ISO 898-1:1999-11, Tabelle A.1)

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt W 7

Hinweis zu Abschnitt 2.2

Die Werkstoffe X22CrMoV12-1+QT2 und X19CrMoVNbN11-1 nach DIN EN 10269 sind nicht aufgenommen worden, da Anwendungsfälle nicht bekannt sind. Sollten diese Werkstoffe im Rahmen von Einzelgutachten für spanend gefertigte Schrauben und Muttern eingesetzt werden, so ist das Langerzeugnis einer Ultraschallprüfung zu unterziehen. An allen Schrauben und Muttern ist im Lieferzustand eine Oberflächenprüfung durchzuführen.

Die Stahlsorte 42CrMo4 (1.7225) nach DIN EN 10269 ist für Anwendungstemperaturen bis zu 500 °C vorgesehen.

Hinweis zu Abschnitt 2.2 und Abschnitt 2.3

Die Stahlsorte 25CrMo4 (1.7218) nach DIN EN 10269 ist für Anwendungstemperaturen von −60 °C bis 400 °C geeignet. Für die Verwendung bei Anwendungstemperaturen unterhalb −10 °C ist das AD 2000-Merkblatt W 10 anzuwenden.

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2016**

Werkstoffe für Druckbehälter	Plattierte Stähle	AD 2000-Merkblatt W 8

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Allgemeines und Geltungsbereich ... 2
2 Eignung des Plattierungsverfahrens ... 2
3 Geeignete Werkstoffe ... 2
4 Anforderungen ... 2
5 Ausbessern von Fehlstellen ... 3
6 Wärmebehandlung ... 4
7 Prüfung ... 4
8 Kennzeichnung ... 6
9 Nachweis der Güteeigenschaften ... 6
10 Grundlagen für die Bemessung ... 6

Ersatz für Ausgabe Mai 2004; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Allgemeines und Geltungsbereich

1.1 Als plattierte Stähle werden durch Sprengen und/oder Walzen hergestellte nicht trennbare Verbindungen zwischen dem Grundwerkstoff Stahl und Auflagewerkstoffen bezeichnet. Auflagewerkstoffe können Stähle oder Nichteisenmetalle sein.

1.2 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für einseitig, doppel- oder allseitig plattierte Stähle mit und ohne Zwischenschichten, die z. B. galvanisch aufgebracht werden. Es behandelt die Prüfung dieser Erzeugnisformen zum Bau von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen herab bis −10 °C und bis zu den in den entsprechenden AD 2000-Merkblättern genannten oberen Temperaturgrenzen betrieben werden.

Für Betriebstemperaturen unter −10 °C gilt zusätzlich AD 2000-Merkblatt W 10. Siehe hierzu auch AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 2.2.

1.3 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nicht für

(1) durch Tauchen, auf galvanischem Wege, durch Diffusion oder Spritzen sowie durch Aufkleben mit organischen oder anorganischen Bindemitteln aufgetragene metallische oder nichtmetallische Schichten,

(2) Auskleidungen, auch wenn sie mit dem Grundwerkstoff verschweißt sind, und

(3) durch Löten verbundene Schichten.

1.4 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an die Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Eignung des Plattierungsverfahrens

Die Eignung des Plattierungsverfahrens ist durch die zuständige unabhängige Stelle dahin gehend festzustellen, ob die Anforderungen nach Abschnitt 4 eingehalten werden und die in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W oder den VdTÜV-Werkstoffblättern für die Grundwerkstoffe genannten mechanischen und technologischen Eigenschaften unverändert bleiben. Wenn sich durch das Plattieren Änderungen dieser Eigenschaften ergeben, sind neue Anwendungsgrenzen festzulegen.

Werden die in Abschnitt 4 genannten Anforderungen nicht erfüllt, sind bei der Eignungsfeststellung auch besondere Auflagen für die Verarbeitung anzugeben.

3 Geeignete Werkstoffe

Folgende Werkstoffe dürfen verwendet werden:

3.1 Als Grundwerkstoffe Stahlsorten nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W in den dort festgelegten Anwendungsgrenzen.

3.2 Als Auflagewerkstoffe alle metallischen Werkstoffe.

Eine Eignungsfeststellung entsprechend AD 2000-Merkblatt W 0 ist nur dann erforderlich, wenn die Regelung des Abschnittes 10.2 in Anspruch genommen wird.

4 Anforderungen

Die plattierten Stähle sollen folgenden allgemeinen Bedingungen genügen:

4.1 Bei plattierten Stählen, bei denen der Auflagewerkstoff eine geringere Dehnung als der Grundwerkstoff hat, soll der Auflagewerkstoff beim Zugversuch nach Abarbeiten des Grundwerkstoffs eine Bruchdehnung A von mindestens 12 % erreichen.

4.2 Die Bindung zwischen Grund- und Auflagewerkstoff soll so beschaffen sein, dass bei sachgemäßer Verarbeitung und Betriebsbeanspruchung ein Ablösen der Schichten nicht erfolgt. Die Scherfestigkeit darf, sofern in der Bestellung nichts anderes vereinbart wurde, unabhängig von der Prüfrichtung bei Auflagewerkstoffen mit einer Zugfestigkeit < 280 MPa mindestens 50 % der Mindestzugfestigkeit des Auflagewerkstoffs, bei allen anderen Auflagewerkstoffen 140 MPa nicht unterschreiten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.3 Der Anteil der gebundenen Flächen soll mindestens 95 %[1)] betragen, wobei einzelne nicht gebundene Stellen eine Fläche von 50 cm^2 nicht überschreiten sollen. Für plattierte Stähle mit hoher Beanspruchung bei der Verarbeitung, z. B. bei der Herstellung von Böden, oder bei der Verwendung, z. B. Rohrplatten, können darüber hinaus gehende Anforderungen des Bestellers/Betreibers notwendig sein.

4.4 Die Auflagewerkstoffe müssen eine dem Plattierungsverfahren entsprechende Oberflächenbeschaffenheit und eine im Rahmen der zulässigen Dickenabweichung nach Tafel 1 gleichmäßige Dicke aufweisen. Abweichungen von den Werten dieser Tafel bedürfen der besonderen Vereinbarung.

Tafel 1 — Zulässige Dickenabweichung für Auflagewerkstoffe bei plattierten Stählen

Nenndicke mm	Zulässige Dickenabweichung mm
< 1,5	–0,10
≥ 1,5 bis < 2,0	–0,15
≥ 2,0 bis < 2,5	–0,20
≥ 2,5 bis < 3,0	–0,25
≥ 3,0 bis < 3,5	–0,35
≥ 3,5 bis < 4,0	–0,45
≥ 4,0	–0,50

4.5 Für die zulässigen Maßabweichungen der Grundwerkstoffe gelten die für die jeweilige Erzeugnisform gültigen Maßnormen.

4.6 Am Auflagewerkstoff darf die Summe der Flächen aller Fehlstellen, ausgenommen flache Fehlstellen nach Abschnitt 5.1, 20 % der Plattierungsoberfläche nicht überschreiten.

5 Ausbessern von Fehlstellen

Fehlstellen dürfen wie folgt ausgebessert werden:

5.1 Flache Fehlstellen im Grund- und Auflagewerkstoff dürfen durch Schleifen beseitigt werden, wobei die Mindestdicken nach den Abschnitten 4.4 und 4.5 nicht unterschritten werden dürfen.

5.2 Tiefe Fehlstellen im Grundwerkstoff, d. h. solche, bei deren Beseitigung durch Schleifen die Mindestdicke nach Abschnitt 4.5 unterschritten wird, dürfen nur im Einverständnis mit der zuständigen unabhängigen Stelle und dem Besteller/Betreiber durch Schweißen ausgebessert werden. Hierfür sind die entsprechenden AD 2000-Merkblätter der Reihe HP zu beachten.

5.3 Reparaturschweißungen am Auflagewerkstoff beim Hersteller sind ohne Rücksprache mit dem Besteller/Betreiber nur in dem Umfang und bei den Fehlergrößen zulässig, die in der Bestellung festgelegt sind.

Falls keine einschränkenden Regelungen in der Bestellung festgelegt sind und die Eignungsfeststellung nach Abschnitt 2 dies zulässt, gilt:

(1) Bindungsfehler bis zu einer Fläche von 50 cm^2 werden nicht ausgebessert,

(2) Fehlstellen im Auflagewerkstoff, die nicht durch Schleifen entsprechend Abschnitt 5.1 beseitigt werden können, werden durch Schweißen ausgebessert,

(3) Einzelfehlstellen[2)] (tiefe Fehlstellen und Bindungsfehler) bis zu einer Fläche von 5 % der Plattierungsoberfläche, jedoch maximal 1200 cm^2 Ausdehnung, werden durch Schweißen ausgebessert.

5.4 Sprengplattieren, auch in Verbindung mit Schweißen, zum Ausbessern von Fehlstellen im Auflagewerkstoff ist nur im Rahmen der Eignungsfeststellung nach Abschnitt 2 zulässig.

5.5 Über die ausgeführten Ausbesserungen nach den Abschnitten 5.2, 5.3 und 5.4 ist ein Bericht anzufertigen, der folgende Einzelheiten enthalten soll:

(1) Kennzeichnung des ausgebesserten Werkstoffs (z. B. Werkstoffnummer, Schmelzennummer, Probennummer),

(2) Lage, Größe und Tiefe der ausgebesserten Stellen im Blech,

(3) Angaben zur Reparaturausführung, z. B. wie der fehlerhafte oder nicht haftende Plattierungswerkstoff entfernt wurde (Schleifen, Meißeln usw.), über Vorwärmung (Angabe der Temperatur und des Heizmittels), über den verwendeten Schweißzusatz (Typ und Durchmesser), Anzahl der Lagen, Oberflächenbehandlung nach der Reparatur (Schleifen, Polieren, Beizen), Wärmebehandlung nach dem Ausbessern,

(4) Angaben über die zerstörungsfreie Prüfung.

---

1) Die hier festgelegten Regelungen gelten nur, sofern zwischen Hersteller, Besteller/Betreiber und der zuständigen unabhängigen Stelle keine anderen Festlegungen getroffen worden sind.

2) Eine Fehlstelle wird dann als Einzelfehlstelle bezeichnet, wenn sie einen Abstand von ≥ 100 mm zur benachbarten Fehlstelle hat.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5.6 Wenn es die Verarbeitung sinnvoll erscheinen lässt, kann im Einzelfall vereinbart werden, dass die Ausbesserungsschweißungen und die notwendigen zerstörungsfreien Prüfungen am fertigen Bauteil vorgenommen werden.

6 Wärmebehandlung

Die gegebenenfalls notwendige Wärmebehandlung wird bei der Eignungsfeststellung nach Abschnitt 2 geregelt.

7 Prüfung

7.1 Prüfumfang, Probenzahl, Prüfart und Probenlage richten sich nach den Festlegungen der für die jeweiligen Erzeugnisformen und Verwendungsbereiche der Grundwerkstoffe geltenden AD 2000-Merkblätter der Reihe W und den Festlegungen nach Abschnitt 7.2, soweit bei der Eignungsfeststellung nach Abschnitt 2 nichts anderes festgelegt wurde.

7.2 Die folgenden Prüfungen sind mit den in Bild 1 dargestellten Proben durchzuführen:

7.2.1 Zugversuch

7.2.1.1 Zugversuch an Flacherzeugnissen (Proben mit Auflagewerkstoff)

Die Messmarken für die Dehnungsmessung sind auf dem Grundwerkstoff aufzubringen.

$$\sigma_{pl} \geq \frac{\sigma_G \cdot s_G + \sigma_A \cdot s_A}{s_{pl}}$$

σ = Gewährleistungswert (Streckgrenze, 0,2 %-Dehngrenze, 1,0 %-Dehngrenze, Zugfestigkeit)

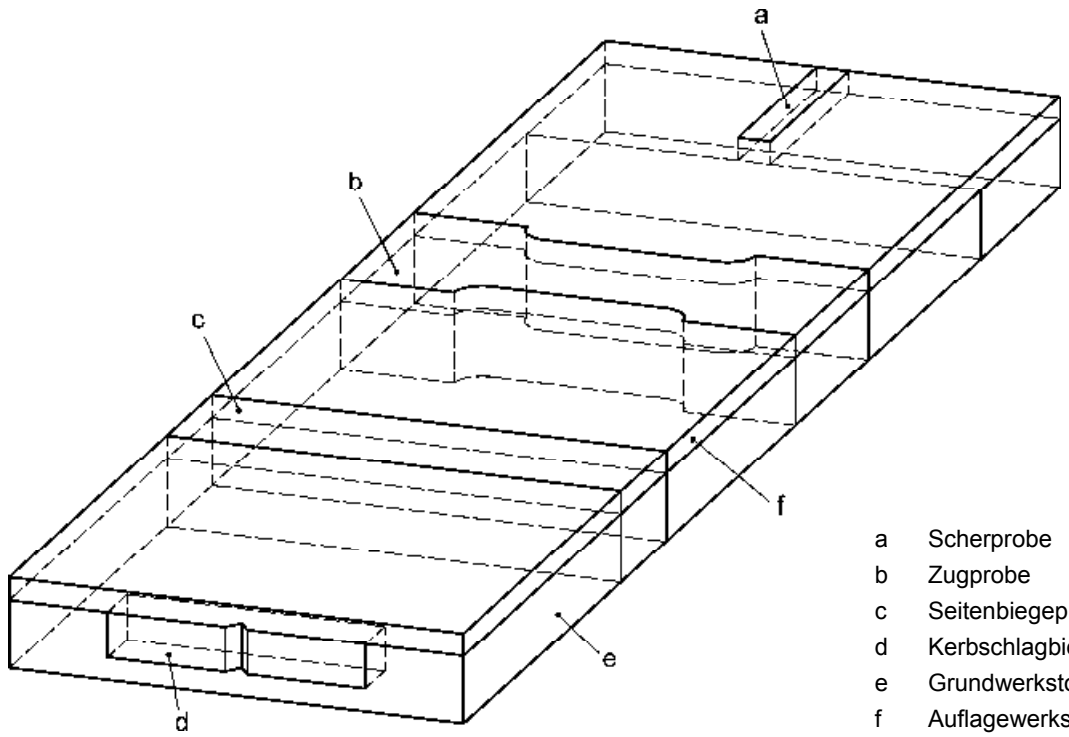
s = Nennwanddicke

Indizes:

G = Grundwerkstoff

A = Auflagewerkstoff

pl = plattierter Stahl



a Scherprobe
b Zugprobe
c Seitenbiegeprobe
d Kerbschlagbiegeprobe
e Grundwerkstoff
f Auflagewerkstoff

Bild 1 — Probenarten und Probenlage

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Probenabmessungen

Probendicke: a = 10 mm

Probenbreite: b = Erzeugnisformdicke ≤ 80 mm (Grundwerkstoff und Auflagewerkstoff). Ist die Erzeugnisformdicke > 80 mm, kann der Grundwerkstoff abgearbeitet werden.

Probenlänge: l ≥ 130 mm

α = 180 Grad

Versuchsausführung

entsprechend DIN EN ISO 7438

Versuchsanordnung

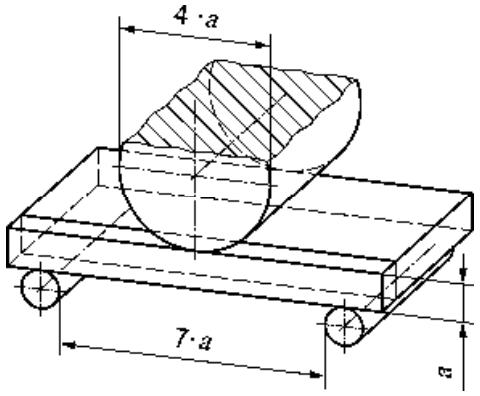


Bild 2 — Technologischer Seitenbiegeversuch

In den Fällen, in denen σ_{pl} einen kleineren Wert ergibt als den in der Formel errechneten oder keine aussagefähigen Werte zu erwarten sind (z. B. bezogen auf den Grundwerkstoff bei sehr harten oder weichen Auflagewerkstoffen), ist der Zugversuch mit abgearbeitetem Auflagewerkstoff durchzuführen. Dies gilt nicht in Fällen nach Abschnitt 10.2.

7.2.1.2 Zugversuch an Pressteilen

Der Zugversuch ist an Rundproben nach DIN 50125 ohne Auflagewerkstoff durchzuführen. Es ist der größtmögliche Probendurchmesser zu wählen. In Fällen nach Abschnitt 10.2 ist der Zugversuch nach Abschnitt 7.2.1.1 durchzuführen.

7.2.2 Kerbschlagbiegeversuch an Proben mit Kerb senkrecht zur Oberfläche.

7.2.3 Technologische Prüfungen bei Rohren an Proben mit Auflagewerkstoff.

7.3 Zusätzlich zu Abschnitt 7.1 sind folgende Prüfungen durchzuführen (Probelage nach Bild 1):

7.3.1 Technologischer Seitenbiegeversuch

Prüfumfang entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung;

Prüfdurchführung nach Bild 2.

7.3.2 Scherversuch nach DIN 50162

Prüfumfang entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung, mindestens jedoch an 10 % des Fertigungsloses; bei Stückzahlen unter 10 ist mindestens ein Scherversuch durchzuführen.

7.3.3 Weitere Untersuchungen wie Makrountersuchungen, mikroskopische Gefügeuntersuchungen, Härteprüfungen entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung nach Abschnitt 2.

7.4 Die Oberflächenbeschaffenheit und das Einhalten der Maße sind zu prüfen.

7.5 Die Bindung zwischen Grund- und Auflagewerkstoff ist durch Flächenprüfung mit dem Ultraschall-Verfahren nach DIN EN 10160, Qualitätsklasse S_0 zu prüfen.

7.6 Durch Schweißen oder Sprengen ausgebesserte Stellen sind zerstörungsfrei zu prüfen.

7.7 Bei allen ausgebesserten Stellen ist die Einhaltung der Mindestdicke zu prüfen.

7.8 Entspricht das Ergebnis einer Prüfung nicht den Anforderungen, so ist wie folgt zu verfahren:

7.8.1 Ist anzunehmen, dass ungenügende Prüfergebnisse auf eine fehlerhafte Wärmebehandlung zurückzuführen sind, können die Erzeugnisse erneut wärmebehandelt werden, worauf die gesamte Prüfung zu wiederholen ist. Mehr als eine Wiederholung der Wärmebehandlung ist nur nach Rücksprache mit der zuständigen unabhängigen Stelle zulässig.

7.8.2 Sind ungenügende Prüfergebnisse auf prüftechnische Einflüsse oder auf eine engbegrenzte Fehlstelle einer Probe zurückzuführen, so kann die betreffende Probe bei der Entscheidung, ob die Anforderungen erfüllt sind, außer Betracht bleiben, und die betreffende Prüfung kann erneut durchgeführt werden.

7.8.3 Für jede nicht genügende Zugprobe, Seitenbiegeprobe oder Scherprobe sind zwei weitere Proben zu prüfen, die beide den Anforderungen genügen müssen.

7.8.4 Für jeden nicht genügenden Mittelwert des Kerbschlagbiegeversuchs ist ein neuer Probensatz zu prüfen. Der Mittelwert aus den sechs Einzelversuchen beider Probensätze muss dem gewährleisteten Mittelwert entsprechen.

Höchstens zwei der sechs Einzelwerte dürfen kleiner als der festgelegte Mittelwert sein. Höchstens einer der sechs Einzelwerte darf kleiner sein als 70 % des festgelegten Mittelwertes.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

8 Kennzeichnung

Die plattierten Stähle sind auf der Grundwerkstoffseite dauerhaft zu kennzeichnen. Neben den für den Grundwerkstoff in den AD 2000-Merkblättern vorgesehenen Kennzeichnungen sind zusätzlich anzubringen:

- Sorte des Auflagewerkstoffes (Werkstoffnummer oder Kurzname),
- Schmelzen-Nummer des Auflagewerkstoffes,
- Dicke des Auflagewerkstoffes,
- Dicke des Grundwerkstoffes.

9 Nachweis der Güteeigenschaften

9.1 Der Nachweis der Güteeigenschaften für den fertig plattierten Werkstoff richtet sich nach dem Grundwerkstoff, sofern bei der Eignungsfeststellung keine anderen Regelungen getroffen wurden. Es ist jedoch mindestens ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 erforderlich.

9.2 Zerstörungsfreie Prüfungen sind durch Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

9.3 Sowohl für den Grundwerkstoff als auch für den Auflagewerkstoff sind bei durch Sprengen plattierten Werkstoffen Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach DIN EN 10204 erforderlich.

10 Grundlagen für die Bemessung

10.1 Als tragende Wanddicke gilt – abgesehen von den nach Abschnitt 10.2 möglichen Fällen – die Wanddicke des Grundwerkstoffes unter Einsetzung seines Festigkeitskennwertes.

10.2 Die Einbeziehung des Auflagewerkstoffes in die tragende Wand kann im Einzelfall zwischen dem Druckbehälterhersteller, dem Besteller/Betreiber und der zuständigen unabhängigen Stelle vereinbart werden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2010**

Werkstoffe für Druckbehälter	**Flansche aus Stahl**	**AD 2000-Merkblatt W 9**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e. V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel ... 2
1 Geltungsbereich ... 2
2 Geeignete Werkstoffe ... 2
3 Anforderungen an die Werkstoffe und die Herstellung ... 3
4 Prüfung ... 3
5 Kennzeichnung ... 7
6 Nachweis der Güteeigenschaften ... 7
7 Kennwerte für die Bemessung ... 8
Anhang: Muster ... 10

Ersatz für Ausgabe Juli 2009; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für:

- geschmiedete und nahtlos gewalzte Flansche,
- aus Profilen, Stabstahl oder Blechstreifen gebogene und abbrennstumpfgeschweißte Flansche,
- aus Blechen ausgeschnittene Flansche,
- aus gewalztem oder geschmiedetem Formstahl und Stabstahl durch spanende Bearbeitung hergestellte Flansche,
- gegossene Flansche aus Stahlguss

aus ferritischen, austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen zum Bau von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen herab bis −10 °C und bis zu den in Abschnitt 2 bzw. in den jeweiligen AD 2000-Merkblättern für den Ausgangswerkstoff genannten oberen Temperaturgrenzen betrieben werden. Für Betriebstemperaturen unter −10 °C gilt zusätzlich das AD 2000-Merkblatt W 10.

1.2 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nicht für angegossene Flansche. Für Flansche, die vom Druckbehälterhersteller hergestellt werden, gelten die Abschnitte 2, 3, 4 und 7.

1.3 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an den Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeignete Werkstoffe

Es dürfen verwendet werden:

2.1 Für geschmiedete oder nahtlos gewalzte Flansche:

2.1.1 Allgemeine Baustähle S235JRG2 (1.0038), S235J2G3 (1.0116) und S355J2G3 (1.0570) nach DIN EN 10250-2 bis zu einer Berechnungstemperatur[1)] ≤ 300 °C und bis zu einem Produkt aus dem größten Innendurchmesser d_i in mm des Druckbehälters oder des Anbauteils und einem maximal zulässigen Druck PS in bar $d_i \cdot PS \leq 20000$ mm · bar.

Flansche mit Blattdicken ≥ 30 mm sind normalgeglüht zu liefern. Flansche mit Blattdicken < 30 mm können im geschmiedeten Zustand geliefert werden.

2.1.2 Schweißgeeignete Feinkornbaustähle nach DIN EN 10222-4, P275NH (1.0487), P355NH (1.0565) und P460NH (1.8935) nach DIN EN 10273 sowie TStE 285, TStE 355, TStE 420, TStE 460, TStE 500, EStE 285, EStE 355, EStE 420, EStE 460 und EStE 500 nach DIN 17102 und DIN 17103 in Verbindung mit den zugehörigen VdTÜV-Werkstoffblättern.

2.1.3 Warmfeste schweißgeeignete Stähle P245GH+N (1.0352), P280GH+N (1.0426), P305GH (1.0436), 16Mo3 (1.5415), 13CrMo4-5 (1.7335), 11CrMo9-10 (1.7383), 14MoV6-3 (1.7715), X10CrMoVNb9-1 (1.4903) und X20CrMoV11-1 (1.4922) nach DIN EN 10222-2 einschließlich der Stahlsorte P250GH (1.0460) nach DIN EN 10222-2 Nationaler Anhang NB und P250GH/C22.8 nach VdTÜV-Werkstoffblatt 350/3 sowie P235GH (1.0345), P250GH (1.0460), P265GH (1.0425), P295GH (1.0481), P355GH (1.0473), 16Mo3 (1.5415), 13CrMo4-5 (1.7335) und 10CrMo9-10 (1.7380) nach DIN EN 10273. Für die Stahlsorten 14MoV6-3, X10CrMoVNb9-1 und X20CrMoV11-1 sind zusätzlich die VdTÜV-Werkstoffblätter 184, 511/3 und 110 zu beachten.

