

DIN EN 286-2



ICS 23.020.30; 43.040.40

Einsprüche bis 2019-12-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 286-2:1992-11

Entwurf

**Einfache, unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff –
Teil 2: Druckbehälter für Druckluftbremsanlagen und Hilfseinrichtungen
in Kraftfahrzeugen und deren Anhängfahrzeugen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 286-2:2019**

Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen –
Part 2: Pressure vessels for air braking and auxiliary systems for motor vehicles and their
trailers;

German and English version prEN 286-2:2019

Réipients à pression simples, non soumis à la flamme, destinés à contenir de l'air ou de
l'azote –

Partie 2: Réipients à pression pour circuits de freinage et circuits auxiliaires des véhicules
routiers et leurs remorques;

Version allemande et anglaise prEN 286-2:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-10-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fnca@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 99 Seiten

DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 286-2:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 012-00-05 AA „Unbefeuerte Druckbehälter“ im DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

Änderungen

Gegenüber DIN EN 286-2:1992-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionell überarbeitet;
- b) normative Verweisungen aktualisiert.

Einfache, unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff — Teil 2: Druckbehälter für Druckluftbremsanlagen und Hilfseinrichtungen in Kraftfahrzeugen und deren Anhängfahrzeugen

*Réipients à pression simples, non soumis à la flamme, destinés à contenir de l'air ou de l'azote — Partie 2 :
Réipients à pression pour circuits de freinage et circuits auxiliaires des véhicules routiers et leurs remorques*

*Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen — Part 2: Pressure vessels for air braking and
auxiliary systems for motor vehicles and their trailers*

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole	10
4 Werkstoffe	12
4.1 Hauptdrucktragende Teile	12
4.1.1 Stahlbehälter	12
4.1.2 Aluminiumbehälter	12
4.1.3 Weitere Werkstoffe und Erzeugnisse	13
4.2 Zubehörteile, die zur Festigkeit des Behälters beitragen	13
4.3 Nicht drucktragende Teile	14
4.4 Schweißzusatzstoffe	14
5 Bestimmung der Wanddicke	14
5.1 Allgemeines	14
5.2 Berechnungsverfahren	14
5.2.1 Zulässige Berechnungsspannung	14
5.2.2 Nennwanddicke	14
5.2.3 Berechnete Mantelwanddicke	14
5.2.4 Berechnete Wanddicke gewölbter Böden ohne Öffnung	15
5.2.5 Wanddickenberechnung für unverstärkte ebene Böden ohne Öffnungen	16
5.2.6 Berechnung von Ausschnittverstärkungen für Mäntel und gewölbte Böden mit Öffnungen (Stützen)	16
5.2.7 Berechnung von Ausschnittverstärkungen für ebene Böden	20
5.3 Versuchsverfahren	24
5.3.1 Einführung	24
5.3.2 Allgemeines	24
5.3.3 Druckprüfung	25
5.3.4 Berstprüfung	25
6 Konstruktion und Herstellung	25
6.1 Konstruktion	25
6.1.1 Allgemeines	25
6.1.2 Ausführung von Öffnungen	25
6.1.3 Ausführung der Schweißnähte	26
6.1.4 Besichtigungsöffnungen	27
6.1.5 Entwässerungsöffnungen	31
6.1.6 Befestigungen	32
6.2 Herstellung	32
6.2.1 Umformen von Blechen	32
6.2.2 Toleranzen	32
6.2.3 Wärmebehandlung für Aluminium-Legierungen	32
6.2.4 Schweißen	32
7 Prüfung von Schweißern, Fachpersonal für Schweißanlagen und Schweißsachkundigen	33

