

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.

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 Prüfständigkeit 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 Kehlnähten¹⁾ 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,

$$e_2 = 2,5 \cdot \sqrt{D \times s} \quad (1)$$

jedoch mindestens 50 mm bei Nennwanddicken bis 8 mm und mindestens 100 mm bei Nennwanddicken über 8 mm (Bild 1).

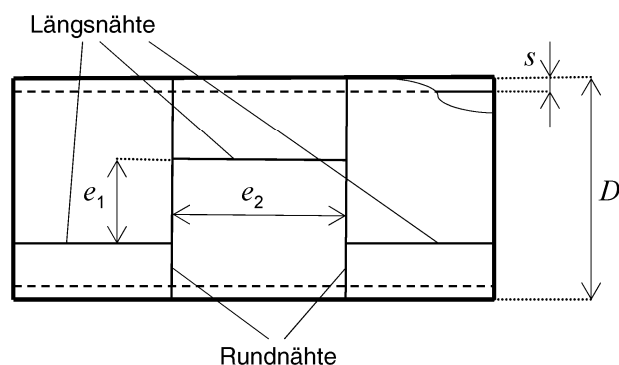


Bild 1 — Stumpfnähte am Mantel

¹⁾ Siehe DIN EN ISO 17659, Abschnitt 3.9, Bild 1c.

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.

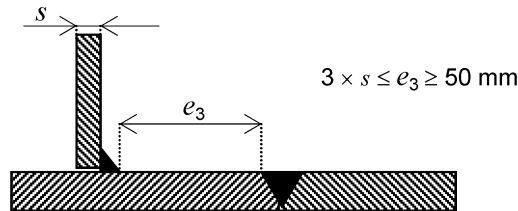


Bild 2 — Abstand zwischen den Nahrändern von Schweißverbindungen

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 aufgetragenen 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 $\pm 1,5 \%$ 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.

AD 2000-Merkblatt

Seite 4 AD 2000-Merkblatt HP 1, Ausg. 06.2014

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 $0,05 \cdot s$ 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.

- 3) Der Abstand zwischen zwei Bereichen mit Dickenunterschreitungen und der Abstand von Störstellen, wie z. B. Stützen, muss mindestens $\sqrt{D \cdot s}$ betragen²⁾.
- 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.

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 $1,5 \cdot K/S$. 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.

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.