2.1.4 Kaltzähe Stähle 13MnNi6-3 (1.6217), 12Ni14 (1.5637), X12Ni5 (1.5680), X8Ni9 (1.5662) nach DIN EN 10222-3 bis 50 °C. Für den kurzzeitigen Betrieb bei höheren Temperaturen gilt AD 2000-Merkblatt W 10 Abschnitt 6.

2.1.5 Stahlsorten nach AD 2000-Merkblatt W 2.

2.2 Für aus Profilen, Stabstahl oder Blechstreifen gebogene und abbrennstumpfgeschweißte Flansche:

Stahlsorten nach den AD 2000-Merkblättern W 1, W 2, W 10 und W 13 sowie P250GH/C22.8 nach VdTÜV-Werkstoffblatt 350/3.

2.3 Für aus Blechen ausgeschnittene und durch spanende Bearbeitung hergestellte Flansche:

Stahlsorten nach den AD 2000-Merkblättern W 1, W 2 und W 10 in Verbindung mit Abschnitt 6.9.

2.4 Für durch spanende Bearbeitung hergestellte Flansche aus gewalztem und geschmiedetem Formstahl und Stabstahl:

Stahlsorten nach den AD 2000-Merkblättern W 2, W 10 und W 13 in Verbindung mit Abschnitt 6.9.

---

1) Siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 5.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

2.5 Für gegossene Flansche:

Stahlguss nach AD 2000-Merkblatt W 5.

2.6 Für Flansche, unabhängig vom Herstellungsverfahren:

Andere Werkstoffe nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle. Für diese Werkstoffe sind die in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W genannten Mindestanforderungen für andere Werkstoffe zu berücksichtigen.

3 Anforderungen an die Werkstoffe und die Herstellung

3.1 Für die chemische Zusammensetzung, den Lieferzustand, die mechanisch-technologischen Eigenschaften in Abhängigkeit von den Abmessungsgrenzen, die Oberflächenbeschaffenheit und die Maßhaltigkeit der Erzeugnisformen nach den Abschnitten 2.1 bis 2.6 gelten die Festlegungen in den entsprechenden AD 2000-Merkblättern, Normen oder VdTÜV-Werkstoffblättern. Oberflächenfehler dürfen durch Schweißen nur mit Genehmigung des Bestellers und der mit der Abnahmeprüfung beauftragten zuständigen unabhängigen Stelle ausgebessert werden.

3.2 Vorschweißflansche und Vorschweißbunde dürfen nicht kreisförmig aus Blechen ausgeschnitten werden. Werden sie aus Blechen hergestellt, so sind Streifen in Walzrichtung zu schneiden und so zu biegen, dass eine Blechoberfläche nach innen zur Flanschachse weist (s. a. AD 2000-Merkblatt B 8).

4 Prüfung

4.1 Besichtigung und Maßkontrolle

Die Flansche sind im Lieferzustand zu besichtigen und in den Abmessungen zu prüfen.

4.2 Zerstörende Werkstoffprüfung

4.2.1 Geschmiedete oder nahtlos gewalzte Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.1.1 (s. a. Tafel 4)

Die Flansche werden losweise geprüft. Ein Prüflos umfasst Flansche einer Schmelze mit gleichartiger Warmumformung und Wärmebehandlung. Ein Prüflos umfasst auch Flansche einer Schmelze, unterschiedlicher Abmessungen und getrennter, aber gleichartiger Wärmebehandlung, sofern die Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung durch Härteprüfung an 10 %, mindestens jedoch an drei Flanschen, nachgewiesen wird. Die Maßgaben der Härteprüfung gelten auch für unbehandelte Flansche.

Je Prüflos sind bei Stückgewichten $\leq$ 300 kg eine Zugprobe und drei Kerbschlagproben bei Prüftemperaturen entsprechend DIN EN 10250-2 zu prüfen. Als Versuchsergebnis für den Kerbschlagbiegeversuch ist das Mittel von drei Proben zu werten, wobei kein Einzelwert unter 70 % der Anforderung liegen darf. Die Kerbschlagarbeit muss für die Quer-/Tangentialrichtung an V-Proben $\geq$ 27 J betragen. Bei Stückgewichten $>$ 300 kg werden die Flansche entsprechend Abschnitt 4.2.2 geprüft. Freiformgeschmiedete Flansche mit Stückgewichten $>$ 300 kg werden einzeln geprüft.

Die Probenrichtung ist quer oder tangential zum Faserverlauf. Bei Blattdicken $>$ 30 mm ist die Probenlage mindestens ¼ unter Stirn- und Seitenfläche.

Zur Entnahme der Proben sind entweder die Flansche selbst in entsprechender Zahl zu verwenden, oder es muss an allen Flanschen, die zur Prüfung vorgesehen sind, das nötige Übermaß für das Prüfstück vorhanden sein. Bei im Gesenk hergestellten Flanschen kann zur Entnahme der Proben der beim Lochen anfallende Ausfallbutzen verwendet werden, wenn die Butzendicke 75 % der Blattdicke nicht unterschreitet.

Falls Flansche einer Schmelze zu verschiedenen Zeiten gewalzt oder geschmiedet werden, können je Schmelze ein oder gegebenenfalls mehrere Prüfstücke in einer den Flanschen vergleichbaren Abmessung hergestellt und abschnittsweise den einzelnen Wärmebehandlungen beigelegt werden. Dies setzt voraus, dass die Umformung für die Flansche und Prüfstücke vergleichbar ist.

4.2.2 Geschmiedete oder nahtlos gewalzte Flansche aus Stählen nach den Abschnitten 2.1.2 bis 2.1.4 im normalgeglühten Zustand (s. a. Tafel 4)

Die Flansche werden nach Prüflosen entsprechend Tafel 1 geprüft. Ein Prüflos umfasst Flansche aus einer Schmelze mit gleichartiger Warmumformung und Wärmebehandlung. Ein Prüflos umfasst auch Flansche einer Schmelze, unterschiedlicher Abmessungen und getrennter, aber gleichartiger Wärmebehandlung, sofern die Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung durch Härteprüfung an 10 %, mindestens aber an drei Flanschen, nachgewiesen wird. Die Maßgaben für die Härteprüfung gelten auch für normalisierend umgeformte Flansche.

Je Prüflos sind an zwei Flanschen je eine Zugprobe und drei Kerbschlagproben zu prüfen. Je Schmelze, Warmumformung und Wärmebehandlungen werden jedoch höchstens vier Probesätze geprüft.

Bei Stückgewichten bis 1000 kg und Stückzahlen bis einschließlich 10 Flansche sowie bei Stückgewichten bis 15 kg und Stückzahlen bis einschließlich 30 Flansche genügt die Prüfung eines Flansches mit einer Zugprobe und drei Kerbschlagproben.

Freiformgeschmiedete Flansche mit Stückgewichten $>$ 300 kg werden einzeln geprüft.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Probenrichtung ist quer oder tangential zum Faserverlauf. Bei Blattdicken > 30 mm ist die Probenlage mindestens ¼ unter Stirn- und Seitenfläche. Die Entnahme der Proben und das Beilegen von Prüfstücken und deren Anforderungen müssen dem Abschnitt 4.2.1 entsprechen.

Als Versuchsergebnis für den Kerbschlagbiegeversuch ist das Mittel von drei Proben zu werten, wobei kein Einzelwert unter 70 % der Anforderungen liegen darf.

Tafel 1 — Einteilung in Prüflose

Stückgewicht in kg	Anzahl der Flansche je Prüflos[1)]
≤ 15	≤ 150
> 15 bis ≤ 150	≤ 100
> 150 bis ≤ 300	≤ 50
> 300	≤ 25

[1)] Die Prüfstücke zählen nicht als Teile des Prüfloses.

4.2.3 Geschmiedete oder nahtlos gewalzte Flansche aus Stählen nach den Abschnitten 2.1.2 bis 2.1.4 im vergüteten Zustand (s. a. Tafel 4)

Die Flansche werden losweise geprüft. Ein Prüflos umfasst Flansche einer Schmelze mit gleichartiger Warmumformung und Wärmebehandlung. Ein Prüflos umfasst auch Flansche einer Schmelze, unterschiedlicher Abmessungen und getrennter, aber gleichartiger Wärmebehandlung, sofern die Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung durch die Härteprüfung bestätigt wird.

Alle Flansche sind einer Härteprüfung zu unterziehen. Bei Serienfertigung (mindestens 50 Flansche einer Schmelze und einer Abmessung) erfolgt die Härteprüfung nur an 10 % des Prüfloses, mindestens aber an 20 Flanschen. Je Prüflos sind am Flansch mit der geringsten Härte und am Flansch mit der höchsten Härte je eine Zugprobe und drei Kerbschlagproben zu prüfen.

Bei Stückgewichten bis 1000 kg und Stückzahlen bis einschließlich 10 Flansche sowie bei Stückgewichten bis 15 kg und Stückzahlen bis einschließlich 30 Flansche genügt die Prüfung einer Zugprobe am Flansch mit der geringsten Härte und von drei Kerbschlagproben am Flansch mit der höchsten Härte.

Freiformgeschmiedete Flansche mit Stückgewichten > 300 kg werden einzeln geprüft.

Die Probenrichtung ist quer oder tangential zum Faserverlauf. Bei Blattdicken > 30 mm ist die Probenlage mindestens ¼ unter Stirn- und Seitenfläche. Die Entnahme der Proben und das Beilegen von Prüfstücken und deren Anforderungen müssen dem Abschnitt 4.2.1 entsprechen.

Als Versuchsergebnis für den Kerbschlagbiegeversuch ist das Mittel von drei Proben zu werten, wobei kein Einzelwert unter 70 % der Anforderungen liegen darf.

4.2.4 Geschmiedete oder nahtlos gewalzte Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.1.5 sind wie Schmiedestücke gemäß AD 2000-Merkblatt W 2 zu prüfen.

4.2.5 Flansche nach Abschnitt 2.2 sind gemäß Tafel 2 zu prüfen. Das Prüfen von getrennt geschweißten Proben ist zulässig, falls dies bei der Verfahrensprüfung festgelegt wird (gleiche geometrische Abmessung).

4.2.6 Bei Flanschen nach Abschnitt 2.3 müssen die Bleche gemäß AD 2000-Merkblatt W 1, W 2 oder W 10 geprüft sein.

4.2.7 Bei Flanschen nach Abschnitt 2.4 muss das Vormaterial entsprechend dem Verwendungszweck gemäß AD 2000-Merkblatt W 2, W 10 oder W 13 geprüft sein.

4.2.8 Flansche nach Abschnitt 2.5 sind gemäß AD 2000-Merkblatt W 5 zu prüfen.

4.2.9 An Flanschen aus anderen Stählen nach Abschnitt 2.6 sind die Prüfungen entsprechend den Festlegungen der Eignungsfeststellung durchzuführen.

4.3 Zerstörungsfreie Prüfung

4.3.1 Geschmiedete oder nahtlos gewalzte Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.1

An Flanschen mit Stückgewichten > 300 kg ist vom Hersteller eine Ultraschallprüfung nach DIN EN 10228-3 oder DIN EN 10228-4 durchzuführen. Die Ultraschallprüfung auf Innenfehler ist als 100%ige Prüfung durchzuführen. Die Fehlergrößenbeurteilung erfolgt nach der –6 dB-Abfall-Technik, die Empfindlichkeitsjustierung nach der AVG-Methode.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die nachfolgend genannten Qualitätsklassen sind bei Prüfung nach DIN EN 10228-3 anzuwenden:

Blattdicke $s \leq 50$ mm Qualitätsklasse 4

Blattdicke 50 mm $< s \leq 100$ mm Qualitätsklasse 3

Blattdicke $s > 100$ mm Qualitätsklasse 2

Für Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.1.5 ist die Qualitätsklasse 3 nach DIN EN 10228-4 anzuwenden. Als dort genannte Dicke des Schmiedestücks gilt die Blattdicke s. An Flanschen aus austenitischen Stählen kann die Ultraschall- durch eine Durchstrahlungsprüfung ersetzt werden.

An Flanschen mit Stückgewichten > 300 kg im vergüteten Zustand ist vom Hersteller zusätzlich eine Oberflächenprüfung in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt HP 5/3 durchzuführen.

Tafel 2 — Prüfumfang und Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 für Flansche nach Abschnitt 2.2

Prüf-gruppen[1]	Umfang der Prüfungen[2),3)]		Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204			
	Zugversuch[4)] (R_{eH}, R_m, A)	Kerbschlag-biegeversuch[5)]	Vor-material	Wärme-behand-lung[6)]	Fertigteil	
					zerstörungs-freie Prüfung	mechanisch-technologische Prüfung
1 (1)[7)]	–	–	2.2/3.1	2.2	2.2	–
1 (2)[8)]	1 je Wärme-behandlungslos	1 je Wärme-behandlungslos	2.2	2.2	3.1	3.2
2	1 je 25 Flansche	1 je 25 Flansche	2.2	2.2	3.1	3.2
3	1 je 10 Flansche einer Schmelze	1 je 10 Flansche einer Schmelze	2.2	2.2	3.1	3.2
4			2.2	2.2	3.1	3.2
5.1	1 je 25 Flansche einer Schmelze	1 je 10 Flansche einer Schmelze	2.2	2.2	3.1	3.2
5.2 bis 5.4	1 je 10 Flansche einer Schmelze	1 je 10 Flansche einer Schmelze	2.2	2.2	3.1	3.2
6	–	–	3.1/3.2	2.2	2.2	–
7	1 je 10 Flansche einer Schmelze	1 je 10 Flansche einer Schmelze	2.2	2.2	3.1	3.2

1) Einteilung gemäß Tafel 1a des AD 2000-Merkblatts HP 0 (Prüfgruppen 1 (1) und 1 (2) nur in AD 2000-Merkblatt W 9).

2) Die Proben sind aus dem Schweißnahtbereich zu entnehmen.

3) Für vergütete Flansche ist eine Härteprüfung gemäß Abschnitt 4.2.3 durchzuführen. Jährlich werden an zwei fertigen Flanschen der Grundwerkstoff und der Schweißnahtbereich geprüft, wobei die Querschnittsfläche, die Geometrie und der Prüfumfang in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt HP 5/2 festzulegen sind.

4) Falls für das Vormaterial gefordert, ist ein weiterer Zugversuch je Prüfeinheit bei zulässiger maximaler Temperatur (TS) durchzuführen.

5) Je Kerbschlagbiegeversuch werden drei Proben mit Kerbgrund in Schweißnahtmitte geprüft.

6) Prüfbescheinigung gemäß Anhang zu diesem AD 2000-Merkblatt.

7) Ausgenommen sind die Stahlsorten 16Mo3, P295GH, P355GH, P355N und P355NH.

8) Nur die Stahlsorten 16Mo3, P295GH, P355GH, P355N und P355NH.

4.3.2 Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.2

4.3.2.1 Die Bleche oder Blechstreifen sind vom Hersteller nach DIN EN 10160 Qualitätsklasse S2 zerstörungsfrei zu prüfen. Für Sonderflansche wie Bajonettverschlüsse, Schnellverschlüsse u. Ä. gilt Qualitätsklasse S3.

4.3.2.2 Flansche aus Stählen der Prüfgruppen 1 (1) und 6 der Tafel 2 werden vom Hersteller in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Anlage 1 Prüfklasse A im Bereich der Schweißnaht einer Ultraschall- oder einer Durchstrahlungsprüfung im Umfang von Tafel 3 unterzogen. In der Regel werden Flansche, die bei kontinuierlicher Schweißung mit der gleichen Maschineneinstellung gefertigt werden, zu einem Prüflos zusammengefasst.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.3.2.3 Bei Flanschen aus Stählen der Prüfgruppen 1 (2), 2 bis 5 und 7 der Tafel 2 wird jeder Flansch vom Hersteller in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Anlage 1 Prüfklasse A im Bereich der Schweißnaht mit Ultraschall geprüft oder einer Durchstrahlungsprüfung unterzogen.

4.3.2.4 An Flanschen mit Stückgewichten > 300 kg ist vom Hersteller eine Ultraschall- oder eine Durchstrahlungsprüfung durchzuführen.

Tafel 3 — Umfang der zerstörungsfreien Prüfung bei abbrennstumpfgeschweißten Flanschen

Anzahl der Flansche je Prüfeinheit	Umfang der zerstörungsfreien Prüfung	mindestens
≥ 1 bis ≤ 20	100 %	
> 20 bis ≤ 50	50 %	20 Flansche
> 50 bis ≤ 200	25 %	25 Flansche
> 200 bis ≤ 1000	15 %	50 Flansche
> 1000	10 %	150 Flansche

4.3.2.5 An allen Schweißnähten ist vom Hersteller mit geeigneten Verfahren entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Anlage 1 eine Oberflächenprüfung durchzuführen. Davon ausgenommen sind die Werkstoffe S235JR, P235GH, P250GH, P265GH, P245GH+N.

4.3.3 Flansche nach Abschnitt 2.3

Die Bleche sind vom Hersteller nach DIN EN 10160, Qualitätsklasse S2, zerstörungsfrei zu prüfen.

4.3.4 Flansche nach Abschnitt 2.4

Das Vormaterial muss bei Flanschen mit Stückgewichten > 300 kg entsprechend dem Verwendungszweck zerstörungsfrei geprüft sein. Die Ultraschallprüfung ist nach DIN EN 10228-3 oder DIN EN 10308 als 100%ige Prüfung durchzuführen. Die Fehlergrößenbeurteilung erfolgt nach der –6 dB-Abfall-Technik, die Empfindlichkeitsjustierung nach der AVG-Methode. Die nachfolgend genannten Qualitätsklassen sind anzuwenden:

Dicke $s \leq$ 50 mm Qualitätsklasse 4

Dicke 50 mm $< s \leq$ 100 mm Qualitätsklasse 3

Dicke $s >$ 100 mm Qualitätsklasse 2

Bei Flanschen mit Stückgewichten > 300 kg aus vergüteten Stählen ist eine Oberflächenprüfung in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Anlage 1 durchzuführen.

4.3.5 Flansche nach Abschnitt 2.5

Flansche mit Stückgewichten > 300 kg sind vom Hersteller mit dem Durchstrahlungsverfahren, falls erforderlich in Verbindung mit dem Ultraschallverfahren, nach DIN EN 12680-2 zu prüfen. Zusätzlich ist eine Oberflächenprüfung (soweit möglich Magnetpulverprüfung) vorzunehmen.

4.3.6 Flansche nach Abschnitt 2.6

An den Flanschen sind die Prüfungen entsprechend den Festlegungen der Eignungsfeststellung durchzuführen.

4.4 Verwechslungsprüfung

Flansche aus legierten Stählen sind vom Hersteller einer geeigneten Prüfung auf Werkstoffverwechslung zu unterziehen.

4.5 Wiederholungsprüfung

Entspricht das Ergebnis einer Prüfung nicht den Anforderungen, so ist wie folgt zu verfahren:

4.5.1 Ist anzunehmen, dass ungenügende Prüfergebnisse auf eine fehlerhafte Wärmebehandlung zurückzuführen sind, können die Flansche erneut wärmebehandelt werden, worauf die gesamte Prüfung zu wiederholen ist. Mehr als eine Wiederholung der Wärmebehandlung ist nur nach Rücksprache mit der zuständigen unabhängigen Stelle zulässig.

4.5.2 Sind ungenügende Prüfergebnisse auf prüftechnische Einflüsse oder auf eine eng begrenzte Fehlstelle einer Probe zurückzuführen, so kann die betreffende Probe bei der Entscheidung, ob die Anforderungen erfüllt sind, außer Betracht bleiben, und die betreffende Prüfung kann erneut durchgeführt werden.

4.5.3 Für jede Probe, die die Mindestwerte nicht erfüllt, sind zwei weitere Proben zu prüfen, die beide den Anforderungen genügen müssen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

5 Kennzeichnung

Die Flansche sind deutlich und dauerhaft entsprechend den Festlegungen in den jeweiligen DIN-EN-Normen zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- Kurzname oder Werkstoffnummer der Stahlsorte,
- Herstellerzeichen,
- Nennweite und ggf. Rohr-Außendurchmesser,
- Nenndruck.

Bei Lieferung mit Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204 zusätzlich mit:

- Schmelzen-Nummer oder Kurzzeichen,
- Prüflos-Nummer, wobei der Probenträger besonders zu kennzeichnen ist,
- Prüfstempel der zuständigen unabhängigen Stelle oder des Werkssachverständigen,
- Stempel für die zerstörungsfreie Prüfung, soweit gefordert.

6 Nachweis der Güteeigenschaften

Der Nachweis der Güteeigenschaften erfolgt durch Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204.

6.1 Für Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.1.1 – ausgenommen S355J2G3 – durch ein Werkszeugnis nach DIN EN 10204.

Auf das Werkszeugnis kann bei Flanschen mit DN $\leq$ 1000 verzichtet werden, wenn die Voraussetzungen entsprechend Abschnitt 6.8 erfüllt sind.

Für Flansche aus dem Werkstoff S355J2G3 ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 erforderlich.

6.2 Für Flansche aus Stählen nach den Abschnitten 2.1.2 bis 2.1.4 durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204. Jedoch genügt für die Stahlsorten P245GH, P250GH und P280GH nach DIN EN 10222-2 (einschließlich nationaler Anhang), P285NH nach DIN EN 10222-4 sowie P235GH, P250GH, P265GH und P275NH nach DIN EN 10273 ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.

6.3 Für Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.1.5 gemäß AD 2000-Merkblatt W 2.

6.4 Für Flansche nach Abschnitt 2.2 gilt Tafel 2. Für das Vormaterial ist der Nachweis gemäß den AD 2000-Merkblättern W 1, W 2, W 10 oder W 13 zu führen. Die Prüfung der Ausgangswerkstoffe durch die zuständige unabhängige Stelle kann entfallen, wenn der Flansch von der zuständigen unabhängigen Stelle zu prüfen ist.

6.4.1 Für Flansche aus Stählen der Prüfgruppen 1 (1) und 6 der Tafel 2 ist über die Ergebnisse der Prüfungen sowie über die Art der Wärmebehandlung und den Wärmebehandlungszustand vom Hersteller ein Werkszeugnis nach DIN EN 10204 (Muster s. Anhang) auszustellen.

Auf das Werkszeugnis und die Prüfbescheinigungen für das Vormaterial kann bei Flanschen aus den Stählen S235JR und S235J2 mit einem Produkt $d_i \cdot PS \leq 20\,000$ mm $\cdot$ bar und DN $\leq$ 1000 verzichtet werden, wenn die Voraussetzungen entsprechend Abschnitt 6.8 erfüllt sind.

6.4.2 Für Flansche aus Stählen der Prüfgruppen 1 (2), 2 bis 5 und 7 der Tafel 2 ist über die Ergebnisse der Prüfungen eine Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204 anzufertigen, deren Art sich aus sinngemäßer Anwendung der entsprechenden Festlegungen in den AD 2000-Merkblättern W 1, W 2 oder W 13 ergibt. Über die Art der Wärmebehandlung und den ordnungsgemäßen Wärmebehandlungszustand ist vom Hersteller ein Werkszeugnis nach DIN EN 10204 (Muster s. Anhang) auszustellen.

6.5 Für Flansche nach den Abschnitten 2.3 und 2.4 sind die für das Vormaterial gemäß den AD 2000-Merkblättern W 1, W 2, W 10 und W 13 erforderlichen Prüfbescheinigungen beizubringen. Im Rahmen der Fertigung muss durch Umstempelung eine eindeutige Zuordnung von Vormaterial und Endprodukt sichergestellt sein.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 4 — Umfang der Prüfungen an Flanschen gemäß den Abschnitten 2.1.1 und 2.1.2

Flansche gemäß Abschnitt	Stückgewicht[1] in kg	Einteilung in Prüflose gemäß Abschnitt	Umfang der Prüfungen je Prüflos[2]		
			Härteprüfung	Zugversuch	Kerbschlag-biegeversuch[3]
2.1.1	≤ 300	4.2.1	keine[4]	1	1
	> 300	4.2.2		2	2
2.1.2 (normalgeglüht)	–	4.2.2			
2.1.2 (vergütet)		4.2.3	100 %[5]	2[6]	2[6]

1) Freiformgeschmiedete Flansche mit Stückgewichten > 300 kg werden einzeln geprüft.