8	Eignung von Schweißverfahren	33
8.1	Schweißverfahrensprüfung.....	33
8.2	Anforderungen	33
8.2.1	Stahl-Schweißnähte.....	33
8.2.2	Aluminium-Schweißnähte	34
9	Korrosionsschutz.....	34
9.1	Allgemein.....	34
9.2	Behälter aus Stahl.....	34
9.3	Behälter aus Aluminium	34
10	Prüfungen und Bescheinigungen.....	34
10.1	Prüfungen, die während der Herstellung auszuführen sind	34
10.1.1	Allgemeine Anforderungen	34
10.1.2	Behälter, die nach dem Berechnungsverfahren ausgelegt sind.....	35
10.1.3	Behälter, die nach dem Versuchsverfahren ausgelegt sind.....	41
10.2	Druckprüfung	42
11	Kennzeichnung.....	42
12	Betriebsanleitung.....	43
	Anhang A (normativ) KV-Anforderungen an Bleche, Bänder und Stangenmaterial (Stahl).....	44
	Anhang B (normativ) Betrieb mit Druckwechselbelastung.....	45
	Anhang C (normativ) Prüfung des Korrosionsschutzes	46
C.1	Probestücke.....	46
C.2	Gitterschnittprüfungen von Anstrichen.....	46
C.3	Salzsprühtest.....	46
	Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/29/EU.....	48
	Literaturhinweise.....	49

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 286-2:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 286-2:1992 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/29/EU.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2014/29/EU siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

1 Anwendungsbereich

1.1 Dieses Dokument behandelt die Konstruktion und Herstellung von einfachen, serienmäßig hergestellten unbefeuerten Druckbehältern, die nachfolgend als Behälter bezeichnet werden, für Druckluftbremsanlagen und Hilfseinrichtungen in Kraftfahrzeugen und deren Anhängerfahrzeugen und

- a) durch Schweißen hergestellt werden;
- b) eine einfache Geometrie aufweisen, die einfache Fertigungsverfahren ermöglichen. Dies wird entweder erreicht durch
 - 1) einen kreiszylindrischen Teil, der von nach außen gewölbten und/oder ebenen Böden, die dieselbe Achse haben wie der zylindrische Teil, abgeschlossen wird oder
 - 2) zwei nach außen gewölbte Böden mit gemeinsamer Achse;
- c) Abzweigungen besitzen, deren Durchmesser nicht größer als das 0,5-fache des Manteldurchmessers ist, an den sie angeschweißt sind.

1.2 Es gilt nur für Behälter zur Aufnahme von Druckluft mit folgenden Einschränkungen:

- a) der innere Überdruck ist größer als 0,5 bar;
- b) die zur Festigkeit des druckbeaufschlagten Behälters beitragenden Teile und Anschlüsse bestehen entweder aus unlegiertem Qualitätsstahl, aus unlegiertem Aluminium oder aus alterungsbeständigen Aluminiumlegierungen;
- c) der zulässige Betriebsüberdruck beträgt 30 bar. Das Produkt aus diesem Druck und dem Behältervolumen ($PS \cdot V$) ist größer als 50 bar l und nicht größer als 1 500 bar l;
- d) das Volumen ist nicht größer als 150 l;
- e) die niedrigste Betriebstemperatur beträgt -50°C , und die höchste Betriebstemperatur beträgt 100°C .

Es gilt nicht für Behälter für den besonderen Einsatz im kerntechnischen Bereich, nicht für Behälter für den Einbau in oder den Antrieb von Schiffen oder Flugzeugen und nicht für Feuerlöscher.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 10028-1:2017, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

EN 10028-2:2017, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10207:2017, *Stähle für einfache Druckbehälter — Technische Lieferbedingungen für Blech, Band und Stabstahl*

EN 10216-1:2013, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

EN 10217-1:2019, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Elektrisch geschweißte und unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

EN 10217-2:2019, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10222-1:2017, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Freiformschmiedestücke*

EN ISO 148-1:2016, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1:2016)*

EN ISO 2409:1994, *Lacke und Anstrichstoffe — Gitterschnittprüfung (ISO 2409:1992)*

EN ISO 4136:2012, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Querkzugversuch (ISO 4136:2012)*

EN ISO 5173:2010,¹ *Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Biegeprüfungen*