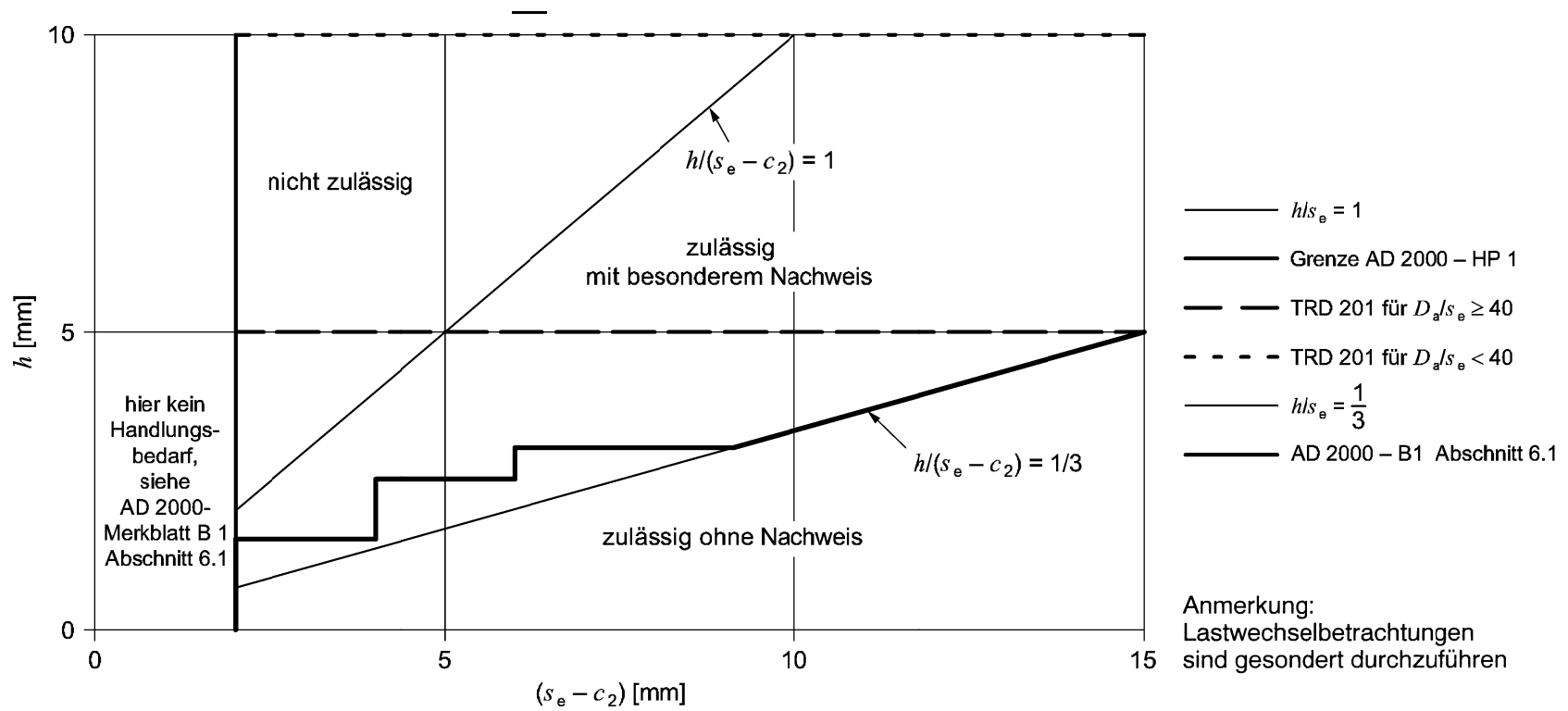


Bild 3 — Zulässige Aufdachungen bei Innendruckbelastung

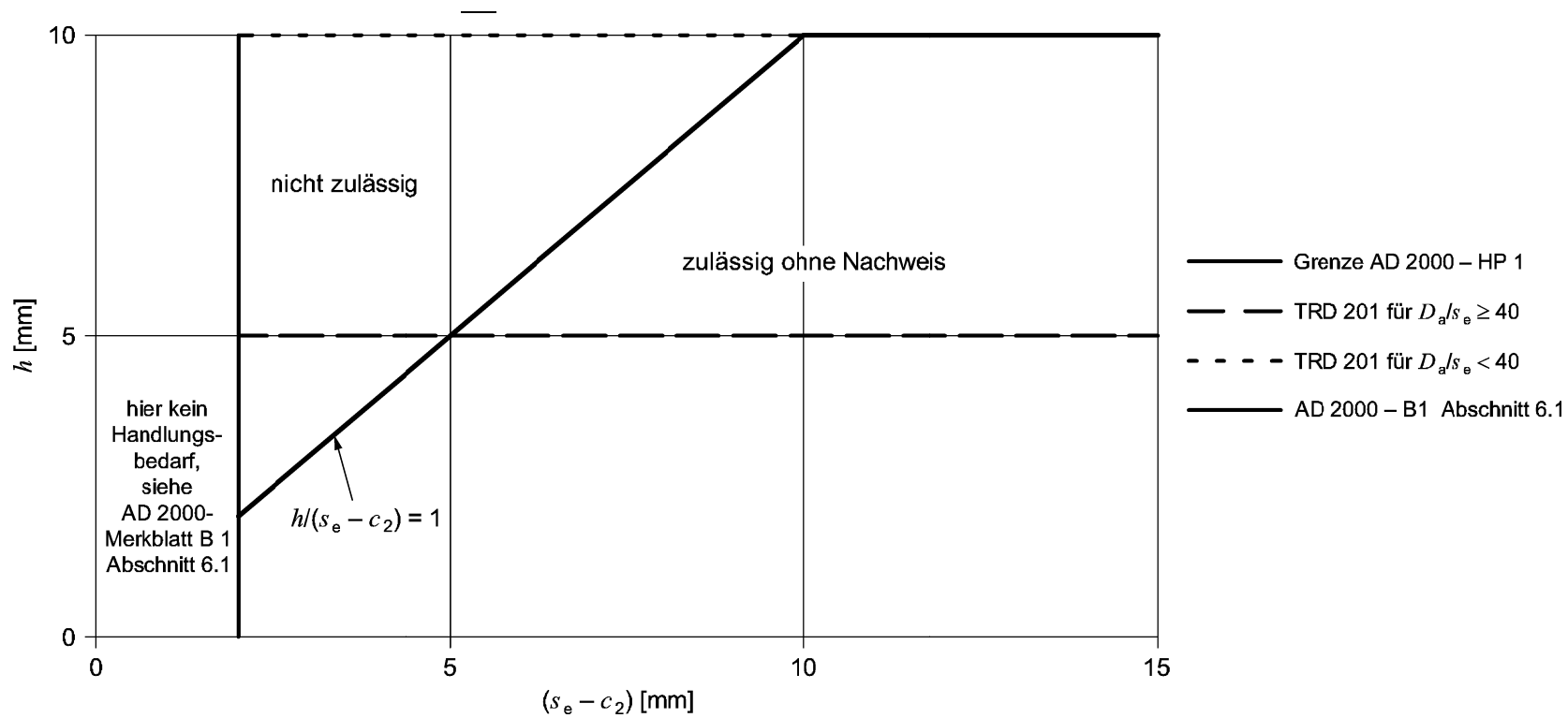


Bild 4 — Zulässige Aufdachungen bei ruhender Innendruckbelastung

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