2) Verminderung des Prüfumfangs siehe Abschnitte 4.2.2 und 4.2.3.

3) Je Kerbschlagbiegeversuch werden 3 Proben geprüft.

4) Bei Flanschen, die einer getrennten, aber gleichartigen Wärmebehandlung unterzogen worden sind, kann für die Zusammenfassung zu einem Prüflos die Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung durch Härteprüfung an 10 %, mindestens aber an 3 Flanschen, nachgewiesen werden.

5) Für Flansche in Serienfertigung (mindestens 50 Stück einer Schmelze und gleicher Abmessung) Härteprüfung an 10 %, mindestens jedoch 20 Flanschen.

6) Die Proben sind den Flanschen zu entnehmen, an denen bei der Härteprüfung die geringste und höchste Härte ermittelt wurde.

6.6 Für Flansche nach Abschnitt 2.5 gemäß AD 2000-Merkblatt W 5.

6.7 Für Flansche nach Abschnitt 2.6 entsprechend den Festlegungen der Eignungsfeststellung.

6.8 Bei Verzicht auf ein Werkszeugnis wird vorausgesetzt, dass der Hersteller die als Grundlage für die Ausstellung eines Werkszeugnisses notwendigen Prüfungen laufend durchgeführt hat und die Ergebnisse zur jederzeitigen Einsichtnahme durch die zuständige unabhängige Stelle bereithält.

Hierzu ist eine Vereinbarung zwischen dem Flanschenhersteller und der zuständigen unabhängigen Stelle erforderlich.

6.9 Werden aus geschmiedeten oder gegossenen Flanschenrohlingen durch mechanische Bearbeitung oder aus Blechen bzw. Formstahl und Stabstahl durch mechanisches oder thermisches Trennen ohne Veränderungen der Werkstoffeigenschaften Flansche gefertigt, ist die Sicherstellung der sachgemäßen Bearbeitung, Prüfung und Umstempelung der Flansche durch eine Vereinbarung zwischen Hersteller und der zuständigen unabhängigen Stelle zu regeln.

6.10 Die Durchführung der Härteprüfung und die Verwechslungsprüfung sind zu bescheinigen.

7 Kennwerte für die Bemessung

7.1 Für Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.1.1 gelten bis 50 °C die in DIN EN 10250-2 für Raumtemperatur angegebenen Werte der Streckgrenze; für Berechnungstemperaturen von 100 °C bis 300 °C gelten die Werte der Tafel 5.

Für Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.1.2 gelten die in DIN EN 10222-4, DIN EN 10273, DIN 17102 und DIN 17103 festgelegten Werte. Zusätzlich gelten für die Stähle P285NH in Dicken bis 35 mm, P355NH und P460NH in Dicken bis 50 mm ab 200 °C die Werte der Tafel 5.

Für Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.1.3 gelten die in DIN EN 10222-2 festgelegten Werte. Abweichend hiervon gelten für Flansche aus Stahl X10CrMoVNb9-1 die im VdTÜV-Werkstoffblatt 511/3 festgelegten Werte.

Für Flansche aus Stahl nach Abschnitt 2.1.4 gelten bis 50 °C die in DIN EN 10222-3 für Raumtemperatur angegebenen Werte der Streckgrenze. Für den kurzzeitigen Betrieb bei höheren Temperaturen gelten die Werte der Tafel 3a im AD 2000-Merkblatt W 10.

7.2 Für Flansche aus Stählen nach den Abschnitten 2.2 bis 2.5 gelten die in den entsprechenden AD 2000-Merkblättern angegebenen Werte.

7.3 Für Flansche aus Stählen nach Abschnitt 2.6 gelten die bei der Eignungsfeststellung festgelegten Werte.

7.4 Die in den Werkstoffspezifikationen oder Eignungsfeststellungen für 20 °C angegebenen Kennwerte gelten bis 50 °C, die für 100 °C angegebenen Werte bis 120 °C. In den übrigen Bereichen ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren (z. B. für 80 °C zwischen 20 °C und 100 °C und für 180 °C zwischen 100 °C und 200 °C), wobei eine Aufrundung nicht zulässig ist. Für Werkstoffe mit Einzelgutachten gilt die Interpolationsregel nur bei hinreichend engem Abstand[2] der Stützstellen.

2) In der Regel wird hierunter ein Temperaturabstand von 50 K im Bereich der Warmstreckgrenze und von 10 K im Bereich der Zeitstandfestigkeit verstanden.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tabelle 5 — Kennwerte für die Bemessung bei höheren Temperaturen für Stähle nach DIN EN 10250-2 und DIN EN 10222-4

Stahlsorte	Nenndicke	Kennwerte K bei Berechnungstemperatur °C					
		100	200	250	300	350	400
	mm	MPa					
S235JRG2 S235J2G3	≤ 16	187	161	143	122	–	–
	> 16 bis ≤ 40	180	155	136	117	–	–
	> 40 bis ≤ 100	173	149	129	112	–	–
	> 100 bis ≤ 150	159	137	115	102	–	–
S355J2G3	≤ 16	254	226	206	186	–	–
	> 16 bis ≤ 40	249	221	202	181	–	–
	> 40 bis ≤ 63	234	206	186	166	–	–
	> 63 bis ≤ 80	224	196	176	156	–	–
	> 80 bis ≤ 100	214	186	166	146	–	–
	> 100 bis ≤ 150	194	166	146	126	–	–
P285NH	≤ 35[1)]	–	206	186	157	137	118
P355NH	≤ 50[1)]	–	255	235	216	196	167
P460NH	≤ 50[1)]	–	343	314	294	265	235

[1)] Dicke des maßgeblichen Querschnitts

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Anhang zum AD 2000-Merkblatt W 9

Muster

Werkszeugnis nach DIN EN 10204

Warmumgeformte, abbrennstumpfgeschweißte Stahlflansche aus geschmiedeten Stäben, Blechstreifen oder gewalztem Stahl unter Beachtung von AD 2000-Merkblatt W 9

Anerkennung durch (zuständige unabhängige Stelle) _____

vom _____

Pos.	Stück	Benennung und Abmessung	Werkstoff	Schmelze	Probe

- ☐ Wärmebehandlung der Flansche nach dem Biegen und Schweißen nicht erforderlich, entsprechend dem Gutachten des (zuständige unabhängige Stelle) _____
- ☐ Normalglühen bei _____°C, Abkühlen an ruhender Luft
- ☐ Vergüten: Austenitisieren bei _____°C, Abschrecken in _____ , Anlassen bei _____°C
- ☐ Lösungsglühen bei _____°C, Abschrecken in Wasser bei 20 °C
- ☐ Wir bestätigen, dass die Ultraschallprüfung der Ausgangsbleche entsprechend AD 2000-Merkblatt B 8 durchgeführt wurde.

Prüfung der Flansche:

Besichtigung und Ausmessung: ohne Beanstandung

- ☐ Oberflächenprüfung: ohne Beanstandung
- ☐ Ultraschallprüfung: ohne Beanstandung
- ☐ Durchstrahlungsprüfung: ohne Beanstandung

Die Teile wurden, soweit erforderlich, umgestempelt und mit dem Herstellerzeichen versehen.

Hinweis:

Dieses Muster erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, siehe hierzu z. B. DIN EN 10204 und DIN EN 10168.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2016**

Werkstoffe für Druckbehälter	Werkstoffe für tiefe Temperaturen Eisenwerkstoffe	AD 2000-Merkblatt W 10

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Geeignete Werkstoffe	2
3	Beanspruchungsfälle	2
4	Tiefste Betriebstemperatur	3
5	Prüfung der Werkstoffe und Nachweis der Güteeigenschaften	3
6	Kennwerte für die Bemessung	3

Ersatz für Ausgabe November 2007; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Erzeugnisse aus Eisenwerkstoffen wie Bleche, Rohre, Stäbe (z. B. Schraubenwerkstoffe), Schmiedestücke (z. B. Flansche) und Gussstücke, die zum Bau von Druckbehältern, Rohrleitungen und Ausrüstungsteilen mit innerem oder äußerem Überdruck für Betriebstemperaturen unter −10 °C verwendet werden. Es ergänzt die anderen AD 2000-Merkblätter.

1.2 Alternativ zu diesem AD 2000-Merkblatt können die Verfahren zur Vermeidung von Sprödbruch gemäß DIN EN 13445-2 angewendet werden.

2 Geeignete Werkstoffe

2.1 Stahl

2.1.1 Die Stahlsorten und Stahlgusssorten der Tafel 1 sind bei den Beanspruchungsfällen I bis III bis zu den angegebenen tiefsten Betriebstemperaturen geeignet. Die Temperaturen gelten für die Erzeugnisformen und Dicken, Durchmesser oder Wanddicken nach den Normen, Stahl-Eisen-Werkstoffblättern, VdTÜV-Werkstoffblättern, AD 2000-Merkblättern und Tafel 1.

Bei Unterschreitung der in Tafel 1 genannten tiefsten Anwendungstemperaturen und bei anderen Erzeugnisformen, Dicken, Durchmessern oder Wanddicken ist die Eignungsfeststellung für den Einzelfall erforderlich.

2.1.2 Für Stahlsorten und Stahlgusssorten nach anderen Werkstoffspezifikationen gelten die Anwendungsgrenzen der vergleichbaren Stahlsorten und Erzeugnisformen nach Tafel 1. Für ihre Verwendung ist die Eignungsfeststellung erforderlich. Bei plattierten Stahlsorten ist nachzuweisen, dass der Grundwerkstoff im Zustand nach der letzten Wärmebehandlung für die Verwendung bei tiefen Temperaturen geeignet ist.

2.2 Gusseisen

2.2.1 Gusseisen mit Kugelgraphit nach AD 2000-Merkblatt W 3/2 kann für Armaturen[1)] und Anbauteile mit den im AD 2000-Merkblatt B 0 genannten Sicherheitsbeiwerten nur bis −10 °C verwendet werden. Im Beanspruchungsfall II kann Gusseisen mit Kugelgraphit nur im wärmebehandelten Zustand (in der Regel spannungsarmgeglüht) bis herab zu −60 °C eingesetzt werden.

2.2.2 Austenitisches Gusseisen mit Lamellengraphit nach AD 2000-Merkblatt W 3/3 kann für Armaturen[1)] und Anbauteile mit den im AD 2000-Merkblatt W 3/3 genannten Sicherheitsbeiwerten bis herab zu −60 °C verwendet werden.

2.2.3 Andere Gusseisensorten können verwendet werden, wenn ihre Güteeigenschaften und ihre Eignung für tiefe Temperaturen durch Eignungsfeststellung der zuständigen unabhängigen Stelle bestätigt sind.

3 Beanspruchungsfälle

Die Einteilung nach den Abschnitten 3.1 bis 3.3 gilt unter Beachtung der Festlegungen für die Wärmebehandlung nach AD 2000-Merkblatt HP 7/2 oder HP 7/3 und der Festlegungen für das Spannungsarmglühen nach Tafel 2 für statische oder quasi-statische Beanspruchung ohne besondere Beanspruchung, z. B. Korrosion.

Baustellengefertigte Druckbehälter sind Druckbehälter des Beanspruchungsfalles I, soweit kein anderer Beanspruchungsfall nachgewiesen wird. Schrauben gelten als Bauteile des Beanspruchungsfalles I. Bei Bestimmung der tiefsten Betriebstemperatur der Schraube kann die gegebenenfalls vorhandene Temperaturdifferenz zwischen Schraube und Beschickungsmittel berücksichtigt werden.

3.1 Beanspruchungsfall I

Druckbehälter und Bauteile von Druckbehältern des Beanspruchungsfalles I sind solche, bei denen für die Werkstoffe die Festigkeitskennwerte der AD 2000-Merkblätter der Reihe W mit den in AD 2000-Merkblatt B 0 genannten Sicherheitsbeiwerten voll ausgenutzt werden.

3.2 Beanspruchungsfall II

Druckbehälter und Bauteile von Druckbehältern des Beanspruchungsfalles II sind solche, bei denen für die Werkstoffe die Festigkeitskennwerte der AD 2000-Merkblätter der Reihe W mit den im AD 2000-Merkblatt B 0 genannten Sicherheits-

1) Unter Beachtung von AD 2000-Merkblatt A 4.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

beiwerten nur bis zu 75 % ausgenutzt werden und bei denen durch geeignete Gestaltung und Herstellung Spannungsspitzen weitgehend vermieden werden und auch im Betrieb die Entstehung von Anrissen nicht zu erwarten ist.

Die Bemessung der Druckbehälterteile erfolgt in der Weise, dass entweder der Sicherheitsbeiwert um den Faktor $^4/_3$ vergrößert wird oder, soweit für die Bemessung der Dampfdruck des Beschickungsmittels maßgebend ist, die Temperaturabhängigkeit des Dampfdruckes berücksichtigt wird. Dabei darf der Dampfdruck 75 % des Berechnungsdruckes p nicht überschreiten.

Unabhängig von den Festlegungen im AD 2000-Merkblatt HP 7/2 ist zur Verminderung der Eigenspannungen ein Spannungsarmglühen erforderlich. Hierauf kann bei Wanddicken $\leq$ 10 mm bei den Stahl- und Stahlgusssorten der Prüfgruppe 1 und bei den Stahlsorten (außer Stahlgusssorten) der Prüfgruppe 5.1 der Tafel 1b des AD 2000-Merkblattes HP 0 verzichtet werden. Für die anderen Prüfgruppen ist, soweit nach AD 2000-Merkblatt HP 0 Tafel 1b auf die Wärmebehandlung nach dem Schweißen verzichtet werden kann, ein Verzicht auf Spannungsarmglühen möglich, wenn an einer getrennt geschweißten Probe ausreichende Zähigkeit nachgewiesen wird.

Darüber hinaus kann bei Druckbehältern aus Stahl- und Stahlgusssorten der Prüfgruppe 1 und aus Stahlsorten (außer Stahlgusssorten) der Prüfgruppe 5.1 der Tafel 1b des AD 2000-Merkblattes HP 0 bei Wanddicken $>$ 10 mm bis $\leq$ 20 mm auf das Spannungsarmglühen verzichtet werden, wenn der Sicherheitsbeiwert um den Faktor 2 vergrößert wird oder der Dampfdruck 50 % des Berechnungsdruckes p nicht überschreitet.

3.3 Beanspruchungsfall III

Druckbehälter und Bauteile von Druckbehältern des Beanspruchungsfalles III sind solche, bei denen für die Werkstoffe die Festigkeitskennwerte der AD 2000-Merkblätter der Reihe W mit den in AD 2000-Merkblatt B 0 genannten Sicherheitsbeiwerten nur bis 25 % ausgenutzt werden und bei denen durch geeignete Gestaltung und Herstellung Spannungsspitzen weitgehend vermieden werden und auch im Betrieb die Entstehung von Anrissen nicht zu erwarten ist.

Die Bemessung der Druckbehälterteile erfolgt in der Weise, dass entweder der Sicherheitsbeiwert um den Faktor 4 vergrößert wird oder, soweit für die Bemessung der Dampfdruck des Beschickungsmittels maßgebend ist, die Temperaturabhängigkeit des Dampfdruckes berücksichtigt wird. Dabei darf der Dampfdruck 25 % des Berechnungsdruckes p nicht überschreiten.

Unabhängig von den Festlegungen im AD 2000-Merkblatt HP 7/2 ist zur Verminderung der Eigenspannungen ein Spannungsarmglühen erforderlich. Bei den Stahlsorten der Zeile 1 der Tafel 1, die normalerweise nicht für den Einsatz bei Temperaturen unter -10 °C vorgesehen sind, kann bei Wanddicken $>$ 20 mm nur dann auf das Spannungsarmglühen verzichtet werden, wenn an einer getrennt geschweißten Probe ausreichende Zähigkeit bei Raumtemperatur nachgewiesen wird.

3.4 Sonstige Beanspruchungsfälle

Bei Druckbehältern, die nicht den Beanspruchungsfällen nach den Abschnitten 3.1 bis 3.3 zugeordnet werden können, werden Werkstoff, tiefste Betriebstemperatur, Herstellungs- und Prüfbedingungen in sinngemäßer Anwendung der Regelungen dieses AD 2000-Merkblattes im Einvernehmen zwischen Hersteller, Betreiber und zuständiger unabhängiger Stelle festgelegt.

4 Tiefste Betriebstemperatur

Die tiefsten Betriebstemperaturen für die verschiedenen Beanspruchungsfälle sind in Tafel 1 angegeben. Die tiefste Betriebstemperatur für den Beanspruchungsfall I wurde so festgelegt, dass der Werkstoff bei dieser Temperatur noch eine ausreichende Zähigkeit besitzt. Die geringere Zähigkeit der Werkstoffe bei den tieferen Betriebstemperaturen der Beanspruchungsfälle II und III wird durch die in den Abschnitten 3.2 und 3.3 festgelegten besonderen Bedingungen in Hinsicht auf eine gleiche Sprödbruchsicherheit berücksichtigt.

5 Prüfung der Werkstoffe und Nachweis der Güteeigenschaften

5.1 Die Werkstoffe nach den Abschnitten 2.1.1, 2.2.1 und 2.2.2 werden entsprechend den Festlegungen in den zutreffenden Normen, Stahl-Eisen-Werkstoffblättern, VdTÜV-Werkstoffblättern und AD 2000-Merkblättern geprüft. Für den Zähigkeitsnachweis gilt Tafel 1, Spalte 8 bis 10.

Der Nachweis der Güteeigenschaften ist nach Tafel 1, Spalte 11, zu führen.

5.2 Für Prüfung und Nachweis der Güteeigenschaften von Werkstoffen nach anderen Werkstoffspezifikationen gelten die Festlegungen in der Eignungsfeststellung.

6 Kennwerte für die Bemessung

Es gelten die in den AD 2000-Merkblättern der Reihe W oder in der Eignungsfeststellung für Raumtemperatur festgelegten Werte. Werden für Stahlsorten nach DIN EN 10028-4, DIN EN 10216-4, DIN EN 10217-4, DIN EN 10217-6, DIN EN 10222-3, DIN EN 10269 sowie Stahlgusssorten nach DIN EN 10213-3 oder SEW 685 Rechenwerte für die 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhten Temperaturen benötigt, gelten die Werte nach Tafel 3 a, 3 b und 3 c. Sie gelten für den kurzzeitigen Betrieb. Beim langzeitigen Einsatz kann eine Beeinträchtigung des Zähigkeitsverhaltens bei tiefen Temperaturen eintreten.

Bei Schweißverbindungen ist gegebenenfalls der für den Schweißzusatz in der Eignungsfeststellung festgelegte niedrigere Kennwert für die Bemessung zu berücksichtigen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 — Stahlsorten und Stahlgusssorten für tiefe Temperaturen

Lfd. Nr.	Stahlart	Stahlsorte, Stahlgusssorte	Tiefste Betriebstemperatur °C bei Beanspruchungsfall			Größte zulässige Dicke, bei Rohren Wanddicke	Größter zulässiger Durchmesser	Zähigkeitsnachweis			Nachweis der Güteeigenschaften (Bescheinigung gemäß DIN EN 10204)
			I	II	III	mm		Probenform, Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang	Prüftemperatur °C	Anforderungen[9]	
1	2	3	4	5	6	7[13]		8	9	10	11
1	Stahlsorten und Stahlgusssorten nach den AD 2000-Merkblättern W 1, W 4, W 5, W 8, W 9, W 12 und W 13. Unberuhigte und halbberuhigte Stahlsorten sind bei Betriebstemperaturen unter −10 °C ausgeschlossen.	Geeignete Stahlsorten oder Stahlgusssorten nach Spalte 2	−10	−60	−85	Entsprechend den Festlegungen in den in Spalte 2 genannten AD 2000-Merkblättern[12]					
2	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle nach DIN 17102 (nur gewalzte Langerzeugnisse), DIN 17103, DIN EN 10028-3, DIN EN 10222-4 und DIN EN 10273 in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 351 bis 358	Grund- und warmfeste Reihe (W) StE 255, StE 285, (W) StE 315, StE 355, (W) StE 380, (W) StE 420, StE 460, (W) StE 500, P275N (NH) bis P460N (NH), P285QH, P355QH1, P420QH	−20	−70	−100	70[1]	70[1]	Proben mit V-Kerb; Probenlage entsprechend DIN 17102, DIN 17103, DIN EN 10028-1, DIN EN 10222-1 bzw. DIN EN 10273; Probenrichtung und Prüfumfang entsprechend dem für die jeweilige Erzeugnisform geltenden AD 2000-Merkblatt der Reihe W	−20	Nach DIN 17102, DIN 17103, DIN EN 10028-3, DIN EN 10222-4 und DIN EN 10273	(W) StE 255, StE 285, P275N (NH) und P285NH (QH): Abnahmeprüfzeugnis 3.1; (T; E) StE 255 bis (T; E) StE 285, P275NL1 (NL2), (W; T; E) StE 315 bis (W; T; E) StE 500, P355NH (QH1; NL1; NL2), P420QH und P460N (NH; NL1; NL2): Abnahmeprüfzeugnis 3.2, jedoch Flacherzeugnisse aus P355N (NH) nach DIN EN 10028-3 gemäß AD 2000-Merkblatt W 1
		Kaltzähe Reihe TStE 255 bis TStE 420 und P275NL1, P355NL1	−60	−110	−140	60[1]	60[1]		−40		
		TStE 460, P460NL1	−50	−100	−130	20[1]	20[1]				
		TStE 500	−40	−90	−120	20[1]	20[1]				
		Kaltzähe Sonderreihe EStE 255 bis EStE 315 und P275NL2	−70	−120	−150	60[1]	60[1]		−50		
		EStE 355 bis EStE 420 und P355NL2	−60	−110	−140	60[1]	60[1]				
		EStE 460, EStE 500 und P460NL2	−60	−110	−140	20[1]	20[1]				
	Nahtlose und geschweißte Rohre aus legierten Feinkornbaustählen nach DIN EN 10216-3 und DIN EN 10217-3 in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352, 354 und 357	P355N (NH), P460N (NH)	−20	−70	−100	≤ 40[1]	–	Proben mit V-Kerb; Probenlage und Probenrichtung entsprechend DIN EN 10216-3 oder DIN EN 10217-3 und AD 2000-Merkblatt W 4	−20	Nach DIN EN 10216-3 oder DIN EN 10217-3	Abnahmeprüfzeugnis 3.2[11]
						> 40 ≤ 65 [1)4)]			−10		
		P275NL1, P355NL1	−60	−110	−140	≤ 40[1]	–		−40		
						> 40 ≤ 65 [1)4)]			−30		
		P460NL1	−50	−100	−130	≤ 20[1]	–		−40		
		P275NL2	−70	−120	−150	≤ 40[1]	–		−50		
		P355NL2	−60	−110	−140						
		P460NL2	−60	−110	−140	≤ 20[1]	–				