EN ISO 5817:2014, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2014)*

EN ISO 6520-1:2007, *Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen — Teil 1: Schmelzschweißen (ISO 6520-1:2007)*

EN ISO 6892-1:2016, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2016)*

EN ISO 9227:2017, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227:2017)*

EN ISO 9606-1:2017, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1:2012 einschließlich Cor 1:2012 und Cor 2:2013)*

EN ISO 9606-2:2004, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen (ISO 9606-2:2004)*

EN ISO 10042:2018, *Schweißen — Lichtbogenschweißverbindungen an Aluminium und seinen Legierungen — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 10042:2018)*

EN ISO 14341:2011, *Schweißzusätze — Drahtelektroden und Schweißgut zum Metall-Schutzgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 14341:2010)*

EN ISO 14732:2013, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14732:2013)*

EN ISO 15607:2003, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607:2003)*

¹ Siehe EN ISO 5173:2010/A1:2011.

EN ISO 15609-1:2004, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1:2004)*

EN ISO 15614-1:2017, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2017)*

EN ISO 15614-2:2005, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung Teil 2: Lichtbogenschweißen von Aluminium und seinen Legierungen (ISO 15614-2:2005)*

EN ISO 17636-1:2013, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen (ISO 17636-1:2013)*

EN ISO 17636-2:2013, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (ISO 17636-2:2013)*

EN ISO 18273:2015, *Schweißzusätze — Massivdrähte und -stäbe zum Schmelzschweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen — Einteilung (ISO 18273:2015)*

ISO 209:2007, *Aluminium and aluminium alloys — Chemical composition*

ISO 2107:2007, *Aluminium and aluminium alloys — Wrought products — Temper designations*

ISO 6361-2:2014, *Wrought aluminium and aluminium alloys — Sheets, strips and plates — Part 2: Mechanical properties*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1.1

Baumusterprüfung

Verfahren, bei dem eine notifizierte Stelle sicherstellt und bescheinigt, dass ein Musterbehälter die Anforderungen dieses Dokuments erfüllt

3.1.2

Konformitätsbewertung

Verfahren nach Wahl des Herstellers zur Prüfung und Bescheinigung, dass die hergestellten Behälter dieser Norm entsprechen

3.1.3

Konformitätserklärung

Bestätigung des Herstellers, dass die Behälter diesem Dokument entsprechen

3.1.4

überwachte Produktprüfung

Verfahren, das von einer notifizierten Stelle während der Fertigung durchgeführt wird, um sicherzustellen, dass der Hersteller die Anforderungen dieses Dokuments ordnungsgemäß erfüllt

3.1.5

technische Bauunterlagen

sind vom Hersteller zu erstellen und haben den Zweck, Konstruktion, Werkstoffe und Herstellung einschließlich Bescheinigungen zu beschreiben

3.1.6

Sachkundiger des Herstellers

beim Hersteller angestellte Person/Personen, die hinreichend vom Fertigungspersonal unabhängig ist/sind, qualifiziert und verantwortlich für Prüfungen und Kontrollen an Behältern, die er/sie selbst durchzuführen hat/haben oder sachkundige Mitarbeiter unter seiner/ihrer Verantwortung durchzuführen haben

3.1.7

Qualifikation des Sachkundigen

Qualifikation des Sachkundigen bedeutet, dass der Sachkundige für die verschiedenen von ihm unter Verantwortung des Herstellers durchzuführenden Prüfungen und Kontrollen technisch fachkundig ist und ebenso die notwendige Erfahrung besitzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Es ist die Verantwortung des Herstellers, die Kompetenz des Sachkundigen zu ermitteln.