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

Lfd. Nr.	Stahlart	Stahlsorte, Stahlgusssorte	Tiefste Betriebstemperatur °C bei Beanspruchungsfall			Größte zulässige Dicke, bei Rohren Wanddicke	Größter zulässiger Durchmesser	Zähigkeitsnachweis		Anforderungen[9]	Nachweis der Güteeigenschaften (Bescheinigung gemäß DIN EN 10204)
			I	II	III	mm		Probenform, Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang	Prüftemperatur °C		
1	2	3	4	5	6	7[13]		8	9	10	11
3	Nichtrostende austenitische und autenitisch-ferritische Stähle nach DIN EN 10028-7 (kaltgewalztes Band nur bis 6 mm, warmgewalztes Band nur bis 12 mm Dicke), DIN EN 10222-5, DIN EN 10629 (nur im Wärmebehandlungszustand +AT) und DIN EN 10272	Kurzname Werkstoff-Nr.						Proben mit V-Kerb; Probenlage, Probenrichtung entsprechend DIN EN 10028-1, DIN EN 10222-1, DIN EN 10269, DIN EN 10272 und AD 2000-Merkblatt W 2			
		X5CrNi18-10 1.4301	–200	–255	–273	75	250		+20	Nach AD 2000-Merkblatt W 2	Abnahmeprüfzeugnis 3.1 oder 3.2 nach AD 2000-Merkblatt W 2, wobei als untere Temperaturgrenze für Abnahmeprüfzeugnis 3.1 die tiefsten Betriebstemperaturen in Spalte 4 gelten
		X4CrNi18-12 1.4303					160				
		X2CrNi18-9 1.4307					250				
		X5CrNi18-9 1.4315					–				
		X6CrNiNb18-10 1.4550					450				
		X5CrNiMo17-12-2 1.4401					250				
		X2CrNiMo17-12-2 1.4404					250				
		X2CrNiMo17-12-3 1.4432					250				
		X6CrNiMoNb17-12-2 1.4580					250				
		X1NiCrMoCuN25-20-7 1.4529					250				
		X1CrNiMoCuN25-25-5 1.4537					–				
		X1NiCrMoCu25-20-5 1.4539					250				
		X1CrNiMoCuN20-18-7 1.4547					250				
		X2CrNiMoN17-13-5[7] 1.4439					160				
		X3CrNiMo18-12-3 1.4449					450				
		X2CrNi19-11 1.4306	–273[2]	–273	–273		250				
		X6CrNiTi18-10 1.4541					450				
		X6CrNiMoTi17-12-2 1.4571					450				
		X2CrNiN18-10 1.4311					250				
		X1CrNi25-21 1.4335	–273	–273	–273		–				
		X2CrNiMoN17-11-2 1.4406					250				
		X2CrNiMoN17-13-3 1.4429					400				
		X2CrNiMoN18-12-4 1.4434					–				
		X2CrNiMo18-14-3 1.4435					250				
		X3CrNiMo17-13-3 1.4436					–				
		X2CrNiMo18-15-4 1.4438					–				
		X1CrNiMoN25-22-2 1.4466					–				
		X1NiCrMoCu31-27-4 1.4563					250				
		X2CrNiMoN22-5-3[7] 1.4462	–40	–60	–60		400		–40		Abnahmeprüfzeugnis 3.2
		X2CrNiN23-4[7] 1.4362		–40	–40		160				
		X2CrNiMoCuN25-6-3 1.4507									
		X2CrNiMoN25-7-4[7] 1.4410									
		X2CrNiMoCuWN25-7-4 1.4501									

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

Lfd. Nr.	Stahlart	Stahlsorte, Stahlgusssorte		Tiefste Betriebstemperatur °C bei Beanspruchungsfall			Größte zulässige Dicke, bei Rohren Wanddicke	Größter zulässiger Durchmesser	Zähigkeitsnachweis			Nachweis der Güteeigenschaften (Bescheinigung gemäß DIN EN 10204)
				I	II	III	mm		Probenform, Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang	Prüftemperatur °C	Anforderungen[9]	
1	2	3		4	5	6	7[13]		8	9	10	11
3	Nahtlose Rohre aus austenitischen und austenitisch-ferritischen nichtrostenden Stählen nach DIN EN 10216-5 Geschweißte Rohre aus austenitischen und austenitisch-ferritischen nichtrostenden Stählen nach DIN EN 10217-7	X5CrNi18-10	1.4301	–200	–255	–273	50	–	Proben mit V-Kerb; Probenlage, Probenrichtung entsprechend DIN EN 10216-5 oder DIN EN 10217-7 und AD 2000-Merkblatt W 2	+20	Nach DIN EN 10216-5 oder DIN EN 10217 -7	Abnahmeprüfzeugnis 3.1 oder 3.2 nach AD 2000-Merkblatt W 2, wobei als untere Temperaturgrenze für Abnahmeprüfzeugnis 3.1 die tiefsten Betriebstemperaturen in Spalte 4 gelten
		X2CrNi18-9	1.4307									
		X6CrNiNb18-10	1.4550									
		X5CrNiMo17-12-2	1.4401									
		X2CrNiMo17-12-2	1.4404									
		X2CrNiMo17-12-3	1.4432									
		X2CrNiMoN17-13-5[7]	1.4439									
		X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529									
		X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539									
		X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547									
		X6CrNiMoNb17-12-2[4]	1.4580									
		X2CrNi19-11	1.4306	–273[2]	–273	–273						
		X6CrNiTi18-10	1.4541									
		X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571									
		X2CrNiN18-10	1.4311									
		X1CrNi25-21	1.4335	–273	–273	–273						
		X2CrNiMoN17-13-3	1.4429									
		X2CrNiMo18-14-3[3]	1.4435									
		X3CrNiMo17-13-3	1.4436									
		X2CrNiMo18-15-4	1.4438									
		X1CrNiMoN25-22-2	1.4466									
		X1NiCrMoCu31-27-4	1.4563									
		X2CrNiMoN22-5-3[7]	1.4462	–40	–60	–60	30			–40		Abnahmeprüfzeugnis 3.2
		X2CrNiN23-4[7]	1.4362		–40	–40						
		X2CrNiMoCuN25-6-3[4]	1.4507									
		X2CrNiMoN25-7-4[7]	1.4410									
		X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501									
		X2CrNiMoSi18-5-3[4]	1.4424									
	Nichtrostende austenitische Stahlgusssorten nach DIN EN 10213-4	GX5CrNi19-10	1.4308	–200	–255	–273	30[5]	–	Proben mit V-Kerb; Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang nach DIN EN 10213-1 und AD 2000-Merkblatt W 5	+20	Nach DIN EN 10213-4	Abnahmeprüfzeugnis 3.2[11]
		GX5CrNiNb19-11	1.4552	–105	–165	–200	150[5]			+20		
		GX5CrNiMo19-11-2	1.4408	–200	–255	–273	150[5]			–196[10]		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

Lfd. Nr.	Stahlart	Stahlsorte, Stahlgusssorte	Tiefste Betriebstemperatur °C bei Beanspruchungsfall			Größte zulässige Dicke, bei Rohren Wanddicke	Größter zulässiger Durchmesser	Zähigkeitsnachweis			Nachweis der Güteeigenschaften (Bescheinigung gemäß DIN EN 10204)
			I	II	III	mm		Probenform, Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang	Prüftemperatur °C	Anforderungen[9]	
1	2	3	4	5	6	7[13]		8	9	10	11
3	Kaltumgeformte nichtrostende austenitische Schrauben ohne Kopf nach DIN EN ISO 3506-1	A 2 A 3 in den Festigkeits- A 4 klassen 50 und 70 A 5	–200	Nicht vorgesehen	Nicht vorgesehen	Nach AD 2000-Merkblatt W 2		Nicht erforderlich			Nach AD 2000-Merkblatt W 2
	Kaltumgeformte nichtrostende austenitische Schrauben mit Kopf nach DIN EN ISO 3506-1	A 2 A 3 in den Festigkeits- A 4 klassen 50 und 70 A 5	–200 –200 –60 –60								
4	Kaltzähe Stähle nach DIN EN 10028-4	11MnNi5-3 13MnNi6-3	–60	–110	–140	≤ 50	–	Proben mit V-Kerb; Probenlage entsprechend DIN EN 10028-1, DIN EN 10222-1 oder DIN EN 10269; Probenrichtung und Prüfumfang entsprechend dem für die jeweilige Erzeugnisform geltenden AD 2000-Merkblatt der Reihe W	–60	Nach DIN EN 10028-4	Abnahmeprüfzeugnis 3.2[8]
		12Ni14	–105	–155	–185	≤ 50			–100		
		X12Ni5	–120	–170	–200	≤ 25 > 25 ≤ 30 > 30 ≤ 50			–110 –115 –120		
		X8Ni9	–200	–255	–273	≤ 50			–196		
	Stähle für den Einsatz bei tiefen Temperaturen nach DIN EN 10222-3	13MnNi6-3	–60	–110	–140	≤ 70	–		–60	Nach DIN EN 10222-3	
		12Ni14	–100	–150	–180	≤ 70	–		–100		
		X12Ni5	–120	–170	–200	≤ 50	–		–120		
		X8Ni9	–200	–255	–273	≤ 70	–		–196		
	Stähle für den Einsatz bei tiefen Temperaturen nach DIN EN 10269	25CrMo4	–65	Nicht vorgesehen	Nicht vorgesehen	–	≤ 60 > 60 ≤ 100		–60 –50	Nach DIN EN 10269	
		X12Ni5	–120			–	≤ 45 > 45 ≤ 75		–120 –110		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

Lfd. Nr.	Stahlart	Stahlsorte, Stahlgusssorte	Tiefste Betriebstemperatur °C bei Beanspruchungsfall			Größte zulässige Dicke, bei Rohren Wanddicke	Größter zulässiger Durchmesser	Zähigkeitsnachweis			Nachweis der Güteeigenschaften (Bescheinigung gemäß DIN EN 10204)
			I	II	III	mm		Probenform, Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang	Prüftemperatur °C	Anforderungen[9]	
1	2	3	4	5	6	7[13]		8	9	10	11
4	Nahtlose Rohre aus kaltzähen Stählen nach DIN EN 10216-4 Geschweißte Rohre aus kaltzähen Stählen nach DIN EN 10217-4 und DIN EN 10217-6	P215NL	–50	–100	–130	≤ 10	–	Proben mit V-Kerb; Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang entsprechend DIN EN 10216-4, DIN EN 10217-4 oder DIN EN 10217-6 und AD 2000-Merkblatt W 4	–40	Nach DIN EN 10216-4, DIN EN 10217-4 oder DIN EN 10217-6	Abnahmeprüfzeugnis 3.1
		P255QL[4]	–50	–100	–130	≤ 25 > 25 ≤ 40	–		–50 –40		Abnahmeprüfzeugnis 3.2[11]
		P265NL	–50	–100	–130	≤ 25	–		–40		
		26CrMo4-2[4]	–65	–115	–145	≤ 40	–		–60		
		11MnNi5-3[4] 13MnNi6-3[4]	–60	–110	–140	≤ 40	–		–60		
		12Ni14[4]	–105	–155	–185	≤ 25 > 25 ≤ 40	–		–100 –90		
		X12Ni5[4]	–120	–170	–200	≤ 25 > 25 ≤ 40	–		–120 –110		
		X10Ni9[4]	–200	–255	–273	≤ 40	–		–196		
5	Kaltzäher Stahlguss nach DIN EN 10213-3	G17Mn5	–40	–90	–120	≤ 50[5]	–	Proben mit V-Kerb; Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang nach DIN EN 10213-1 bzw. SEW 685 und AD 2000-Merkblatt W 5	–40	Nach DIN EN 10213-3	Abnahmeprüfzeugnis 3.2
		G20Mn5	–40	–90	–120	≤ 100[5]			–40		
		G9Ni10	–70	–120	–150	≤ 35[5]			–70		
		G9Ni14	–90	–140	–170	≤ 35[5]			–90		
		GX3CrNi13-4[6]	–120	–170	–200	≤ 300[5]			–120		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

Lfd. Nr.	Stahlart	Stahlsorte, Stahlgusssorte	Tiefste Betriebstemperatur °C bei Beanspruchungsfall			Größte zulässige Dicke, bei Rohren Wanddicke	Größter zulässiger Durchmesser	Zähigkeitsnachweis		Anforderungen[9]	Nachweis der Güteeigenschaften (Bescheinigung gemäß DIN EN 10204)
			I	II	III	mm		Probenform, Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang	Prüftemperatur °C		
1	2	3	4	5	6	7[13]		8	9	10	11
5	Kaltzäher Stahlguss nach Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 685	G26CrMo4	−50	−100	−130	≤ 75[5]	–	Proben mit V-Kerb; Probenlage, Probenrichtung und Prüfumfang nach DIN EN 10213-1 bzw. SEW 685 und AD 2000-Merkblatt W 5	−50	Nach SEW 685	Abnahmeprüfzeugnis 3.2
		G10Ni6	−50	−100	−130	≤ 35[5]			−50		
		GX6CrNi18-10	−255	−273	−273	≤ 250[5]			−196		

1) Wenn die Betriebstemperatur höher liegt als die tiefste zulässige Betriebstemperatur, erhöht sich die größte zulässige Dicke oder der größte zulässige Durchmesser um 2 mm/K.

2) Bei tiefsten Betriebstemperaturen tiefer als −200 °C bis −273 °C Prüfung der Kerbschlagarbeit bei −196 °C mit Proben mit V-Kerb, Mindestanforderung 60 J für Dicken bzw. Wanddicken ≥ 10 mm, bei Stabstahl und Schmiedestücken bei Durchmessern ≥ 15 mm.

3) Bei geschweißten Rohren nur, wenn ohne Zusatz geschweißt.

4) Nur für nahtlose Rohre.

5) Größte maßgebende Wanddicke.

6) In Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 452.

7) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 405, 418, 496 oder 508.

8) Für Muttern und Stabstahl für Muttern gelten die Regelungen des AD 2000-Merkblattes W 7.

9) Sofern eine Kerbschlagbiegeprüfung in Spalte 8 gefordert wird, gelten die Anforderungen der Werkstoffnorm, jedoch mindestens 27 J Kerbschlagarbeit.

10) Sofern in der Bestellung nichts anderes vereinbart, kann die Prüfung bei Raumtemperatur ausgeführt werden, wenn der Hersteller der zuständigen unabhängigen Stelle die Einhaltung der gestellten Anforderungen mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen hat. Im Abnahmeprüfzeugnis ist auf die Zustimmung durch die zuständige unabhängige Stelle zur Prüfung bei Raumtemperatur hinzuweisen.

11) Für Rohre aus den Stahlsorten P255QL, P265NL, P275NL1 sowie P275NL2 mit Wanddicken bis 30 mm sowie für Stahlguss nach AD 2000-Merkblatt W 5, Abschnitt 2.6 mit Stückgewichten < 200 kg genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 anstelle 3.2, wenn das Herstellerwerk der zuständigen unabhängigen Stelle den Nachweis ausreichender statistischer Sicherheit geführt hat. Der Übergang auf ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist dem Herstellerwerk von der zuständigen unabhängigen Stelle zu bestätigen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 aufzuführen. Sofern es nicht im Rahmen laufender eigener Abnahmeprüfungen geschieht, soll sich die zuständige unabhängige Stelle in bestimmten Zeitabständen (etwa 1 bis 2 Jahre) davon überzeugen, dass die Voraussetzungen erhalten geblieben sind.

12) Für Flacherzeugnisse nach AD 2000-Merkblatt W 1 aus warmfesten Stählen nach DIN EN 10028-2 und aus unlegierten Baustählen der Gütestufen J2 und K2 nach DIN EN 10025-2 sind Werte der Kerbschlagarbeit von mindestens 27 J bei einer Temperatur von −20 °C spezifiziert oder können vereinbart werden. Sofern diese Werte im Abnahmeprüfzeugnis nachgewiesen sind, können diese Erzeugnisse für Betriebstemperaturen herab bis −20 °C im Beanspruchungsfall I verwendet werden.

13) Andere Durchmesser/Wanddicken sind zulässig, sofern in den VdTÜV-Werkstoffblättern eine herstellerbezogene Eignungsfeststellung vorliegt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Einteilung der Beanspruchungsfälle und Spannungsarmglühen der ferritischen Stahlsorten nach dem Schweißen

Beanspruchungsfall	I	II			III
Sicherheitsbeiwert S_r oder Dampfdruck des Beschickungsmittels	$S_r = S$ 100 %	$S_r = 4/3\ S$ 75 %		$S_r = 2\ S$ 50 %	$S_r = 4\ S$ 25 %
Spannungsarmglühen erforderlich	entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 7/2	abweichend von AD 2000-Merkblatt HP 7/2 bei Wanddicken[1] in mm			entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 7/2[4]
		≤ 10[2]	> 10	> 10 ≤ 20[3]	> 20
	Für Stähle der Prüfgruppe 5.4 bedeutet bei austenitischer Schweißung oder mit Nickelbasislegierung durchgeführter Schweißung eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen nicht immer eine Verbesserung der Eigenschaften; deswegen ist sie im Einzelfall besonders zu vereinbaren.				

1) Die maßgebende Wanddicke ist die Dicke der drucktragenden Behälterwand oder die maßgebende Schweißnahtdicke; bei Böden, Aufschweißflanschen und ähnlichen Teilen die Dicke der Schweißnaht.

2) Nur bei Stahlsorten der Prüfgruppen 4.1, 4.2, 5.2, 5.3 entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 0, Tafel 1 b. Auf das Spannungsarmglühen kann bei diesen Stahlsorten verzichtet werden, wenn an einer getrennt geschweißten Probe ausreichende Zähigkeit nachgewiesen wird.

3) Nur bei Stahlsorten der Prüfgruppen 4.1, 4.2, 5.2, 5.3 entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 0, Tafel 1 b.

4) Bei den Stählen der Zeile 1 in Tafel 1, die normalerweise nicht für den Einsatz bei Temperaturen unter −10 °C vorgesehen sind, kann bei Wanddicken > 20 mm nur dann auf das Spannungsarmglühen verzichtet werden, wenn an einer getrennt geschweißten Probe ausreichende Zähigkeit nachgewiesen wird.

Tafel 3 a — Festigkeitskennwerte K bei Berechnungstemperaturen[1] für die Stahlsorten nach DIN EN 10028-4, DIN EN 10216-4, DIN EN 10217-4, DIN EN 10217-6, DIN EN 10222-3 und DIN EN 10269 in den in Betracht kommenden Erzeugnisformen und Abmessungen

Stahlsorte		DIN EN 10216-4[3]	DIN EN 10222-3	DIN EN 10028-4	DIN EN 10269	Festigkeitskennwerte K bei der Berechnungstemperatur			
Kurzname	Werkstoff-Nr.	Wanddicke T	Dicke[2]		Durchmesser	100 °C	200 °C	250 °C	300 °C
		mm	mm		mm	MPa	MPa	MPa	MPa
P215NL	1.0451	≤ 10	in diesen Normen nicht enthalten			175	145	130	115
P255QL	1.0452	≤ 40	in diesen Normen nicht enthalten			185	155	140	125
26CrMo4-2	1.7219	≤ 40	in diesen Normen nicht enthalten			320	300	290	280
25CrMo4	1.7218	in diesen Normen nicht enthalten			≤ 100	428	412	392	363
11MnNi5-3	1.6212	≤ 40	in dieser Norm nicht enthalten	≤ 50	in dieser Norm nicht enthalten	210	170	155	140
13MnNi6-3	1.6217	≤ 40	≤ 70	≤ 50	in dieser Norm nicht enthalten	260	220	205	190
12Ni14	1.5637	≤ 40	≤ 70	≤ 50	in dieser Norm nicht enthalten	245	205	190	170
X12Ni5	1.5680	≤ 40	≤ 50	≤ 50	≤ 75	260	220	200	180
X8Ni9	1.5662	in dieser Norm nicht enthalten	≤ 70	≤ 50	–[4]	370	335	315	300
X10Ni9	1.5682	≤ 40	in diesen Normen nicht enthalten						

1) Siehe Abschnitt 6.

2) Für Erzeugnisse nach DIN EN 10028-4 gilt die Erzeugnisdicke t; für Erzeugnisse nach DIN EN 10222-3 gilt der maßgebliche Querschnitt t_R.

3) Die für die Stahlsorte P215NL (1.0451) nach DIN EN 10216-4 angegebenen Festigkeitskennwerte K und die Wanddicke T gelten auch für die Stahlsorte P215NL (1.0451) nach DIN EN 10217-4 und DIN EN 10217-6. Die Festigkeitskennwerte K für erhöhte Temperaturen liegen für die Stahlsorte P265NL (1.0453) nach DIN EN 10216-4, DIN EN 10217-4 und DIN EN 10217-6 nicht vor.

4) Dieser Stahl für Befestigungselemente ist im AD 2000-Merkblatt W 7 nicht vorgesehen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 b — Festigkeitskennwerte K bei Berechnungstemperaturen[1)] für Stahlgusssorten nach SEW 685

Stahlgusssorte	Werkstoff-Nr.	Maßgebende Wanddicke mm höchstens	Festigkeitskennwerte K bei der Berechnungstemperatur				
			100 °C MPa	150 °C MPa	200 °C MPa	250 °C MPa	300 °C MPa
G26CrMo4	1.7221	75	220	200	195	190	180
G10Ni6	1.5621	35	185	170	155	140	125
GX6CrNi18-10	1.6902	250	130	115	105	95	90

1) Siehe Abschnitt 6.

Tafel 3 c — Festigkeitskennwerte K bei Berechnungstemperaturen[1)] für Stahlgusssorten[2)] nach DIN EN 10213-3

Stahlgusssorte	Werkstoff-Nr.	Maßgebende Wanddicke mm höchstens	Festigkeitskennwerte K bei der Berechnungstemperatur				
			100 °C MPa	150 °C MPa	200 °C MPa	250 °C MPa	300 °C MPa
G20Mn5	1.6220	100	200	190	180	175	170
G9Ni14	1.5638	35	255	235	215	190	175
GX3CrNi13-4	1.6982	300	515	500	485	470	455

1) Siehe Abschnitt 6.

2) Festigkeitskennwerte K für erhöhte Temperaturen liegen für die Stahlgusssorten G17Mn5 und G9Ni10 nach DIN EN 10213-3 nicht vor.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Juni 2014**

Werkstoffe für Druckbehälter	Nahtlose Hohlkörper aus unlegierten und legierten Stählen für Druckbehältermäntel	AD 2000-Merkblatt W 12

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

		Seite
0	Präambel	2
1	Geltungsbereich	2
2	Geeignete Werkstoffe	2
3	Herstellung und Wärmebehandlung	3
4	Prüfungen	3
5	Kennzeichnung	5
6	Nachweis der Güteeigenschaften	5
7	Kennwerte für die Bemessung	5

Ersatz für Ausgabe Juli 2003; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für nahtlose Hohlkörper, Hohlteile und Schüsse — im Folgenden nur Hohlkörper genannt — aus unlegierten und legierten Stählen, die als Mäntel von Druckbehältern bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen herab bis −10 °C betrieben werden.

Die Hohlkörper können durch Schmieden, Pressen, Walzen und Ziehen oder durch mechanische Bearbeitung[1)] hergestellt werden. Sie werden je nach Herstellungsverfahren mit offenen, durch Kümpeln bzw. Einziehen ein- oder beidseitig geschlossenen Enden bzw. mit angepresstem oder angeschmiedetem Boden hergestellt.

Für Mäntel von Druckbehältern aus Rohren, deren Enden nicht umgeformt werden, gilt das AD 2000-Merkblatt W 4 Abschnitt 7.

Für Betriebstemperaturen unter −10 °C gilt zusätzlich AD 2000-Merkblatt W 10.

1.2 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an den Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

2 Geeignete Werkstoffe

Bei innerem oder äußerem Überdruck dürfen die Stahlsorten nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 in den Anwendungsgrenzen nach Tafeln 1 und 2 bzw. nach der Festlegung in der Eignungsfeststellung verwendet werden.

2.1 Hohlkörper, die durch ein- oder beidseitiges Einziehen bzw. Zukümpeln hergestellt werden, können aus nahtlosen Rohren nach den Abschnitten 2.1.1 bis 2.1.4 hergestellt werden. Für den Einsatz gelten die Anwendungsgrenzen der Tafel 1.

2.1.1 Rohre der Güte TR2 nach DIN EN 10216-1 „Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur“.

2.1.2 Nahtlose Rohre nach DIN EN 10216-2 „Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen“ aus den in Tafel 1 zu diesem Merkblatt aufgeführten Stahlsorten. Für die Stahlsorten 15NiCuMoNb5-6-4, 7CrMoVTiB10-10, X11CrMo5, X11CrMo9-1, X10CrMoVNb9-1, X10CrWMoVNb9-2 und X11CrMoWVNb9-1-1 gelten zusätzlich die VdTÜV-Werkstoffblätter 377/2, 533/2, 007/2, 109, 511/2, 552/2 und 522/2.

2.1.3 Nahtlose Rohre nach DIN EN 10216-4 „Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen“.

2.1.4 Nahtlose Rohre nach DIN EN 10216-3 „Rohre aus legierten Feinkornbaustählen“ in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352/2, 354/2 und 357/2, ausgenommen sind P620 und P690.

2.2 Geschmiedete Hohlkörper können aus den Stahlsorten nach den Abschnitten 2.2.1 bis 2.2.3 hergestellt werden. Für den Einsatz gelten die Anwendungsgrenzen der Tafel 2.

2.2.1 Stahlsorten 16Mo3, 13CrMo4-5, 14MoV6-3, 11CrMo9-10, X10CrMoVNb9-1 und X20CrMoV11-1 nach DIN EN 10222-2 „Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter, Teil 2“, einschließlich der Stahlsorte P250GH nach DIN EN 10222-2, Teil 2 (Nationaler Anhang NB). Für die Stahlsorten 14MoV6-3, X10CrMoVNb9-1 und X20CrMoV11-1 gelten zusätzlich die VdTÜV-Werkstoffblätter 184, 511/3 und 110.

2.2.2 Kaltzähe Nickelstähle 13MnNi6-3, 12Ni14, X12Ni5 und X8Ni9 nach DIN EN 10222-3 „Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter, Teil 3“ bis 50 °C. Für den kurzzeitigen Betrieb bei höheren Temperaturen gilt AD 2000-Merkblatt W 10 Tabelle 3a.

2.2.3 Stahlsorten nach DIN EN 10222-4 „Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter, Teil 4“ in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352/3, 354/3 und 356/3.

2.3 Hohlkörper aus anderen Stahlsorten nach Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle; dabei sind auch die Anwendungsgrenzen anzugeben.

1) Bei aus dem Vollen hergestellten Hohlkörpern ist es ggf. erforderlich, abhängig von Werkstoff und Abmessungen die Wärmebehandlung im gebohrten Zustand durchzuführen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Stähle sollen folgenden Bedingungen genügen:

(1) Die Bruchdehnung A soll in Querrichtung (tr) mindestens 14 % betragen. Bei Prüfungen in Längsrichtung (l) soll der Wert zwei Einheiten höher liegen.

(2) Die Kerbschlagarbeit an der V-Probe soll die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen. Der Mittelwert aus drei V-Proben in Querrichtung (tr) bei der tiefsten Betriebstemperatur, jedoch nicht höher als 20 °C, soll mindestens 27 J betragen. Bei Prüfung in Längsrichtung (l) soll der Wert mindestens 43 J betragen.

3 Herstellung und Wärmebehandlung

Die Hohlkörper werden durch Warm- oder Kaltumformung ggf. in Verbindung mit mechanischer Bearbeitung hergestellt. Sie sind nach der Umformung bzw. bei aus dem Vollen hergestellten Teilen unter Beachtung der Fußnote 1 im Ganzen einer dem Werkstoff entsprechenden Wärmebehandlung zu unterziehen.

4 Prüfungen

Für die Prüfung der Hohlkörper sind hinsichtlich der Anforderungen die in den Abschnitten 2.1 und 2.2 genannten DIN EN-Normen und VdTÜV-Werkstoffblätter maßgebend. Für Hohlkörper aus anderen Stahlsorten gelten die Anforderungen der Eignungsfeststellung.

Für die Prüfungen der Hohlkörper gelten die Abschnitte 4.1 bis 4.10. Eine Übersicht geben die Tafeln 3 und 4. Bei den Stahlsorten nach den Abschnitten 2.1.3, 2.1.4 und 2.2.2 erfolgt die Prüfung der Kerbschlagarbeit bei Wanddicken $\geq$ 5 mm, bei Stahlsorten nach den Abschnitten 2.1.1, 2.1.2, 2.2.1 und 2.2.3 bei Wanddicken $\geq$ 10 mm, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt ist. Bei den anderen Stahlsorten nach Abschnitt 2.3 sowie bei Stahlsorten, für die VdTÜV-Werkstoffblätter gelten, erfolgt die Prüfung der Kerbschlagarbeit entsprechend der Eignungsfeststellung.

Die Hohlkörper sind nach der letzten Wärmebehandlung zu prüfen.

Sofern keine Einzelprüfung vorgesehen ist, erfolgt die Prüfung losweise. Ein Los umfasst Hohlkörper aus einer Schmelze, gleichen Durchmessers, gleicher Wanddicke sowie aus einem Wärmebehandlungslos.

4.1 Mechanische Prüfung von Hohlkörpern aus nahtlosen Rohren

4.1.1 Bei Hohlkörpern mit einem Außendurchmesser $<$ 660 mm nach Abschnitt 2.1 sind Zug- und, soweit erforderlich, Kerbschlagbiegeversuche an Probenabschnitten von 2 % der Hohlkörper eines Loses, mindestens aber von zwei Hohlkörpern, durchzuführen. Bei Losgrößen unter 10 genügt die Prüfung an einem Hohlkörper.

Bei der Stahlsorte 16Mo3 ist eine Kerbschlagprüfung bei Nennwanddicken ab $\geq$ 20 mm und bei den Stahlsorten P195GH, P235GH und P265GH ab $\geq$ 30 mm erforderlich.

Abweichende Regelungen sind in Abschnitt 4.1.1.1 festgelegt.

4.1.1.1 Bei Hohlkörpern mit Außendurchmesser $\geq$ 325 bis $<$ 660 mm aus den Stahlsorten 14MoV6-3, 12Ni14 und X12Ni5 sowie Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit $>$ 520 MPa sind Zug- und, soweit erforderlich, Kerbschlagbiegeversuche an Probenabschnitten von 10 % der Hohlkörper eines Loses, mindestens aber von zwei Hohlkörpern, durchzuführen.

4.1.2 Bei Hohlkörpern mit einem Außendurchmesser $\geq$ 660 mm nach Abschnitt 2.1 sind Zug- und Kerbschlagbiegeversuche an Probenabschnitten von 10 % der Hohlkörper eines Loses, mindestens aber von zwei Hohlkörpern, durchzuführen.

Abweichende Regelungen sind in Abschnitt 4.1.2.1 festgelegt.

4.1.2.1 Bei Hohlkörpern aus den Stahlsorten 14MoV6-3, 12Ni14 und X12Ni5 sowie Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit $>$ 520 MPa sind Zug- und Kerbschlagbiegeversuche an Probenabschnitten von einem Ende eines jeden Hohlkörpers durchzuführen. Bei Hohlkörpern aus der Stahlsorte 14MoV6-3 sowie Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit $>$ 520 MPa (außer P460) sind bei Längen $>$ 4 m die Prüfungen an beiden Enden um 180° versetzt durchzuführen.

4.2 Mechanische Prüfung von geschmiedeten Hohlkörpern

4.2.1 Bei Hohlkörpern nach Abschnitt 2.2 mit einem Innendurchmesser $<$ 600 mm sind Zug- und, soweit erforderlich, Kerbschlagbiegeversuche an Probenabschnitten von 2 % der Hohlkörper eines Loses, mindestens aber von zwei Hohlkörpern, durchzuführen. Bei Losgrößen unter 10 genügt die Prüfung an einem Hohlkörper.

Abweichende Regelungen sind in Abschnitt 4.2.1.1 festgelegt.

4.2.1.1 Bei Hohlkörpern mit Innendurchmessern $\geq$ 300 bis $<$ 600 mm aus den Stahlsorten 14MoV6-3, 12Ni14 und X12Ni5 sowie Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit $>$ 520 MPa sind Zug- und, soweit erforderlich, Kerbschlagbiegeversuche an Probenabschnitten von 10 % der Hohlkörper eines Loses, mindestens aber von zwei Hohlkörpern, durchzuführen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

4.2.2 Bei Hohlkörpern mit einem Innendurchmesser ≥ 600 mm nach Abschnitt 2.2 sind Zug- und Kerbschlagbiegeversuche an Probenabschnitten von 10 % der Hohlkörper eines Loses, mindestens aber von zwei Hohlkörpern, durchzuführen.

Abweichende Regelungen sind in Abschnitt 4.2.2.1 festgelegt.

4.2.2.1 Bei Hohlkörpern aus den Stahlsorten 14MoV6-3, 12Ni14 und X12Ni5 sowie Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit > 520 MPa sind Zug- und Kerbschlagbiegeversuche an Probenabschnitten von einem Ende eines jeden Hohlkörpers durchzuführen. Bei Hohlkörpern aus den Stahlsorten 14MoV6-3, X10CrMoVNb9-1, X20CrMoV11-1 und X8Ni9 sind bei Längen > 4 m die Prüfungen an beiden Enden um 180° versetzt durchzuführen.

4.3 Mechanische Prüfung von Hohlkörpern aus anderen Stahlsorten

Hohlkörper aus anderen Stahlsorten nach Abschnitt 2.3 sind entsprechend der Eignungsfeststellung durch die zuständige unabhängige Stelle zu prüfen. Die Prüfumfänge sollen denen der vergleichbaren Stahlsorten entsprechen.

4.4 Probennahme

4.4.1 Die Proben sind im Allgemeinen in Quer- oder Tangentialrichtung (tr/t) zu entnehmen, sofern ohne Richten die Herstellung normgerechter Proben möglich ist. Bei inneren Durchmessern unter etwa 200 mm bzw. bei geringen Wanddicken können Längsproben entnommen werden.

4.4.2 Die Prüfung der Hohlkörper erfolgt an Ringabschnitten, die nach der abschließenden Wärmebehandlung dem zylindrischen Teil zu entnehmen sind. Hierfür sind an allen Hohlkörpern Überlängen zu belassen oder entsprechend der erforderlichen Probenzahl weitere Prüfstücke zur Prüfung vorzulegen.

4.4.3 Werden die Enden der Hohlkörper durch Warmumformen eingezogen oder geschlossen, so sind ausreichend breite Ringabschnitte[2)] nach entsprechender Kennzeichnung vor der Weiterverarbeitung abzutrennen und gemeinsam mit dem Hohlkörper der Wärmebehandlung zu unterziehen. Bei den vergüteten Stählen ist den besonderen Verhältnissen der Wärmebehandlung Rechnung zu tragen. Die Probenabschnitte sind in geeigneter Weise[3)] zu einem Prüfkörper zusammenzufügen, der gemeinsam mit dem Hohlkörper die Wärmebehandlung durchläuft.

4.4.4 Ist die Prüfung an Ringabschnitten nicht durchführbar oder nicht zweckmäßig, insbesondere bei großen Hohlkörpern (etwa > 800 mm innerer Durchmesser), sind besondere Vereinbarungen zu treffen.

4.5 Maßprüfung

Die sicherheitstechnisch wichtigen Maße der Hohlkörper sind zu prüfen. Sofern die Lieferbedingungen keine Toleranzen enthalten, gelten die folgenden zulässigen Abweichungen von den Nennmaßen:

Innen- oder Außendurchmesser	± 1 %
Wanddicke	−0 %/+25 %

Abweichende Toleranzen können vereinbart werden.

4.6 Besichtigung

Die innen und außen entzunderten Hohlkörper sind zu besichtigen. Sie müssen eine dem Herstellungszustand entsprechend glatte äußere und innere Oberfläche haben, so dass bedenkliche Oberflächenfehler erkannt werden können.

4.7 Härteprüfung

Eine Härteprüfung ist bei Hohlkörpern aus Stählen in den Lieferzuständen +NT oder +QT durchzuführen. Dabei gelten folgende Festlegungen:

- Hohlkörper mit einem Außendurchmesser < 325 mm sind an einem Ende zu prüfen.
- Hohlkörper mit einem Außendurchmesser ≥ 325 mm und Längen bis ≤ 2 m sind an beiden Enden um 180° am Umfang versetzt zu prüfen.
- Hohlkörper mit einem Außendurchmesser ≥ 325 mm mit Längen > 2 m sind in geeignetem Umfang über die Länge zu prüfen.
- Die nach Abschnitt 4.4.3 abgetrennten Ringabschnitte sind ebenfalls einer Härteprüfung zu unterziehen.

4.8 Zerstörungsfreie Prüfungen

Alle nahtlosen Hohlkörper für Betriebsdrücke > 80 bar sind einer Ultraschallprüfung über die ganze Länge zu unterziehen.

---

2) Breite 2 × Wanddicke, mindestens 150 mm.

3) Bei Flüssigkeitsvergütung durch umlaufende Rundnaht (Dichtschweißung).

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Die Hohlkörper sind vor dem Umformen der Enden einer Ultraschallprüfung auf Längsfehler und bei Außendurchmessern > 200 mm zusätzlich einer Ultraschallprüfung auf Querfehler zu unterziehen.

Die Prüfung und Beurteilung bei Hohlkörpern aus Stählen nach Abschnitt 2.1 erfolgt nach den Bedingungen der DIN EN ISO 10893-10 Zulässigkeitsklasse U2C.

Für Hohlkörper aus Stählen nach Abschnitt 2.2 erfolgt die Prüfung der inneren Beschaffenheit als 100 %ige Prüfung nach DIN EN 10228-3. Die nachfolgend genannten Qualitätsklassen sind in Abhängigkeit von der Wanddicke s anzuwenden:

$s \leq 50$ mm	Qualitätsklasse 4
$s > 50$ mm ≤ 100 mm	Qualitätsklasse 3
$s > 100$ mm	Qualitätsklasse 2

Die Fehlergrößenbeurteilung erfolgt nach der −6 dB-Abfall-Technik, die Empfindlichkeitsjustierung nach der AVG-Methode.

Die umgeformten Bereiche von Hohlkörpern für Betriebsdrücke > 80 bar sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Die Prüfung erfolgt durch den Hersteller mittels geeigneter Verfahren im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle.

4.9 Verwechslungsprüfung

Hohlkörper aus legierten Stählen sind einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

5 Kennzeichnung

Die fertigen Hohlkörper sind wie folgt zu kennzeichnen:

- Stahlsorte,
- Schmelzennummer oder Kurzzeichen für die Schmelze,
- Herstellerzeichen,
- Kenn-Nummer des Hohlkörpers (Fabrik-Nr., lfd. Nr. usw.),
- Kennzeichen für durchgeführte Ultraschallprüfung,
- Stempel der zuständigen unabhängigen Stelle.

6 Nachweis der Güteeigenschaften

6.1 Der Nachweis der Güteeigenschaften ist entsprechend den Tafeln 1 und 2 zu erbringen.

6.2 Vom Hersteller ist zusätzlich zu bescheinigen,

- dass der Werkstoff nach Stahlsorte und gegebenenfalls nach Gütestufe oder Prüfklasse der jeweiligen Norm oder Eignungsfeststellung unter Berücksichtigung der besonderen Festlegungen dieses AD 2000-Merkblattes entspricht,
- dass die Hohlkörper sich in einem der Stahlsorte entsprechenden ordnungsgemäßen Wärmebehandlungszustand befinden (z. B. normalgeglüht oder vergütet),
- die zerstörungsfreie Prüfung mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204,
- das Ergebnis der Schmelzenanalyse,
- die Ergebnisse der weiteren durch den Hersteller durchzuführenden Prüfungen,
- das Ergebnis der Verwechslungsprüfung bei legierten Stählen.

6.3 Die Abnahmeprüfzeugnisse müssen die in den Technischen Lieferbedingungen/Normen geforderten Angaben enthalten. Außerdem sind in jedem Abnahmeprüfzeugnis die der Lieferung zugrunde liegende Technische Lieferbedingung/Norm (z. B. DIN EN 10216-2) und die Technische Regel (AD 2000-Merkblatt W 12) anzugeben.

7 Kennwerte für die Bemessung

Für die Kennwerte für die Bemessung gelten die Festlegungen in den AD 2000-Merkblättern W 4 und W 13.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 — Anwendungsgrenzen und Nachweis der Güteeigenschaften für Hohlkörper aus nahtlosen Rohren

Normen	Abschnitt	Stahlsorten	Anwendungsgrenzen		Nachweis der Güteeigenschaften nach DIN EN 10204
			max. zul. Druck *PS* [bar]	Berechnungstemperatur[1] °C	
DIN EN 10216-1	2.1.1	P195TR2 P235TR2 P265TR2	≤ 80 mit ZfP auf Längsfehler ohne Begrenzung	≤ 300	3.1
DIN EN 10216-2	2.1.2	P195GH P235GH P265GH Prüfkategorie 1	≤ 80	≤ 450	P195GH, P235GH, P265GH: 3.1 andere Stahlsorten: 3.2
		P195GH P235GH P265GH Prüfkategorie 2 16Mo3 14MoV6-3 10CrMo5-5 13CrMo4-5 10CrMo9-10 11CrMo9-10 25CrMo4 15NiCuMoNb5-6-4 7CrMoVTiB10-10 X11CrMo5 X11CrMo9-1 X10CrMoVNb9-1 X10CrWMoVNb9-2 X11CrMoWVNb9-1-1 X20CrMoV11-1 legierte Stähle immer Prüfkategorie 2	ohne Begrenzung	bis zu den in der Norm angegebenen Temperaturgrenzen	
DIN EN 10216-3[2]	2.1.4	P355N P460N	Prüfkategorie 1 ≤ 80; Prüfkategorie 2 ohne Begrenzung	≤ 300	P275NL1 + L2, P355N + NH: 3.1 andere Stahlsorten: 3.2
		P355NH P460NH		≤ 400	
		P275NL1 + NL2 P355NL1 + NL2 P460NL1 + NL2		≤ 300 ≤ 400, wenn bei der Bestellung der Nachweis der 0,2-%-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur vereinbart	
DIN EN 10216-4	2.1.3	P215NL P255QL P265NL	Prüfkategorie 1 ≤ 80; Prüfkategorie 2 ohne Begrenzung	siehe AD 2000-Merkblatt W 10	3.1
		26CrMo4-2 11MnNi5-3 13MnNi6-3 12Ni14 X12Ni5 X10Ni9			3.2

1) Siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 5.

2) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352/2, 354/2 und 357/2.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2 — Anwendungsgrenzen und Nachweis der Güteeigenschaften für geschmiedete Hohlkörper

Normen	Abschnitt	Stahlsorten	Anwendungsgrenzen		Nachweis der Güteeigenschaften nach DIN EN 10204
			max. zul. Druck PS [bar]	Berechnungstemperatur[1] °C	
DIN EN 10222-2	2.2.1	P250GH	≤ 80 mit zerstörungsfreier Prüfung: ohne Begrenzung	bis zu den in der Norm angegebenen Temperaturen	3.1
		16Mo3 13CrMo4-5 14MoV6-3[2] 11CrMo9-10 X10CrMoVNb9-1[2] X20CrMoV11-1[2]			3.2
DIN EN 10222-3	2.2.2	13MnNi6-3 12Ni14 X12Ni9 X8Ni9		siehe AD 2000-Merkblatt W 10	3.2
DIN EN 10222-4[3]	2.2.3	P285NH P285QH P355NH P355QH1 P420NH P420QH		≤ 300 ≤ 400, wenn bei der Bestellung der Nachweis der 0,2-%-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur vereinbart	P285NH, P285QH: 3.1 andere Stahlsorten: 3.2
	2.3	andere	entsprechend den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung		

1) Siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 5.

2) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 184, 511/3 bzw. 110.

3) In Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352/3, 354/3 und 356/3.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3 — Übersicht über den Prüfumfang für Hohlkörper aus nahtlosen Rohren

Normen	Abschnitt	Stahlsorten	Außen-durchmesser mm	Prüfumfang[1]		
				2 %, mind. 2[2]	10 %, mind. 2	100 %, einseitig
DIN EN 10216-1	4.1.1	P195TR2 P235TR2 P265TR2	< 660	X		
	4.1.2		≥ 660		X	
DIN EN 10216-2	4.1.1	P195GH P235GH P265GH 16Mo3 10CrMo5-5 13CrMo4-5 10CrMo9-10 X11CrMo5+I X11CrMo5+NT1 X11CrMo9-1+I	< 660	X		
	4.1.2		≥ 660		X	
DIN EN 10216-2	4.1.1	14MoV6-3 11CrMo9-10 25CrMo4 15NiCuMoNb5-6-4 7CrMoVTiB10-10 X11CrMo5+NT2 X11CrMo9-1+NT X10CrMoVNb9-1 X10CrWMoVNb9-2 X11CrMoWVNb9-1-1 X20CrMoV11-1	< 325	X		
	4.1.1.1		≥ 325 bis < 660		X	
	4.1.2.1		≥ 660			X[3]
DIN EN 10216-3	4.1.1	alle Güten P275 und P355	< 660	X		
	4.1.2		≥ 660		X	
	4.1.1	alle Güten P460	< 325	X		
	4.1.1.1		≥ 325 bis < 660		X	
	4.1.2.1		≥ 660			X
DIN EN 10216-4	4.1.1	P215NL P255QL P265NL 11MnNi5-3 13MnNi6-3	< 660	X		
	4.1.2		≥ 660		X	
DIN EN 10216-4	4.1.1	12Ni14 X12Ni5	< 325	X		
	4.1.1.1		≥ 325 bis < 660		X	
	4.1.2.1		≥ 660			X
	4.1.1	26CrMo4-2 X10Ni9	< 325	X		
	4.1.1.1		≥ 325 bis < 660		X	
	4.1.2.1		≥ 660			X[3]

X bezeichnet den zu erfüllenden Prüfumfang

1) Bezüglich der Härteprüfung ist Abschnitt 4.7 zu beachten.

2) Bei Losgrößen unter 10 genügt 1.

3) Bei Längen > 4 m Prüfung an beiden Enden um 180° versetzt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 4 — Übersicht über den Prüfumfang für geschmiedete Hohlkörper

Normen	Abschnitt	Stahlsorten	Außen-durchmesser mm	Prüfumfang[1]		
				2 %, mind. 2; bis 10 Stück genügt 1	10 %, mind. 2	100 %, einseitig
DIN EN 10222-2 (einschl. Nationaler Anhang NB)	4.2.1	P250GH 16Mo3 13CrMo4-5 11CrMo9-10	< 600	X		
	4.2.2		≥ 600		X	
DIN EN 10222-2	4.2.1	14MoV6-3 X10CrMoVNb9-1 X20CrMoV11-1	< 300	X		
	4.2.1.1		≥ 300 bis < 600		X	
	4.2.2.1		≥ 600			X[2]
DIN EN 10222-3	4.2.1	13MnNi6-3	< 600	X		
	4.2.2		≥ 600		X	
	4.2.1	12Ni14 X12Ni5	< 300	X		
	4.2.1.1		≥ 300 bis < 600		X	
	4.2.2.1		≥ 600			X
	4.2.1	X8Ni9	< 300	X		
	4.2.1.1		≥ 300 bis < 600		X	
	4.2.2.1		≥ 600			X[2]
DIN EN 10222-4	4.2.1	P285NH P285QH P355NH P355QH1	< 600	X		
	4.2.2		≥ 600		X	
	4.2.1	P420NH P420QH	< 300	X		
	4.2.1.1		≥ 300 bis < 600		X	
	4.2.2.1		≥ 600			X
	4.3	andere	nach den Festlegungen bei der Eignungsfeststellung			

X bezeichnet den zu erfüllenden Prüfumfang

1) Bezüglich der Härteprüfung ist Abschnitt 4.7 zu beachten.

2) Bei Längen > 4 m Prüfung an beiden Enden um 180° versetzt.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe November 2008**

Werkstoffe für Druckbehälter	Schmiedestücke und gewalzte Teile aus unlegierten und legierten Stählen	AD 2000-Merkblatt W 13

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter-und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel
1 Geltungsbereich
2 Geeignete Werkstoffe
3 Prüfung
4 Kennzeichnung
5 Nachweis der Güteeigenschaften
6 Kennwerte für die Bemessung

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G" und „B + F".

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt für Schmiedestücke (Freiform- oder Gesenkschmiedestücke) einschließlich stabförmiger Schmiedestücke und auf Ringwalzwerken hergestellte Teile (z. B. nahtlos gewalzte Ringe), warmgepresste Hohlteile mit Boden sowie für warmgewalzte und stranggepresste Langerzeugnisse (z. B. Stabstahl) – im Folgenden Teile genannt – aus unlegierten und legierten ferritischen Stählen zum Bau von Druckbehältern, die bei Betriebstemperaturen sowie bei Umgebungstemperaturen herab bis –10 °C und bis zu den in Abschnitt 2 genannten oberen Temperaturgrenzen betrieben werden (Begriffe für die Erzeugnisformen siehe DIN EN 10079). Für Betriebstemperaturen unter –10 °C gilt zusätzlich das AD 2000-Merkblatt W 10.

1.2 Für Teile aus austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen gilt das AD 2000-Merkblatt W 2.

1.3 Für Hohlkörper nach Abschnitt 1.1 als Mäntel für Druckbehälter gilt das AD 2000-Merkblatt W 12. Stutzen und ähnliche Teile ≤ 220 mm Außendurchmesser ohne Längenbegrenzung und > 220 mm Außendurchmesser mit Längen bis 400 mm, die mit einem Druckbehälter verbunden sind, gelten nicht als Druckbehältermantel.

1.4 Für Flansche gilt das AD 2000-Merkblatt W 9.

1.5 Soweit die Teile weiterverarbeitet werden, z. B. durch Umformen oder Schweißen, sind für die Weiterverarbeitung und Prüfung nach Weiterverarbeitung die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP zu beachten.

1.6 Die grundlegenden Anforderungen an die Werkstoffe und an den Werkstoffhersteller sind im AD 2000-Merkblatt W 0 geregelt.

Ersatz für Ausgabe Februar 2004; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf photomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1. Zuordnung der Stahlsorten nach den Abschnitten 2.1 bis 2.3 zu den in Betracht kommenden Normen und Anwendungsgrenzen

Werkstoff-Nr. (nach DIN EN 10027-2)	Kurzname (nach DIN EN 10027-1)			Berechnungstemperatur[1] °C	Üblicher Lieferzustand	d_i p[2]
	DIN EN 10025-2	DIN EN 10250-2	DIN EN 10207			
1.0038	S235JR+N	S235JRG2	–	≤ 300	N[3]	≤ 20000
1.0044	S275JR+N	–	–			
1.0112	–	–	P235S			
1.0116	–	S235J2G3	–			
1.0117	S235J2+N	–	–			
1.0130	–	–	P265S			
1.0145	S275J2+N	–	–			
1.0570	–	S355J2G3	–			
1.0577	S355J2+N	–	–			
1.0596	S355K2+N	–	–			
1.1100	–	–	P275SL			

[1] Siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 5. Für Stahlsorten nach DIN EN 10025-2 und DIN EN 10250-2 sind bei Berechnungstemperaturen über 50 °C die Abmessungsgrenzen der Tafel 3 zu beachten.

[2] Gilt nur für Druckbehälter und Anbauteile an Druckbehältern. Produkt aus dem größten Innendurchmesser d_i in mm des Druckbehälters oder des Anbauteils und einem maximal zulässigen Druck *PS* in bar.

[3] Bei Schmiedestücken ist ein Ersatz des Normalglühens durch ein normalisierendes Umformen nicht zulässig.

2 Geeignete Werkstoffe

Es dürfen verwendet werden:

2.1 Die in Tafel 1 aufgeführten Stähle für allgemeine Verwendung nach DIN EN 10250-2 in den Anwendungsgrenzen nach Tafel 1.

2.2 Die in Tafel 1 aufgeführten unlegierten Baustähle nach DIN EN 10025-2 als Langerzeugnisse in den Anwendungsgrenzen nach Tafel 1. Der Kupfergehalt dieser Baustähle ist auf max. 0,40 % in der Schmelzenanalyse zu begrenzen.

2.3 Die in Tafel 1 aufgeführten Stähle für einfache Druckbehälter nach DIN EN 10207 als Langerzeugnisse in den Anwendungsgrenzen nach Tafel 1.

2.4 Die in Tafel 2 aufgeführten schweißgeeigneten Feinkornbaustähle nach DIN 17102 (nur als Langerzeugnisse) und DIN 17103 jeweils in Verbindung mit den zugehörigen VdTÜV-Werkstoffblättern.

2.5 Die in Tafel 2 aufgeführten schweißgeeigneten Feinkornbaustähle nach DIN EN 10222-4 in Verbindung mit den VdTÜV-Werkstoffblättern 352/3, 354/3 und 356/3.

2.6 Die in Tafel 2 aufgeführten warmfesten ferritischen und martensitischen Stähle nach DIN EN 10222-2 (einschließlich nationaler Anhang). Für die Stahlsorten 14MoV6-3, X10CrMoVNb9-1 und X20CrMoV11-1 gelten zusätzlich die VdTÜV-Werkstoffblätter 184, 511/3 und 110.

2.7 Die in Tafel 2 aufgeführten schweißgeeigneten Stähle nach DIN EN 10273. Für die Stahlsorten P275NH, P355NH und P460NH gelten zusätzlich die VdTÜV-Werkstoffblätter 352/1, 354/1 und 357/1.

2.8 Die in Tafel 2 aufgeführten kaltzähen Nickelstähle nach DIN EN 10222-3 bis 50 °C. Für den kurzzeitigen Betrieb bei höheren Temperaturen gilt AD 2000-Merkblatt W 10 Tafel 3 a.

2.9 Andere Werkstoffe nach Eignungsfeststellung. Sie sollen die den Werkstoff kennzeichnenden Werte aufweisen und folgenden Mindestanforderungen genügen:

2.9.1 Die Bruchdehnung A soll bei Raumtemperatur in Probenrichtung tr/t[1] mindestens 14 % und in Probenrichtung l[1] mindestens 16 % betragen.

2.9.2 Die Kerbschlagarbeit an der V-Probe soll bei der tiefsten Betriebstemperatur, jedoch nicht höher als 20 °C, in Probenrichtung tr/t[1] mindestens 27 J und in Probenrichtung l[1] mindestens 39 J betragen.

2.9.3 Bei Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit über 590 MPa ist zusätzlich die Sprödbruchunempfindlichkeit zu beachten.

3 Prüfung

3.1 Für die Prüfung der Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 ist DIN EN 10250-1 und -2 maßgebend. Bei Gesenkschmiedestücken mit Stückgewicht bis 120 kg ergibt sich jedoch der Prüfumfang nach Abschnitt 12.1 der DIN EN 10222-1. Die Prüfung erfolgt nach Schmelzen. Bei Teilen mit Dicken ≥ 6 mm ist der Kerbschlagbiegeversuch durchzuführen, soweit normgerechte Proben entnommen werden können. Dabei sind die Anforderungen der DIN EN 10250-2, jedoch mindestens 27 J nachzuweisen.

[1] Es gelten die Festlegungen der DIN EN 10222.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 2. Zuordnung der Stahlsorten nach den Abschnitten 2.4 bis 2.8 zu den in Betracht kommenden Normen

Werkstoff-Nr. (nach DIN EN 10027-2)	Kurzname (nach DIN EN 10027-1)					
	DIN 17102	DIN 17103	DIN EN 10222-2	DIN EN 10222-3	DIN EN 10222-4	DIN EN 10273
1.0345	–	–	–	–	–	P235GH
1.0352	–	–	P245GH	–	–	–
1.0425	–	–	–	–	–	P265GH
1.0426	–	–	P280GH	–	–	–
1.0436	–	–	P305GH	–	–	–
1.0460	–	–	P250GH	–	–	P250GH
1.0461	StE 255	–	–	–	–	–
1.0462	WStE 255	–	–	–	–	–
1.0463	TStE 255	–	–	–	–	–
1.0473	–	–	–	–	–	P355GH
1.0477	–	–	–	–	P285NH	–
1.0478	–	–	–	–	P285QH	–
1.0481	–	–	–	–	–	P295GH
1.0486	StE 285	–	–	–	–	–
1.0487	–	–	–	–	–	P275NH
1.0488	TStE 285	TStE 285	–	–	–	–
1.0505	StE 315	–	–	–	–	–
1.0506	WStE 315	–	–	–	–	–
1.0508	TStE 315	–	–	–	–	–
1.0562	StE 355	–	–	–	–	–
1.0565	–	–	–	–	P355NH	P355NH
1.0566	TStE 355	TStE 355	–	–	–	–
1.0571	–	–	–	–	P355QH1	–
1.1103	EStE 255	–	–	–	–	–
1.1104	EStE 285	–	–	–	–	–
1.1105	EStE 315	–	–	–	–	–
1.1106	EStE 355	–	–	–	–	–
1.4903	–	–	X10CrMoVNb9-1	–	–	–
1.4922	–	–	X20CrMoV11-1	–	–	–
1.5415	–	–	16Mo3	–	–	16Mo3
1.5637	–	–	–	12Ni14	–	–
1.5662	–	–	–	X8Ni9	–	–
1.5680	–	–	–	X12Ni5	–	–
1.6217	–	–	–	13MnNi6-3	–	–
1.7335	–	–	13CrMo4-5	–	–	13CrMo4-5
1.7380	–	–	–	–	–	10CrMo9-10
1.7383	–	–	11CrMo9-10	–	–	11CrMo9-10
1.7715	–	–	14MoV6-3	–	–	–
1.8900	StE 380	–	–	–	–	–
1.8902	StE 420	–	–	–	–	–
1.8905	StE 460	–	–	–	–	–
1.8907	StE 500	–	–	–	–	–
1.8910	TStE 380	–	–	–	–	–
1.8911	EStE 380	–	–	–	–	–
1.8912	TStE 420	TStE 420	–	–	–	–
1.8913	EStE 420	–	–	–	–	–
1.8915	TStE 460	TStE 460	–	–	–	–
1.8917	TStE 500	TStE 500	–	–	–	–
1.8918	EStE 460	–	–	–	–	–
1.8919	EStE 500	–	–	–	–	–
1.8930	WStE 380	–	–	–	–	–
1.8932	WStE 420	–	–	–	P420NH	–
1.8935	–	–	–	–	–	P460NH
1.8936	–	–	–	–	P420QH	–
1.8937	WStE 500	–	–	–	–	–

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

3.2 Für die Prüfung der Langerzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.2 ist DIN EN 10025-2 maßgebend. Die Prüfung erfolgt nach Schmelzen. Bei Stahlsorten der Gütegruppe JR mit Nenndicken ≥ 6 mm ist der Kerbschlagbiegeversuch durchzuführen.

3.3 Die Prüfung der Langerzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.3 erfolgt nach DIN EN 10207.

3.4 Die Prüfung der Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.4 erfolgt nach DIN 17102 oder DIN 17103 unter Berücksichtigung der zugehörigen VdTÜV-Werkstoffblätter.

3.5 Die Prüfung der Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.5 erfolgt nach DIN EN 10222-1 und -4 in Verbindung mit den zugehörigen VdTÜV-Werkstoffblättern.

3.6 Die Prüfung der Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.6 erfolgt nach DIN EN 10222-1 und -2, die der Stahlsorten 14MoV6-3, X10CrMoVNb9-1 und X20CrMoV11-1 unter Berücksichtigung der VdTÜV-Werkstoffblätter 184, 511/3 und 110.

3.7 Die Prüfung der Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.7 erfolgt nach DIN EN 10273 und, soweit zutreffend, unter Berücksichtigung der zugehörigen VdTÜV-Werkstoffblätter.

3.8 Die Prüfung der Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.8 erfolgt nach DIN EN 10222-1 und -3.

3.9 Die Prüfung der Teile aus anderen Werkstoffen nach Abschnitt 2.9 erfolgt nach den Festlegungen der Eignungsfeststellung.

3.10 Alle Teile sind einer Sichtkontrolle und einer Prüfung der Maß- und Formgenauigkeit zu unterziehen. Teile aus legierten Werkstoffen sind einer Prüfung auf Werkstoffverwechslung zu unterziehen.

3.11 Hohlkörper mit einem Innendurchmesser > 80 mm, die z. B. durch Fließpressen oder Ziehen auf Fertigmaß hergestellt werden, sind einer Ultraschallprüfung nach DIN EN 10228-3 Tabelle 4 auf Fehler in der Hauptverformungsrichtung zu unterziehen.

Alle Teile mit Stückgewichten im unbehandelten Zustand > 300 kg (ausgenommen Gesenkschmiedestücke) sind einer Ultraschallprüfung nach DIN EN 10228-3 oder DIN EN 10308 auf Innenfehler zu unterziehen.

Die Ultraschallprüfung auf Innenfehler ist als 100 %ige Prüfung durchzuführen. Die nachfolgend genannten Qualitätsklassen sind anzuwenden:

s ≤ 50		mm	Qualitätsklasse 4
s > 50	≤ 100	mm	Qualitätsklasse 3
s > 100		mm	Qualitätsklasse 2

Die Fehlergrößenbeurteilung erfolgt nach der -6dB-Abfall-Technik, die Empfindlichkeitsjustierung erfolgt nach der AVG-Methode.

3.12 Die Zug- und Kerbschlagproben sind in Quer-/Tangentialrichtung (tr/t) zu entnehmen (ausgenommen bei Langerzeugnissen nach DIN EN 10025-2, DIN EN 10207, DIN EN 10273 und DIN 17102). Bei Durchmessern < 160 mm dürfen die Proben auch in Längsrichtung (l) entnommen werden.

3.13 Bei Teilen aus Stählen nach den Abschnitten 2.1 bis 2.4 und 2.7 mit Stückgewichten > 1000 kg ist jedes Teil einzeln zu prüfen.

3.14 Die Prüfstücke zur Herstellung von Zug- und Kerbschlagproben sind im Allgemeinen einem fertig wärmebehandelten Teil zu entnehmen. Bei Schmiedestücken, bei denen aufgrund der Abmessungen die erforderlichen Proben nicht entnommen werden können, ist ein Prüfstück aus derselben Schmelze mit Referenzabmessungen nach gleichartigen Verfahren herzustellen und zusammen mit den Teilen der zu prüfenden Lieferung der erforderlichen Wärmebehandlung zu unterziehen.

3.15 Für Wiederholungsprüfungen gilt DIN EN 10021. Besteht eine Prüfeinheit aus mehreren Teilen, so ist das Teil, für das ungenügende Prüfergebnisse ermittelt worden sind, jedoch auszuscheiden und sind zwei weitere Proben an weiteren Teilen zu entnehmen, die beide den Anforderungen genügen müssen. Bei großen Teilen sind hinsichtlich der Entnahme von Ersatzproben Vereinbarungen zu treffen.

Ist der Grund für das Versagen der Prüfung durch eine entsprechende Wärmebehandlung der Teile zu beseitigen, so können die zurückgewiesenen Teile nach der Wärmebehandlung erneut zur Prüfung vorgelegt werden.

4 Kennzeichnung

4.1 Die Teile sind zu kennzeichnen mit

- Zeichen des Herstellerwerkes,
- Kurzname oder Werkstoffnummer der Stahlsorte,
- Schmelzennummer.

Bei Lieferung mit Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204 sind die Teile zusätzlich zu kennzeichnen mit

- Probennummer oder Prüflosnummer,
- Zeichen des Abnahmebeauftragten der zuständigen unabhängigen Stelle bzw. des Herstellers,
- gegebenenfalls Stempel für die Ultraschallprüfung.

4.2 Bei Stabstahl mit einer Dicke (Durchmesser, Kantenlänge, Schlüsselweite oder Breite) < 25 mm ist eine Kennzeichnung der Bunde durch Anhängeschild zulässig.

5 Nachweis der Güteeigenschaften

5.1 Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204

Bei Bestellung von Teilen aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 bis 2.8 ist die Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204 wie folgt zu vereinbaren:

5.1.1 Werkszeugnis bei nicht wichtigen drucktragenden Teilen mit Nenndicken < 6 mm aus Stahlsorten nach DIN EN 10025-2 oder DIN EN 10250-2 der Gütegruppe JR. Für wichtige drucktragende Teile ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 erforderlich.

5.1.2 Abnahmeprüfzeugnis 3.1 für die Stahlsorten

- in Abschnitt 2.1 nach DIN EN 10250-2, ausgenommen Gütegruppe JR mit Nenndicken < 6 mm,
- in Abschnitt 2.2 nach DIN EN 10025-2, ausgenommen Gütegruppe JR mit Nenndicken < 6 mm,
- StE 255, WStE 255 und StE 285 nach DIN 17102, P285NH und P285QH nach DIN EN 10222-4 sowie P275NH nach DIN EN 10273,
- P235GH, P245GH, P250GH, P265GH und P280GH nach DIN EN 10222-2 (einschließlich Nationaler Anhang) und DIN EN 10273.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 3. Kennwerte für die Bemessung bei höheren Temperaturen für Stähle nach DIN EN 10250-2 und DIN EN 10222-4 sowie Langerzeugnisse nach DIN EN 10025-2

Stahlsorte nach DIN EN 10025-2, DIN EN 10250-2, DIN EN 10222-4	Dicke mm	Kennwerte *K* bei Berechnungstemperatur					
		100 °C MPa	200 °C MPa	250 °C MPa	300 °C MPa	350 °C MPa	400 °C MPa
S235JRG2, S235JR+N, S235J2G3, S235J2+N	≤16	187	161	143	122	–	–
	>16 bis ≤40	180	155	136	117	–	–
	>40 bis ≤100	173	149	129	112	–	–
	>100 bis ≤150	159	137	115	102	–	–
S275JR+N, S275J2+N	≤16	220	190	180	150	–	–
	>16 bis ≤40	210	180	170	140	–	–
	>40 bis ≤100	188	162	150	124	–	–
	>100 bis ≤150	180	155	144	119	–	–
S355J2G3, S355J2+N, S355K2+N	≤16	254	226	206	186	–	–
	>16 bis ≤40	249	221	202	181	–	–
	>40 bis ≤63	234	206	186	166	–	–
	>63 bis ≤80	224	196	176	156	–	–
	>80 bis ≤100	214	186	166	146	–	–
	>100 bis ≤150	194	166	146	126	–	–
P285NH/QH	≤35[1)]	–	206	186	157	137	118
P355NH/QH1	≤50[1)]	–	255	235	216	196	167
P460NH/QH	≤50[1)]	–	343	314	294	265	235

[1)] Dicke des maßgeblichen Querschnitts

5.1.3 Abnahmeprüfzeugnis 3.2 für alle nicht in Abschnitt 5.1.1 und 5.1.2 genannten Stahlsorten.

Bei Teilen aus den Stahlsorten StE/WStE 315, StE 355, P355GH/NH mit Dicken des maßgeblichen Querschnittes ≤50 mm genügt jedoch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 anstelle 3.2, wenn das Herstellerwerk der zuständigen unabhängigen Stelle den Nachweis ausreichender statistischer Sicherheit geführt hat. Der Übergang auf ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist dem Herstellerwerk von der zuständigen unabhängigen Stelle zu bestätigen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, ist das Bestätigungsschreiben der zuständigen unabhängigen Stelle in dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 aufzuführen. Sofern es nicht im Rahmen laufender eigener Abnahmeprüfungen geschieht, soll sich die zuständige unabhängige Stelle in bestimmten Zeitabständen (etwa 1 bis 2 Jahre) davon überzeugen, dass die Voraussetzungen erhalten geblieben sind.

5.1.4 Bei Teilen aus anderen Werkstoffen nach Abschnitt 2.9 gelten die Festlegungen der Eignungsfeststellung.

5.2 Angaben in der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204

5.2.1 Bei Teilen aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 bis 2.8 sind die Forderungen der in diesen Abschnitten genannten Normen maßgebend. Außerdem ist in jeder Prüfbescheinigung die der Lieferung zugrunde liegende Technische Lieferbedingung/Norm (z. B. DIN EN 10222-2) und Technische Regel (AD 2000-Merkblatt W 13) anzugeben.

5.2.2 Bei Teilen aus anderen Werkstoffen nach Abschnitt 2.9 gelten die Festlegungen der Eignungsfeststellung.

6 Kennwerte für die Bemessung

6.1 Für Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.1 gelten bis 50 °C die in DIN EN 10250-2 für Raumtemperatur angegebenen Werte der Streckgrenze. Für Berechnungstemperaturen von 100 °C bis 300 °C gelten die Werte der Tafel 3. Die dort angegebene Dicke bezieht sich auf die Nennwanddicke des Druckbehälters.

6.2 Für Langerzeugnisse aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.2 gelten bis 50 °C die in DIN EN 10025-2 für Raumtemperatur angegebenen Werte der Streckgrenze. Für Berechnungstemperaturen von 100 °C bis 300 °C gelten die Werte der Tafel 3. Die dort angegebene Dicke bezieht sich auf die Nennwanddicke des Druckbehälters.

6.3 Für Langerzeugnisse aus Stählen nach Abschnitt 2.3 gelten die in DIN EN 10207 festgelegten Werte.

6.4 Für Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.4 gelten die in DIN 17102 oder DIN 17103 festgelegten Werte unter Beachtung der Festlegungen in den zugehörigen VdTÜV-Werkstoffblättern.

6.5 Für Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.5 gelten die in DIN EN 10222-4 festgelegten Werte unter Beachtung der Festlegungen in den zugehörigen VdTÜV-Werkstoffblättern. Zusätzlich gelten für die Stähle P285NH in Dicken

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

bis 35 mm, P355NH und P460NH in Dicken bis 50 mm ab 200 °C die Werte der Tafel 3.

6.6 Für Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.6 gelten die in DIN EN 10222-2 (einschließlich Nationaler Anhang) festgelegten Werte unter Beachtung der Festlegungen in den VdTÜV-Werkstoffblättern 184, 511/3 und 110 für die Werkstoffe 14MoV6-3, X10CrMoVNb9-1 und X20CrMoV11-1.

6.7 Für Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.7 gelten die in DIN EN 10273 festgelegten Werte und, soweit zutreffend, unter Beachtung der Festlegungen in den zugehörigen VdTÜV-Werkstoffblättern.

6.8 Für Teile aus Werkstoffen nach Abschnitt 2.8 gelten die in DIN EN 10222-3 festgelegten Werte.

6.9 Für Teile aus anderen Werkstoffen nach Abschnitt 2.9 gelten die bei der Eignungsfeststellung festgelegten Werte.

6.10 Die in den Werkstoffspezifikationen oder Eignungsfeststellungen für 20 °C angegebenen Kennwerte gelten bis 50 °C, die für 100 °C angegebenen Werte bis 120 °C. In den übrigen Bereichen ist zwischen den angegebenen Werten linear zu interpolieren (z. B. für 80 °C zwischen 20 °C und 100 °C und für 180 °C zwischen 100 °C und 200 °C), wobei eine Aufrundung nicht zulässig ist. Für Werkstoffe mit Einzelgutachten gilt die Interpolationsregel nur bei hinreichend engem Abstand[2)] der Stützstellen.

[2)] In der Regel wird hierunter ein Temperaturabstand von 50 K im Bereich der Warmstreckgrenze und von 10 K im Bereich der Zeitstandfestigkeit verstanden

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Mai 2016**

Zusätzliche Hinweise	**Leitfaden zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie bei Anwendung der AD 2000-Merkblätter für Druckbehälter, Rohrleitungen und Ausrüstungsteile**	**AD 2000-Merkblatt Z 1**

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e. V., Essen

Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e. V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

Seite

0 Präambel 2

1 Allgemeines 2

2 Übereinstimmung mit den grundlegenden Sicherheitsanforderungen 2

Ersatz für Ausgabe November 2010; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräterichtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Allgemeines

Gemäß Druckgeräterichtlinie (DGRL, Richtlinie 2014/68/EU) hat der Hersteller die volle Verantwortung für den Entwurf, die Herstellung und Prüfung von Druckgeräten. Der Hersteller gewährleistet, dass Druckgeräte, welche die wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I der Druckgeräterichtlinie erfüllen müssen, vor dem Inverkehrbringen einem Konformitätsbewertungsverfahren unterzogen wurden und dass für sie eine Konformitätserklärung ausgestellt wurde. Der Hersteller bringt die CE-Kennzeichnung[1)] an, womit der freie Warenverkehr innerhalb der Europäischen Gemeinschaft gewährleistet ist.

2 Übereinstimmung mit den grundlegenden Sicherheitsanforderungen

Mit der Konformitätserklärung bestätigt der Hersteller die Übereinstimmung des Druckgerätes mit den grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie.

Mit der Anwendung der AD 2000-Merkblätter werden die grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhanges I der Druckgeräterichtlinie erfüllt.

Die AD 2000-Merkblätter haben nicht den Status einer harmonisierten Norm und lösen keine Konformitätsvermutung im Sinne des Artikels 12 Absatz 1 der Druckgeräterichtlinie aus.

Tafel 1 enthält eine Zusammenstellung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie und die Abschnitte der AD 2000-Merkblätter, mit denen diese erfüllt werden.

Die AD 2000-Merkblätter der Reihe HP 801 „Besondere Druckbehälter“ sind in der Gegenüberstellung der Tafel 1 nicht aufgeführt, da sie Anforderungen enthalten, die über die grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhanges I der Druckgeräterichtlinie hinausgehen.

Tafel 1 — Gegenüberstellung der Anforderungen der Druckgeräterichtlinie und deren Erfüllung in den AD 2000-Merkblättern

DGRL Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
	Vorbemerkungen	
3	Analyse der Gefahren und Risiken	Z 2
1	Allgemeines	
1.1	Auslegung, Herstellung, Prüfung	AD 2000-Regelwerk
1.2	Lösung nach folgenden Grundsätzen: — Abwendung oder Verminderung der Gefahren — Anwendung von geeigneten Schutzmaßnahmen — gegebenenfalls Unterrichtung über die Restgefahren	Z 2
1.3	Berücksichtigung unsachgemäßer Verwendung	Z 2
2	Entwurf	
2.1	Auslegung für gesamte Lebensdauer	A 4 Abschnitt 5 Reihe B HP 511 HP 512 R N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 1, 2 und 8 N 4 Abschnitt 6 Reihe S

1) Nicht zulässig, wenn Betreiberprüfstelle prüft.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

DGRL Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
2.2.1	Auslegung für die beabsichtigte Verwendung und andere nach vernünftigem Ermessen vorhersehbare Betriebsbedingungen: — Innen- und Außendruck — Umgebungs- und Betriebstemperaturen — statischer Druck und Füllgewichte unter Betriebs- und Prüfbedingungen — Belastungen durch Verkehr, Wind und Erdbeben — Reaktionskräfte und -momente im Zusammenhang mit Trageelementen, Befestigungen, Rohrleitungen usw. — Korrosion und Erosion, Materialermüdung usw. — Zersetzung instabiler Fluide	A 4 Abschnitt 5 Reihe B HP 100 R Abschnitt 3 HP 110 R Abschnitt 3 HP 120 R Abschnitt 3 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 1 und 2 N 4 Abschnitt 6 Reihe S Z 2
2.2.2	Auslegung auf der Grundlage folgender Verfahren: — Berechnungsmethode oder — experimentelle Auslegungsmethode	A 4 Abschnitt 5 B 0 Abschnitt 2 HP 100 R Abschnitt 6 HP 110 R Abschnitt 6 HP 120 R Abschnitt 6 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 6 S 4 S 5 S 6 Abschnitt 4
2.2.3 a)	Begrenzung der zulässigen Beanspruchung durch Sicherheitsfaktoren und geeignete Auslegungsverfahren	A 4 Abschnitt 5 Reihe B HP 100 R Abschnitt 6 HP 110 R Abschnitt 6 HP 120 R Abschnitt 6 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 6 S 3/0 Abschnitt 4.3.4 und Tafel 1 S 5 Abschnitt 3 S 6 Abschnitt 4, 5.2 und 7.1
2.2.3 b)	Nachweis der Belastbarkeit durch geeignete Auslegungs-berechnungen	
	— Berechnungsdrücke ≥ maximal zulässige Drücke	B 0 Abschnitt 4 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 S 6 Abschnitt 4.1
	— Angemessene Sicherheitsmargen für Berechnungstemperaturen	B 0 Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 S 6 Abschnitt 4.2 und Tafel 1
	— Berücksichtigung aller möglichen Temperatur- und Druckkombinationen	B 0 Abschnitt 4 und 5 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 6 S 6 Abschnitt 4.1, 4.2, 5.2 und Tafel 1
	— Maximale Spannung und Spannungskonzentrationen innerhalb sicherer Grenzwerte	B 0 Abschnitt 6, 7 und 8 N 1 Abschnitt 4.4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 5 S 6 Abschnitt 4.3

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

DGRL Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
2.2.3 b) (*fortgesetzt*)	— Verwendung belegter Werkstoffdaten unter Berücksichtigung entsprechender Sicherheitsfaktoren	B 0 Abschnitt 6 N 1 Abschnitt 3.7 N 2 Abschnitt 3 und 7 N 4 Abschnitt 3 S 6 Abschnitt 4.3
	— Anwendung geeigneter Verbindungsfaktoren	B 0 Abschnitt 8 HP 0 Tafel 1 N 1 Abschnitt 4.5 S 6 Abschnitt 4.5 Reihe W
	— Berücksichtigung der Verschleißmechanismen	
	— Kriechen	B 0 Abschnitt 6.2 und 6.5 N 1 Abschnitt 3.5 und 4.4 N 2 Abschnitt 7.2 S 6
	— Ermüdung	N 1 Abschnitt 4.4 N 2 Abschnitt 2.4 und 7.2 S 1, S 2, S 6
	— Korrosion	B 0 Abschnitt 9 N 1 Abschnitt 2.3 N 4 Abschnitt 3
		zusätzlich gilt hinsichtlich der Belastbarkeit für – Rohrleitungen: HP 100 R Abschnitt 5 und 6 HP 110 R Abschnitt 5 und 6 HP 120 R Abschnitt 5 und 6 – Gehäuse von Ausrüstungsteilen: A 4
2.2.3 c)	Ausreichende strukturelle Stabilität	HP 100 R Abschnitt 6 HP 110 R Abschnitt 6 HP 120 R Abschnitt 6 S 3
2.2.4	Verwendung geeigneter Prüfprogramme bei Anwendung der experimentellen Auslegungsmethode	A 4 Abschnitt 6.2 B 0 Abschnitt 2.2 und 2.4 HP 100 R Abschnitt 6.1 HP 110 R Abschnitt 6.1 HP 120 R Abschnitt 6.1 S 5
2.3	Vorkehrungen für die Sicherheit in Handhabung und Betrieb bei:	
	— Verschluss- und Öffnungsvorrichtungen	A 5
	— gefährlichem Abblasen aus Überdruckventilen	A 2 Abschnitt 6
	— Vorrichtungen zur Verhinderung des physischen Zugangs bei Überdruck oder Vakuum im Gerät	A 5 Abschnitt 3
	— hohen Oberflächentemperaturen unter Berücksichtigung der beabsichtigten Verwendung	A 403 Abschnitt 4 und 5 Z 2
	— Zersetzung instabiler Fluide	Z 2
2.4	Vorkehrungen für die Inspektion treffen	A 5 (inkl. Anlage 1)
2.5	Geeignete Entleerungs- und Entlüftungsmöglichkeiten, sofern erforderlich, vorsehen	A 5 A 404 Abschnitt 4 und 6

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

DGRL Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
2.6	Ggf. Wanddickenzuschläge oder angemessene Schutzvorrichtungen gegen Korrosion oder andere chemische Einflüsse vorsehen	B 0 Abschnitt 9 HP 100 R Abschnitt 3, 7 und 8 HP 110 R Abschnitt 3, 7 und 8 HP 120 R Abschnitt 3, 7 und 8 N 1 Abschnitt 3.6 N 2 Abschnitt 2.3 N 4 Abschnitt 6.3 Z 2
2.7	Maßnahmen gegen Erosion und Abrieb	B 0 Abschnitt 9 HP 100 R Abschnitt 3 HP 110 R Abschnitt 3 HP 120 R Abschnitt 3 Z 2
2.8	— Zuverlässigkeit und Eignung der Komponenten für eine Baugruppe — Richtiger Zusammenbau von Komponenten zu einer Baugruppe	A 6 A 403 Abschnitt 3 A 404 Abschnitt 2, 3, 4 und 6 HP 100 R Abschnitt 10 HP 110 R Abschnitt 10 HP 120 R Abschnitt 10 S 3/6 Z 2
2.9	Auslegung und Ausrüstung für sicheres Füllen und Entleeren	A 403 A 404 Abschnitt 3.2, 5 und 6 Z 2
2.10	Schutz vor Überschreiten der zulässigen Grenzen des Druckgerätes	A 1 A 2 A 6 A 403 HP 100 R Abschnitt 10 HP 110 R Abschnitt 10 HP 120 R Abschnitt 10 Z 2
2.11	Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion	
2.11.1	Zuverlässige und geeignete Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion vorsehen	A 1 A 2 A 6 A 403 Z 2
2.11.2	Einrichtungen zur Druckbegrenzung	A 403 Abschnitt 3.1
2.11.3	Einrichtungen zur Temperaturüberwachung	A 403 Abschnitt 4 und 5
2.12	Ggf. Maßnahmen zur Schadensbegrenzung bei externem Brand vorsehen	A 403 Abschnitt 3.2.3
3	Fertigung	
3.1	Einsatz geeigneter Fertigungstechniken und -verfahren	A 4 Abschnitt 5 HP 0 Abschnitt 2 und 3 HP 8/3 Abschnitt 4.1 HP 100 R Abschnitt 4 und 7 HP 110 R Abschnitt 4 und 7 HP 120 R Abschnitt 4 und 7 N 1 Abschnitt 2, 3 und 5 N 2 Abschnitt 2 N 4 Abschnitt 2

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

DGRL Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
3.1.1	Sachgemäße Vorbereitung der Bauteile	A 4 Abschnitt 5 HP 1 Abschnitt 2 HP 5/1 HP 100 R Abschnitt 7 HP 110 R Abschnitt 7 HP 120 R Abschnitt 7 N 1 Abschnitt 3 N 2 Abschnitt 2 S 6 Abschnitt 6
3.1.2	Einwandfreie Ausführung der dauerhaften Werkstoffverbindungen	
	— Freiheit von inneren und äußeren Mängeln und ausreichende Eigenschaften	HP 1 HP 5/2 HP 5/3 HP 8/3 Abschnitt 5 HP 100 R Abschnitt 7 HP 110 R Abschnitt 7 HP 120 R Abschnitt 7 N 1 Abschnitt 5.2 N 2 Abschnitt 2.6
	— Zulassung von Arbeitsverfahren	HP 2/1 HP 8/3 Abschnitt 4.1 HP 100 R Abschnitt 7 HP 110 R Abschnitt 7 HP 120 R Abschnitt 7 N 1 Abschnitt 5.1 N 2 Abschnitt 2.6
	— Zulassung von Personal	HP 3 HP 100 R Abschnitt 7 HP 110 R Abschnitt 7 HP 120 R Abschnitt 7
		zusätzlich gilt hinsichtlich der dauerhaften Werkstoffverbindungen für Armaturen: A 4 Abschnitt 5 und 6
3.1.3	Qualifiziertes Personal für zerstörungsfreie Prüfungen	HP 4
3.1.4	Ggf. angemessene Wärmebehandlung	HP 2/1 Abschnitt 3.6 HP 7/1 HP 7/2 HP 7/3 HP 7/4 HP 8/3 Abschnitt 4.2
3.1.5	Durchgängige Rückverfolgbarkeit der Werkstoffe drucktragender Teile	HP 0 Abschnitt 4 HP 8/3 Abschnitt 6 N 2 Abschnitt 5 N 4 Abschnitt 8.2
3.2	Abnahme	
3.2.1	Durchführung einer Schlussprüfung	A 4 Abschnitt 6 HP 512 HP 512 R N 1 Abschnitt 5.3

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

DGRL Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
3.2.2	Durchführung einer Druckprüfung oder adäquaten Prüfung	A 4 Abschnitt 6 HP 30 HP 512 HP 512 R N 1 Abschnitt 5.3 N 2 Abschnitt 10 N 4 Abschnitt 7.1 und 9.3
3.2.3	Prüfung der Sicherheitseinrichtungen bei Baugruppen	HP 512 Abschnitt 7 HP 512 R Abschnitt 5
3.3	Kennzeichnung und Etikettierung	A 4 Abschnitt 7 A 401 HP 100 R Abschnitt 11 HP 110 R Abschnitt 11 HP 120 R Abschnitt 11 N 4 Abschnitt 8
3.4	Betriebsanleitung	A 4 Abschnitt 8.2 HP 100 R Abschnitt 11 HP 110 R Abschnitt 11 HP 120 R Abschnitt 11 N 4 Abschnitt 9, 10 und 11 Z 2
4	Werkstoffe	
	Eignung für die gesamte vorgesehene Lebensdauer	A 4 Abschnitt 4 HP 100 R Abschnitt 5 HP 110 R Abschnitt 5 HP 120 R Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 3 N 2 Abschnitt 1.2 S 6 Abschnitt 1.2 Reihe W
	Verwendung geeigneter Schweißzusatzwerkstoffe und sonstiger Verbindungswerkstoffe	HP 100 R Abschnitt 7.2.4 N 1 Abschnitt 3 S 6 Abschnitt 4.5.1 W 0 Abschnitt 4
4.1	Auswahl geeigneter Werkstoffe bezüglich mechanischer Eigenschaften, chemischer Beständigkeit, Alterung, Verarbeitung und Verbindung unterschiedlicher Werkstoffe	HP 100 R Abschnitt 5 HP 110 R Abschnitt 5 HP 120 R Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 3 und 5 N 2 Abschnitt 2 und 3 N 4 Abschnitt 3 W 0 Abschnitt 2 und 3 Z 2
4.2 a)	Festlegung geeigneter Werkstoffkennwerte	B 0 Abschnitt 6 HP 100 R Abschnitt 5 HP 110 R Abschnitt 5 HP 120 R Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 3.7 und 5.2 N 2 Abschnitt 3 und 4 N 4 Abschnitt 3 und 5 S 6 Abschnitt 4.3 Reihe W

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

DGRL Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
4.2 b)	Verwendung von — harmonisierten Normen — europäischer Werkstoffzulassung (EAM) — Einzelgutachten	S 6 Abschnitt 1.2 Reihe W W 0 Abschnitt 2.3
4.2 c)	Bewertung des Einzelgutachtens durch zuständige benannte Stelle	A 4 Abschnitt 4.2 HP 100 R Abschnitt 5 HP 110 R Abschnitt 5 HP 120 R Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 5.2 N 2 Abschnitt 3.2 S 6 Abschnitt 1.2 W 0 Abschnitt 2.3 und 3.2
4.3	Sicherstellung, dass die verwendeten Werkstoffe den vorgegebenen Anforderungen entsprechen; Bescheinigung mit spezifischer Prüfung der Produkte (Werkstoffnachweise)	A 4 Abschnitt 4.3 HP 8/3 Abschnitt 7 und Tafel 2 HP 100 R Abschnitt 5 HP 110 R Abschnitt 5 HP 120 R Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 3.8 und 5.2 N 2 Abschnitt 6 N 4 Abschnitt 4 Reihe W
	Zertifiziertes QM-System des Werkstoffherstellers	W 0 Abschnitt 3.1.2
5	Zusätzliche Anforderungen für befeuerte oder anderweitig beheizte überhitzungsgefährdete Druckgeräte gemäß Artikel 4 Absatz 1	
	— Dampf- und Heißwassererzeuger	im AD 2000-Regelwerk nicht enthalten
	— Prozessheizgeräte für andere Medien als Dampf und Heißwasser	B 0 Abschnitt 5
5. a)	Schutzvorrichtungen zur Begrenzung von Betriebsparametern	A 403 Abschnitt 5 A 404 Abschnitt 6
5. b), c)	Probeentnahmestellen und Vorkehrungen zur Vermeidung von Ablagerungen und/oder Korrosion	A 404 Abschnitt 4
5. d)	Schaffung von Möglichkeiten der sicheren Wärmeabführung nach Abschalten	A 404 Abschnitt 6.2 und 6.4
5. e)	Maßnahmen zur Vermeidung der Ansammlung entzündlicher Gemische und von Flammenrückschlag	A 404 Abschnitt 7
6	Zusätzliche Anforderungen für Rohrleitungen gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe c)	
6. a)	Ausreichende Unterstützung, Befestigung, Verankerung, Ausrichtung oder Vorspannung	HP 100 R Abschnitt 6.2.2 und 6.2.3 HP 110 R Abschnitt 6.2 und 6.3 HP 120 R Abschnitt 6.2
6. b)	Einrichtungen zur Entwässerung bzw. Entfernung von Ablagerungen	HP 100 R Abschnitt 7.4.6 HP 110 R Abschnitt 7.4.9 HP 120 R Abschnitt 7.4.9
6. c)	Berücksichtigung möglicher Schäden durch Turbulenzen und Wirbelbildung	HP 100 R Abschnitt 3 HP 110 R Abschnitt 3 HP 120 R Abschnitt 3

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

DGRL Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
6. d)	Berücksichtigung von Ermüdungserscheinungen durch Vibrationen	HP 100 R Abschnitt 3, 6.2.2, 6.2.3 und 7.4.5 HP 110 R Abschnitt 3, 6.2, 6.3 und 7.4.7 HP 120 R Abschnitt 3, 6.2 und 7.4.7
6. e)	Absperrungen von Rohrabzweigungen bei Fluidgruppe 1	HP 100 R Abschnitt 7.4.7 HP 110 R Abschnitt 7.4.11 HP 120 R Abschnitt 7.4.11
6. f)	Kennzeichnung der Entnahmestellen	HP 100 R Abschnitt 7.4.8 HP 110 R Abschnitt 7.4.12 HP 120 R Abschnitt 7.4.12
6. g)	Dokumentation von Lage und Verlauf erdverlegter — Rohrleitungen — Fernleitungen	 HP 100 R Abschnitt 11 HP 110 R Abschnitt 11 HP 120 R Abschnitt 11 im AD 2000-Regelwerk nicht enthalten
7	Besondere quantitative Anforderungen für bestimmte Druckgeräte	
7.1.1	Symbole	B 0 Abschnitt 3 N 1 Abschnitt 4.2 N 4 Abschnitt 6.1
7.1.2	Zulässige allgemeine Membranspannung	A 4 Abschnitt 5 Reihe B HP 100 R HP 110 R HP 120 R N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 5 und 6.3 Reihe S W 10 Abschnitt 3 Sicherheitsbeiwerte gegen Zugfestigkeit sind im AD 2000-Regelwerk für ferritischen und austenitischen Stahl, unlegierten und niedriglegierten Stahlguss sowie nicht aushärtbare Aluminiumlegierungen nicht enthalten. Das AD 2000-Regelwerk erfüllt bei Anwendung seines Gesamtkonzeptes die Anforderungen an ein gleichwertiges Gesamtsicherheitsniveau.
7.2	Verbindungskoeffizienten	B 0 Abschnitt 8 HP 0 Tafel 1b, 2b und 3b S 6 Abschnitt 4.5 W 2 Abschnitt 3.4 W 4 Abschnitt 2.2 und 7.2 Der Verbindungskoeffizient 0,7 ist im AD 2000-Regelwerk nicht enthalten.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1 (*fortgesetzt*)

DGRL Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
7.3	Einrichtungen zur Druckbegrenzung	A 1 Abschnitt 2.1 A 2 Abschnitt 2.2 A 6 Abschnitt 1 und 3.1 A 403 Abschnitt 3.1
7.4	Hydrostatischer Prüfdruck	A 4 Abschnitt 6 HP 30 Abschnitt 4.17 HP 512 Abschnitt 6 HP 512 R Abschnitt 4.3 N 1 Abschnitt 5.3 N 2 Abschnitt 10 S 5 Abschnitt 7
7.5	Werkstoffeigenschaften	A 4 Abschnitt 4.2 HP 100 R Abschnitt 5 W 1 Abschnitt 2 W 2 Abschnitt 3 W 4 Abschnitt 2 W 7 Abschnitt 3 W 8 Abschnitt 3 W 9 Abschnitt 2 W 10 Abschnitt 2 W 12 Abschnitt 2 W 13 Abschnitt 2 Die Anforderung von min. 27 J bei der vorgesehenen tiefsten Betriebstemperatur erfüllt das AD 2000-Regelwerk hinsichtlich eines gleichwertigen Gesamtsicherheitsniveaus bei Anwendung seines Gesamtkonzeptes.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030 / 26 01-22 60
Fax 030 / 26 01-12 60
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 **Ausgabe Februar 2004**

Zusätzliche Hinweise	Leitfaden für die systematische Durchführung einer Gefahrenanalyse	AD 2000-Merkblatt Z 2

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter" (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0 Vorbemerkung
1 Geltungsbereich
2 Durchführung der Gefahrenanalyse
3 Hinweise zur Betriebsanleitung

0 Vorbemerkung

Gemäß Druckgeräte-Richtlinie Anhang I Vorbemerkung 3 ist der Hersteller verpflichtet, eine Gefahrenanalyse vorzunehmen, um die mit seinem Gerät verbundenen druckbedingten Gefahren zu ermitteln. Bei der Wahl der angemessensten Lösungen hat der Hersteller gemäß Anhang I Abschnitt 1.2 Druckgeräte-Richtlinie folgende Grundsätze, und zwar in der angegebenen Reihenfolge, zu beachten:

- Stufe I: Beseitigung oder Verminderung der Gefahren, soweit dies nach vernünftigem Ermessen möglich ist;
- Stufe II: Anwendung von geeigneten Schutzmaßnahmen gegen nicht zu beseitigende Gefahren;
- Stufe III: Gegebenenfalls Unterrichtung der Benutzer über die Restgefahren und Hinweise auf geeignete besondere Maßnahmen zur Verringerung der Gefahren bei der Installation und/oder der Benutzung.

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt stellt einen Leitfaden für die systematische Durchführung einer Gefahrenanalyse im Sinne des AD 2000-Regelwerks für Druckbehälter und Rohrleitungen sowie deren Ausrüstungsteile dar. Es können auch andere Vorgehensweisen angewendet werden, die die oben genannten Grundsätze erfüllen.

2 Durchführung der Gefahrenanalyse

Basis für die Gefahrenanalyse sind die grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhangs I der Druckgeräte-Richtlinie unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise. Fehlende Angaben hierzu sind gegebenenfalls vom Betreiber/Besteller einzuholen. Die nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren druckbedingten Gefahren sind zu analysieren, dabei sind jene Bedingungen zu betrachten, unter denen das unter Druck stehende Fluid den sicheren Einschluss verlassen könnte.

Gemäß Anhang I Abschnitt 1.3 ist, wenn die Möglichkeit einer unsachgemäßen Verwendung bekannt oder vorhersehbar ist, das Druckgerät so auszulegen, dass der Gefahr aus einer derartigen Benutzung vorgebeugt wird oder, falls dies nicht möglich ist, vor einer unsachgemäßen Benutzung des Druckgerätes in angemessener Weise zu warnen.

Zur Durchführung der Gefahrenanalyse kann Tafel 1 angewendet werden, worin mögliche Gefahren sowie Maßnahmen zu deren Beseitigung oder Verminderung (Stufe I), Schutzmaßnahmen gegen nicht zu beseitigende Gefahren (Stufe II) und Hinweise an den Betreiber (Stufe III) zusammengestellt sind. Die Maßnahmen der Stufe I beruhen auf den AD 2000-Merkblättern. Die Schutzmaßnahmen der Stufe II sowie die Hinweise an den Betreiber (Stufe III) sind beispielhaft und nicht abschließend und sind im Einzelfall festzulegen.

Die Ergebnisse der Gefahrenanalyse sind zu dokumentieren.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

© Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Tafel 1. Zusammenstellung möglicher Gefahren und Maßnahmen zu deren Beseitigung bzw. Verminderung

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
Druckgeräte allgemein						
1	Mechanisches Versagen durch unvollständige Erfassung der relevanten Aus-fallarten und/ oder nicht fach-gerechte Ent-wurfsmethoden	2.1	Auslegung für gesamte Lebensdauer	Reihe B und S N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitte 1, 2 und 8 N 4 Abschnitt 6 HP 511 HP 512R A 4 Abschnitt 5		
2	Mechanisches Versagen auf-grund unvoll-ständiger Belastungs-annahmen	2.2.1	Auslegung für die beab-sichtigte Verwendung und andere nach ver-nünftigem Ermessen vor-hersehbare Betriebsbe-dingungen: – Innen- und Außen-druck – Umgebungs- und Be-triebstemperaturen; – statischer Druck und Füllgewichte unter Be-triebs- und Prüfbedin-gungen; – Belastungen durch Verkehr, Wind und Erdbeben; – Reaktionskräfte und -momente im Zusam-menhang mit Trage-elementen, Befesti-gungen, Rohrleitungen usw.; – Korrosion und Erosion, Materialermüdung usw.; – Zersetzung instabiler Fluide	Reihe B und S N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitte 1 und 2 N 4 Abschnitt 6 HP 100R Abschnitt 3 HP 110R Abschnitt 3 HP 120R Abschnitt 3 A 4 Abschnitt 5		Angabe von Ent-wurfsmerkmalen, die für die Lebens-dauer des Gerätes von Belang sind, z. B. – für Kriechen: Aus-legungslebens-dauer in Stunden bei spezifizierten Temperaturen – für Ermüdung: Auslegungs-zyklenzahl bei spezifizierten Spannungswerten – für Korrosion: Korrosionszu-schlag bei der Auslegung – Belastungsannah-men für Wind, Erdbeben sowie Reaktionskräfte und -momente
3	Mechanisches Versagen auf-grund falscher Auslegungs- und Berech-nungsmetho-den	2.2.2	Auslegung auf der Grundlage folgender Verfahren: – Berechnungsmethode oder – experimentelle Ausle-gungsmethode	B 0 Abschnitt 2 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 6 HP 100R Abschnitt 6 HP 110R Abschnitt 6 HP 120R Abschnitt 6 A 4 Abschnitt 5		
		2.2.3 a)	Begrenzung der zulässi-gen Beanspruchung durch Sicherheitsfakto-ren und geeignete Ausle-gungsverfahren	Reihe B und S N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 6 HP 100R Abschnitt 6 HP 110R Abschnitt 6 HP 120R Abschnitt 6 A 4 Abschnitt 5		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
3	Zu: Mechani-sches Versagen aufgrund fal-scher Ausle-gungs- und Be-rechnungs-methoden	2.2.3 b)	Nachweis der Belast-barkeit durch geeignete Auslegungsberechnungen			
			– Berechnungsdrücke ≥ maximal zulässige Drücke	B 0 Abschnitt 4 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8		
			– Angemessene Sicher-heitsmargen für Berech-nungstemperaturen	B 0 Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8		
			– Berücksichtigung aller möglichen Tempera-tur- und Druckkombi-nationen	B 0 Abschnitte 4 und 5 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 6		
			– Maximale Spannung und Spannungskon-zentrationen innerhalb sicherer Grenzwerte	B 0 Abschnitte 6, 7 und 8 N 1 Abschnitt 4.4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 5		
			– Verwendung belegter Werkstoffdaten unter Berücksichtigung ent-sprechender Sicher-heitsfaktoren	B 0 Abschnitt 6 N 1 Abschnitt 3.7 N 2 Abschnitte 3 und 7 N 4 Abschnitt 3		
			– Anwendung geeigneter Verbindungsfaktoren	Reihe W B 0 Abschnitt 8 HP 0 Tafel 1 N 1 Abschnitt 4.5		
			– Berücksichtigung der Verschleißmecha-nismen:			
			– Kriechen	B 0 Abschnitte 6.2 und 6.5 N 1 Abschnitte 3.5 und 4.4 N 2 Abschnitt 7.2		
			– Ermüdung	S 1, S 2 N 1 Abschnitt 4.4 N 2 Abschnitte 2.4 und 7.2		
			– Korrosion	B 0 Abschnitt 9 N 1 Abschnitt 2.3 N 4 Abschnitt 3		
				Zusätzlich gilt hinsichtlich der Be-lastbarkeit für: – Rohrleitungen: HP 100R Abschnitte 5 und 6 HP 110R Abschnitte 5 und 6 HP 120R Abschnitte 5 und 6 – Gehäuse von Aus-rüstungsteilen: A 4		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
3	Zu: Mechanisches Versagen aufgrund falscher Auslegungs- und Berechnungsmethoden	2.2.3 c)	Ausreichende strukturelle Stabilität	S 3 HP 100R Abschnitt 6 HP 110R Abschnitt 6 HP 120R Abschnitt 6		Soweit erforderlich, Hinweise auf Aufstellung und Verankerung
		2.2.4	Verwendung geeigneter Prüfprogramme bei Anwendung der experimentellen Auslegungsmethode	B 0 Abschnitte 2.2 und 2.4 HP 100R Abschnitt 6.1 A 4 Abschnitt 6.2		
4	Undichtheit und unbeabsichtigte Entspannung/Freisetzung bei Handhabung und Betrieb	2.3	Vorkehrungen für die Sicherheit in Handhabung und Betrieb bei:			
			– Verschluss- und Öffnungsvorrichtungen;	A 5	AD 2000 A5, Abschnitte 3.2 und 3.3	Hinweise für Bedienung, Wartung und Prüfung der Funktionsfähigkeit, z. B.: – Öffnen der Verschlusseinrichtungen nur im drucklosen Zustand zulässig – Schrauben mit vorgegebenem Drehmoment anziehen – Verwendung spezifizierter Dichtungen
			– gefährlichem Abblasen aus Überdruckventilen;	A 2 Abschnitt 6		Gefahrloses Ableiten ist betreiberseitig sicherzustellen
			– Vorrichtungen zur Verhinderung des physischen Zugangs bei Überdruck oder Vakuum im Gerät;	A 5 Abschnitt 3	Druckmess-einrichtung	Öffnen der Verschlusseinrichtungen nur im drucklosen Zustand zulässig
			– hohen Oberflächentemperaturen unter Berücksichtigung der beabsichtigten Verwendung;	A 403 Abschnitte 4 und 5	Isolierungen oder Schutzgitter	Falls Stufe-II-Maßnahmen nicht durch den Hersteller, getroffen werden, Hinweis in Betriebsanleitung auf erforderliche Maßnahmen aufnehmen
			– Zersetzung instabiler Fluide		Prozessabhängige Sicherheitseinrichtungen gemäß AD 2000 A6	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
5	Mechanisches Versagen durch nicht erkannte innere Fehler, z. B. Korrosion infolge fehlen-der Vorkehrun-gen für die Ins-pektion	2.4	Vorkehrungen für die Inspektion treffen	A 5 (inkl. Anlage 1)		
6	Mechanisches Versagen durch Korro-sion oder un-kontrollierte chemische Reaktion in-folge fehlender oder fehlerhaf-ter Entlee-rungs- und Entlüftungs-möglichkeiten	2.5	Geeignete Entleerungs- und Entlüftungsmöglich-keiten, sofern erforder-lich, vorsehen	A 404 Abschnitte 4 und 6 A 5		Angaben zu Entlüf-tungs- bzw. Entlee-rungsintervallen
7	Mechanisches Versagen durch Korro-sion	2.6	Ggf. Wanddicken-zuschläge oder ange-messene Schutzvor-richtungen gegen Korro-sion oder andere chemi-sche Einflüsse vorsehen	B 0 Abschnitt 9 N 1 Abschnitt 3.6 N 2 Abschnitt 2.3 N 4 Abschnitt 6.3 HP 100R Abschnitte 3, 7 und 8 HP 110R Abschnitte 3, 7 und 8 HP 120R Abschnitte 3, 7 und 8	Kathodischer Korrosions-schutz, Außenanstrich	– Bezüglich Korro-sion sind generell zwei Fälle zu un-terscheiden: a) Hersteller hat die Gesamt-verantwortung und kennt die Fluide bzw. Betriebsbedin-gungen ⇒ dann sind diese auf-zuführen b) Hersteller erhält mit Bestellung eine Werkstoff-vorgabe ohne Kenntnis der Fluide oder Betriebsbedin-gungen ⇒ dann ist in der Betriebsan-leitung aufzunehmen, dass der Betreiber vor Inbetrieb-nahme die Verträglichkeit des Fluids mit dem Werkstoff sicherstellt – Hinweise zu War-tung und Inspek-tion, betriebliche Maßnahmen (z. B. Passivierung, Zu-gabe von Inhibito-ren), Konservie-rung bei längerem Stillstand

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
8	Mechanisches Versagen durch Ver-schleiß	2.7	Maßnahmen gegen Erosion und Abrieb	B 0 Abschnitt 9 HP 100R Abschnitt 3 HP 110R Abschnitt 3 HP 120R Abschnitt 3		ggf. Hinweise auf begrenzte Lebens-dauer, Angaben zu Wanddickenzu-schlägen oder Aus-tausch der am stärksten betroffe-nen Teile
9	Mechanisches Versagen durch fehler-hafte Funktion der Baugruppe	2.8	– Zuverlässigkeit und Eignung der Kompo-nenten für eine Bau-gruppe – Richtiger Zusammen-bau von Komponenten zu einer Baugruppe	A 403 Abschnitt 3 A 404 Abschnitte 2, 3, 4 und 6 A 6 S 3/6 HP 100R Abschnitt 10 HP 110R Abschnitt 10 HP 120R Abschnitt 10		ggf. Hinweise für Montage-/Demonta-gevorschriften der Komponenten
10	Undichtheit und unbeabsichtigte Entspannung / Freisetzung aufgrund feh-lender oder un-geeigneter Füll- oder Entlee-reinrichtungen	2.9	Auslegung und Ausrüstung für sicheres Füllen und Entleeren	A 403 A 404 Abschnitte 3.2, 5 und 6	Geeignete Kon-trolleinrichtung für Füllstand und ggf. Druck	Hinweise für die Durchführung des Befüllens und des Entleerens, z. B. hinsichtlich des Entlüftens
11	Mechanisches Versagen durch Über-schreiten der zulässigen Grenzen für Druck und Temperatur	2.10	Schutz vor Überschrei-ten der zulässigen Gren-zen des Druckgerätes		AD 2000 A 403 AD 2000 A 1 AD 2000 A 2 AD 2000 A 6 AD 2000 HP 100R Abschnitt 10 AD 2000 HP 110R Abschnitt 10 AD 2000 HP 120R Abschnitt 10	Betriebs- und Wartungsanweisun-gen, Anweisungen für Funktions-prüfungen
		2.11.1	Zuverlässige und ge-eignete Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion vorsehen	A 403 A 1 A 2 A 6	Ausführung „Fail-Safe“, Redundanz, Verschieden-artigkeit, Selbst-überwachung	
		2.11.2	Einrichtungen zur Druck-begrenzung	A 403 Abschnitt 3.1	Druckentlas-tungseinrichtun-gen, PLT-Schutz-einrichtungen, Si-cherheitsdruck-begrenzer	
		2.11.3	Einrichtungen zur Tem-peraturüberwachung	A 403 Abschnitte 4 und 5	Temperatur-begrenzer	
12	Mechanisches Versagen durch externen Brand	2.12	Ggf. Maßnahmen zur Schadensbegrenzung bei externem Brand vorsehen	A 403 Abschnitt 3.2.3		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
13	Mechanisches Versagen auf-grund ungeeig-neter Ferti-gungsverfah-ren	3.1	Einsatz geeigneter Fertigungstechniken und -verfahren	HP 0 Abschnitte 2 und 3 N 1 Abschnitte 2, 3 und 5 N 2 Abschnitt 2 N 4 Abschnitt 2 HP 100R Abschnitte 4 und 7 HP 110R Abschnitte 4 und 7 HP 120R Abschnitte 4 und 7 A 4 Abschnitt 5		
		3.1.1	Sachgemäße Vor-bereitung der Bauteile	HP 1 Abschnitt 2 HP 5/1 N 1 Abschnitt 3 N 2 Abschnitt 2 HP 100R Abschnitt 7 HP 110R Abschnitt 7 HP 120R Abschnitt 7 A 4 Abschnitt 5		
		3.1.2	Einwandfreie Ausführung der dauerhaften Werk-stoffverbindungen – Freiheit von inneren und äußeren Mängeln und ausreichende Eigenschaften – Zulassung von Arbeits-verfahren – Zulassung von Personal	HP 1 HP 5/2 HP 5/3 N 1 Abschnitt 5.2 N 2 Abschnitt 2.6 HP 2/1 N 1 Abschnitt 5.1 N 2 Abschnitt 2.6 HP 3 zusätzlich gilt hin-sichtlich der dauer-haften Werkstoffver-bindungen für: – Rohrleitungen: HP 100R Abschnitt 7 HP 110R Abschnitt 7 HP 120R Abschnitt 7 – Armaturen: A 4 Abschnitte 5 und 6		
14	Mechanisches Versagen wegen Nicht-erkennen von unzulässigen Fehlern in dauerhaften Werkstoff-verbindungen	3.1.3	Qualifiziertes Personal für zerstörungsfreie Prüfungen	HP 4		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
15	Mechanisches Versagen durch Verän-derung der Werkstoff-eigenschaften	3.1.4	Ggf. angemessene Wärmebehandlung	HP 7/1 HP 7/2 HP 7/4 HP 2/1 Abschnitt 3.6		
16	Mechanisches Versagen auf-grund Verwen-dung nicht ge-eigneter Werk-stoffe	3.1.5	Durchgängige Rückver-folgbarkeit der Werk-stoffe drucktragender Teile	HP 0 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 5 N 4 Abschnitt 8.2		
17	Mechanisches Versagen auf-grund unzuläs-siger Ferti-gungsmängel oder Abwei-chung vom Entwurf	3.2.1	Durchführung einer Schlussprüfung	HP 512 N 1 Abschnitt 5.3 HP 512R A 4 Abschnitt 6		
18	Mechanisches Versagen auf-grund von Ent-wurfs- oder Fertigungs-mängeln	3.2.2	Durchführung einer Druckprüfung oder adäquaten Prüfung	HP 512 N 1 Abschnitt 5.3 N 2 Abschnitt 10 N 4 Abschnitte 7.1 und 9.3 HP 512R HP 30 A 4 Abschnitt 6		Ggf. Hinweis, wenn ein hydrostatischer Druckversuch bei wiederkehrender Druckprüfung nicht durchgeführt wer-den darf.
19	Mechanisches Versagen durch Über-schreiten der zulässigen Grenzen für Druck oder Temperatur	3.2.3	Prüfung der Sicherheits-einrichtungen bei Bau-gruppen	HP 512 Abschnitt 7 HP 512R Abschnitt 5		
20	Mechanisches Versagen auf-grund fehlen-der oder fehler-hafter Kenn-zeichnung	3.3	Kennzeichnung und Etikettierung	A 401 N 4 Abschnitt 8 HP 100R Abschnitt 11 HP 110R Abschnitt 11 HP 120R Abschnitt 11 A 4 Abschnitt 7		
21	Unsachge-mäße Mon-tage, Inbetrieb-nahme, Benut-zung, Wartung und Inspektion durch den Be-treiber	3.4	Betriebsanleitung	Z 2, Tabelle 1 Stufe III und Abschnitt 2 N 4 Abschnitte 9, 10 und 11 HP 100R Abschnitt 11 HP 110R Abschnitt 11 HP 120R Abschnitt 11 A 4 Abschnitt 8.2		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
22	Mechanisches Versagen durch Verwen-dung ungeeig-neter Werk-stoffe	4	Eignung für die gesamte vorgesehene Lebens-dauer	Reihe W N 1 Abschnitt 3 N 2 Abschnitt 1.2 HP 100R Abschnitt 5 HP 110R Abschnitt 5 HP 120R Abschnitt 5 A 4 Abschnitt 4		
			Verwendung geeigneter Schweißzusatzwerk-stoffe und sonstiger Ver-bindungswerkstoffe	W 0 Abschnitt 4 N 1 Abschnitt 3 HP 100R Abschnitt 7.2.4		
		4.1	Auswahl geeigneter Werkstoffe bezüglich mechanischer Eigen-schaften, chemischer Beständigkeit, Alterung, Verarbeitung und Verbin-dung unterschiedlicher Werkstoffe	W 0 Abschnitte 2 und 3 N 1 Abschnitte 3 und 5 N 2 Abschnitte 2 und 3 N 4 Abschnitt 3 HP 100R Abschnitt 5 HP 110R Abschnitt 5 HP 120R Abschnitt 5		
		4.2 a)	Festlegung geeigneter Werkstoffkennwerte	Reihe W N 1 Abschnitte 3.7 und 5.2 N 2 Abschnitte 3 und 4 N 4 Abschnitte 3 und 5 HP 100R Abschnitt 5 HP 110R Abschnitt 5 HP 120R Abschnitt 5 B 0 Abschnitt 6		
		4.2 b)	Verwendung von • harmonisierten Normen • europäischer Werk-stoffzulassung (EAM) • Einzelgutachten	Reihe W W 0 Abschnitt 2.4		
		4.2 c)	Einzelgutachten durch zuständige benannte Stelle	W 0 Abschnitt 2.4 W 0 Abschnitt 3.2 N 1 Abschnitt 5.2 N 2 Abschnitt 3.2 HP 100R Abschnitt 5 HP 110R Abschnitt 5 HP 120R Abschnitt 5 A 4 Abschnitt 4.		
		4.3	Sicherstellung, dass die verwendeten Werkstoffe den vorgegebenen An-forderungen entspre-chen; Bescheinigung mit spezifischer Prüfung der Produkte (Werkstoffnachweise)	Reihe W N 1 Abschnitte 3.8 und 5.2 N 2 Abschnitt 6 N 4 Abschnitt 4 HP 100R Abschnitt 5 HP 110R Abschnitt 5 HP 120R Abschnitt 5 A 4 Abschnitt 4.3		

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
22	Zu: Mechani-sches Versa-gen durch Ver-wendung un-geeigneter Werkstoffe		Zertifiziertes QM-System des Werkstoffherstellers mit Übergang auf vom Hersteller ausgestellte Bescheinigungen	W 0 Abschnitt 3.1.2		
Besondere quantitative Anforderungen des Abschnitts 7 der DGR						
		7	Besondere quantitative Anforderungen an be-stimmte Druckgeräte	Die Anforderungen des Abschnitts 7 sind mit der Einhal-tung des AD 2000-Regel-werkes erfüllt, siehe auch AD 2000-Merk-blatt Z 1		
Zusätzliche Gesichtspunkte für befeuerte oder anderweitig überhitzungsgefährdete Druckgeräte						
23	Mechanisches Versagen durch Überhit-zung bei elek-trisch, abgas- und feuerbeheizten Behältern	5	Zusätzliche Anforderun-gen für befeuerte oder anderweitig beheizte überhitzungsgefährdete Druckgeräte gemäß Artikel 3 Absatz 1 – Dampf- und Heiß-wassererzeuger – Prozessheizgeräte für andere Medien als Dampf und Heißwasser	– Dampf- und Heiß-wasser-erzeuger werden im AD 2000-Re-gelwerk nicht behandelt – B 0 Abschnitt 5		
24	Mechanisches Versagen durch örtliche oder generelle Überhitzung	5 a)	Schutzvorrichtungen zur Begrenzung von Betriebs-parametern		AD 2000 A 403 Abschnitt 5 AD 2000 A 404 Abschnitt 6	Betriebs- und Wartungsanwei-sungen, Anweisun-gen für Funktions-prüfungen
25	Mechanisches Versagen durch Überhit-zung oder Schäden durch Ablagerungen oder Korrosion	5 b), c)	Probeentnahmestellen und Vorkehrungen zur Vermeidung von Ablagerungen und/oder Korrosion		AD 2000 A 404 Abschnitt 4	Hinweise zur Probennahme und zur Analyse der Fluide
26	Mechanisches Versagen durch Überhit-zung aufgrund von Nach-wärme	5 d)	Schaffung von Möglich-keiten der sicheren Wärmeabführung nach Abschalten		AD 2000 A 404 Abschnitte 6.2 und 6.4	Betriebs- und Wartungsanwei-sungen, Anweisun-gen für Funktions-prüfungen

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
27	Mechanisches Versagen durch Brand oder Explosion infolge An-sammlung ent-zündlicher Ge-mische	5 e)	Maßnahmen zur Vermei-dung der Ansammlung entzündlicher Gemische und Flammenrückschlag		AD 2000 A 404 Abschnitt 7	
Zusätzliche Gesichtspunkte bei Rohrleitungen						
28	Mechanisches Versagen durch fehler-hafte Ausle-gung und Bau	6	Zusätzliche Anforderun-gen für Rohrleitungen gemäß Artikel 3 Nr. 1.3			
29	Mechanisches Versagen durch Über-beanspru-chung auf-grund unzuläs-siger Bewegung oder übermäßi-ger Kräfte	6 a)	Ausreichende Unterstüt-zung, Befestigung, Ver-ankerung, Ausrichtung oder Vorspannung	HP 100R Abschnitte 6.2.2 und 6.2.3 HP 110R Abschnitte 6.2 und 6.3 HP 120R Abschnitt 6.2		Hinweise zur regel-mäßigen Kontrolle der Befestigungs-elemente, Lager, Stützen
30	Mechanisches Versagen durch Wasser-schlag oder Korrosion durch Kon-densflüssigkeit	6 b)	Einrichtungen zur Entwässerung bzw. Entfernung von Ablage-rungen	HP 100R Abschnitt 7.4.6 HP 110R Abschnitt 7.4.9 HP 120R Abschnitt 7.4.9		Angaben zu Entwässerungs-intervallen
31	Mechanisches Versagen durch Schäden aufgrund von Turbulenzen und Wirbelbil-dung (z. B. Erosion, Ero-sions-Korro-sion, Kavita-tion)	6 c)	Berücksichtigung möglicher Schäden durch Turbulenzen und Wirbelbildung	HP 100R Abschnitt 3 HP 110R Abschnitt 3 HP 120R Abschnitt 3		
32	Mechanisches Versagen durch Ermü-dung infolge von Vibratio-nen	6 d)	Berücksichtigung von Ermüdungserschei-nungen durch Vibrationen	HP 100R Abschnitte 3, 6.2.2, 6.2.3, 7.4.5 HP 110R Abschnitte 3, 6.2, 6.3, 7.4.7 HP 120R Abschnitte 3, 6.2, 7.4.7	Geeignete Ein-richtungen, z. B. Schwingungs-dämpfer	

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheits-anforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaß-nahmen gegen nicht zu beseiti-gende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
33	Undichtheit und unbeabsichtigte Entspannung / Freisetzung an Abzweigungen für Rohrleitun-gen mit gefähr-lichen Fluiden (Gruppe 1)	6 e)	Absperrungen von Rohr-abzweigungen bei Fluid-gruppe 1	HP 100R Abschnitt 7.4.7 HP 110R Abschnitt 7.4.11 HP 120R Abschnitt 7.4.11		
34	Undichtheit und unbeab-sichtigte Ent-spannung / Freisetzung aufgrund unbe-absichtigter Entnahme	6 f)	Kennzeichnung der Entnahmestellen	HP 100R Abschnitt 7.4.8 HP 110R Abschnitt 7.4.12 HP 120R Abschnitt 7.4.12		Ggf. Hinweise auf Kennzeichnung der permanenten Seite der Anschlussstelle für den Betreiber
35	Mechanisches Versagen auf-grund mangel-hafter War-tungs- und In-spektionsmög-lichkeiten	6 g)	Dokumentation von Lage und Verlauf erdverlegter - Rohrleitungen - Fernleitungen	HP 100R Abschnitt 11 HP 110R Abschnitt 11 HP 120R Abschnitt 11 Fernleitungen werden im AD 2000-Regelwerk nicht behandelt		Hinweis auf zuge-hörige technische Dokumentation

3 Hinweise zur Betriebsanleitung

Nach den Vorgaben in der Druckgeräte-Richtlinie ist Druckgeräten, soweit erforderlich, für den Benutzer eine Betriebsanleitung nach Anhang I Nr. 3.4 der DGR beizufügen, die alle der Sicherheit dienlichen Informationen zu folgenden Aspekten enthält:

- Montage einschließlich Verbindung verschiedener Druckgeräte
- Inbetriebnahme
- Benutzung
- Wartung einschließlich Inspektion durch den Benutzer

Die sich aus Tafel 1 Stufe III ergebenden Restgefahren sind in die Betriebsanleitung aufzunehmen. Technische Unterlagen, Zeichnungen und Diagramme, die zum vollen Verständnis dieser Anleitung notwendig sind, sind ihr entsprechend beizufügen.

Gegebenenfalls ist hinzuweisen auf die Gefahren einer unsachgemäßen Verwendung im Sinne von Anhang I Abschnitt 1.3 der Druckgeräte-Richtlinie sowie auf die besonderen Merkmale des Entwurfs gemäß Abschnitt 2.2.3 der DGR, wie z. B.:

- Grenzen für den sicheren Betrieb, einschließlich der vorgesehenen Betriebs- und vorausgesetzten Entwurfsbedingungen
- Verwendetes Regelwerk
- Verbindungskoeffizienten
- Veranschlagte Lebensdauer unter Berücksichtigung von Materialermüdung, Kriechen, Korrosion und Verschleiß
- Konstruktionsmerkmale, die für die Lebensdauer des Geräts relevant sind
- Informationen über austauschbare Teile

Wenn das Gerät zum ersten Mal in Verkehr gebracht wird, muss die Betriebsanleitung in der Sprache vorliegen, die den gesetzlichen Vorschriften am Aufstellungsort entspricht, um die notwendigen Sicherheitsinformationen zu geben. Für Druckgeräte, die in Deutschland aufgestellt und betrieben werden, ist die Betriebsanleitung in deutscher Sprache zu verfassen.

Die Betriebsanleitung muss die gemäß AD 2000-Merkblatt A 401 anzubringenden Angaben der Kennzeichnung enthalten, mit Ausnahme der Herstellnummer. Darüber hinaus sind Warnhinweise am Druckgerät in der Betriebsanleitung zu beschreiben. Bezüglich sonstiger Dokumentationen wird auf die AD 2000-Merkblätter HP 512, HP 100R und HP 512R verwiesen.

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

Herausgeber:

Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
http://www.vdtuev.de

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de

Normen-Download-Beuth-Industriefabrik Schneider GmbH-KdNr.7738009-LfNr.7827701001-2017-01-26 16:23

ISBN 978-3-410-27086-7



www.beuth.de