3.1.8

automatisches Schweißen

Schweißvorgang, bei dem alle Schweißparameter automatisch geregelt werden, wobei einige dieser Parameter beim Schweißen in begrenztem Umfang (von Hand oder automatisch durch mechanische oder elektronische Einrichtungen) nachgestellt werden können, um die vorgegebenen Schweißbedingungen einzuhalten

3.1.9

nichtautomatisches Schweißen

alle Schweißvorgänge, außer den in 3.1.8 beschriebenen

3.1.10

Behältertyp

Behälter sind vom gleichen Typ, wenn sie gleichzeitig die folgenden Bedingungen erfüllen:

- ähnliche geometrische Form (z. B. Mantelschüsse und Böden oder nur Böden, in beiden Fällen Böden der gleichen Form);
- Werkstoff und Wanddicke der Behälter liegen im Geltungsbereich der Schweißverfahrensprüfung einschließlich der für Stutzen und Besichtigungsöffnungen;
- gleiche Art der Stutzen und Besichtigungsöffnungen; Anzahl und Lage können dabei variieren;
- gleiche Temperaturgrenzen

3.1.11

Los

<von Behältern> besteht aus höchstens 3 000 Behältern des gleichen Typs

3.1.12

Serienfertigung

mehr als ein Behälter desselben Typs werden in einer bestimmten Zeit in einem fortlaufenden Fertigungsprozess nach einer gemeinsamen Konstruktion und unter Verwendung der gleichen Fertigungsverfahren hergestellt

3.1.13

Familie

Behälter einer Familie differieren nur im Durchmesser und/oder in der Länge ihrer zylindrischen Teile

3.1.14

Unterfamilie

Unterfamilie besteht aus Behältern der gleichen Familie, mit gleichen Wanddicken, aus gleichen Werkstoffen bei gleichen Schweißverfahren und gleichen Konstruktionsdetails; an den Behältern können Anzahl und Lage von Befestigungen und Anschlussstutzen variieren

3.1.15

höchste Berechnungstemperatur

Temperatur, die der Berechnung zugrunde gelegt wird und die nicht kleiner sein darf als die maximale Betriebstemperatur

3.1.16

Mindestberechnungstemperatur

niedrigste Temperatur, die der Wahl der Werkstoffe zugrunde gelegt wird und die nicht größer sein darf als die minimale Betriebstemperatur

3.1.17

maximale Betriebstemperatur

$T_{\max}$

höchste stabilisierte Temperatur in der Wand des Behälters unter normalen Betriebsbedingungen

3.1.18

minimale Betriebstemperatur

$T_{\min}$

niedrigste stabilisierte Temperatur in der Wand des Behälters unter normalen Betriebsbedingungen

3.1.19

zulässiger Betriebsüberdruck

PS

höchste Druck, der unter normalen Betriebsbedingungen entstehen kann

3.1.20

Berechnungsdruck

P

vom Hersteller gewählte Druck, um die Wanddicken der druckbeaufschlagten Teile zu bestimmen

3.1.21

Werkszeugnis

Dokument, mit dem der Hersteller bescheinigt, dass die gelieferten Produkte den Anforderungen der Bestellung entsprechen; es enthält die Ergebnisse der routinemäßigen werksinternen Prüfungen, insbesondere chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften, wobei diese Prüfungen an Produkten vorgenommen werden, die im selben Vorgang wie die Lieferung hergestellt wurden, jedoch nicht unbedingt an den gelieferten Produkten selbst

Anmerkung 1 zum Begriff: Es entspricht dem Werkszeugnis „2.2“ nach EN 10204.

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Symbole:

$A, A_{80\text{mm}}$	Dehnung nach dem Bersten	%
A_c, A_R	siehe 5.2.7.	mm ²
A_f	effektive spannungsbelastete Fläche als Ausgleich	mm ²
A_{fb}	effektive spannungsbelastete Fläche als Ausgleich eines Stutzens	mm ²
A_{fs}	effektive spannungsbelastete Fläche als Ausgleich eines Mantels	mm ²
A_p	druckbelastete Fläche	mm ²
c	absoluter Wert der Minustoleranz gemäß Werkstoffnorm oder wie in der Zeichnung angegeben, zuzüglich des absoluten Wertes der Wanddickenreduzierung durch das Umformverfahren	mm
c_b	wie c , für Anschlüsse und Stutzen	mm
C	Berechnungsbeiwert für ebene Böden ohne Öffnungen	—
d	Öffnungsdurchmesser	mm
d_{ib}	innerer Durchmesser eines Stutzens	mm
d_{ob}	Außendurchmesser eines Stutzens	mm
D	innerer Durchmesser eines ebenen Bodens ohne Öffnungen	mm
D_c	Außendurchmesser der Kugelkalotte eines Kugeltorus-Bodens gemessen an der Tangente zwischen Kalotte und Krempe	mm
D_o	Außendurchmesser des Mantels/Bodens	mm
e	Nennwanddicke	mm
e_a	Istwanddicke	mm
e_{act}	Istwanddicke des Mantels vor der Druckprüfung	mm
e_{ah}	Istwanddicke des Bodens	mm
e_{as}	Istwanddicke des Mantels	mm
e_c	Berechnete Dicke	mm
e_{cb}	berechnete Wanddicke eines Anschlusses oder eines fiktiven Anschlusses mit dem gleichen inneren Durchmesser wie der Stutzen	mm
e_{ch}	berechnete Wanddicke des Bodens	mm
e_{cs}	berechnete Wanddicke des Mantels	mm
e_h	Nennwanddicke des Bodens	mm
e_n	zu e_{act} korrespondierende Nennwanddicke wie in der Konstruktionszeichnung angegeben	mm
e_{rb}	Wanddicke eines Stutzens, die zur Verstärkung beiträgt	mm
e_{rs}	Wanddicke eines Mantels, die zur Verstärkung beiträgt	mm

e_s	Wanddicke des Mantels	mm
f	zulässige Berechnungsspannung bei Berechnungstemperatur	N/mm ²
g	Kehlnahtdicke	mm
h	Höhe eines gewölbten Bodens	mm
$h_b, h_{be}, h_{be1}, h_{be2}$	siehe 5.2.6.1 und Bild 3.	mm
K_c	Berechnungsbeiwert, abhängig vom Schweißverfahren	—
KCV	Kerbschlagarbeit	J/cm ²
KV	Kerbschlagenergie	J
l_b	Länge zwischen angrenzenden Stützen	mm
l_{rb}	Höhe eines Stützens, die zur Verstärkung beiträgt	mm
l_{rs}	Länge eines Mantels, die zur Verstärkung beiträgt	mm
L	siehe 5.2.7.	mm
m	siehe C.3.	—
N	siehe 6.1.3.1 und C.3.	—
P	Berechnungsdruck ² (dieser darf nicht kleiner sein als PS)	bar
P_h	Prüfdruck ¹	bar
PS	zulässiger Betriebsüberdruck ¹	bar
r	innerer Krepfenradius für Kugeltorus-Böden	
R	innerer Radius für Böden und Mäntel	mm
R_e	minimale Streckgrenze nach Werkstoffnorm	N/mm ²
$R_{e\ act}$	Streckgrenze des Mantelwerkstoffes ermittelt durch Zugversuch	N/mm ²
R_{eT}	minimale Streckgrenze bei maximaler Betriebstemperatur nach Werkstoffnorm	N/mm ²
R_m	minimale Zugfestigkeit nach Werkstoffnorm oder Werkzeugnis des Werkstoffherstellers	N/mm ²
$R_{m\ act}$	Zugfestigkeit des Mantelwerkstoffes ermittelt durch Zugversuch	N/mm ²
T	Temperatur	°C
T_{max}	maximale Betriebstemperatur	°C
T_{min}	minimale Betriebstemperatur	°C
T'_{min}	minimale Umgebungstemperatur	°C
u_i	Umfangslänge an der Schnittstelle i nach der Druckprüfung	mm
u_{i0}	Umfangslänge an der Schnittstelle i vor der Druckprüfung	mm
V	Inhalt des Druckbehälters	L

2 Alle Drücke sind Überdrücke.

4 Werkstoffe

4.1 Hauptdrucktragende Teile

4.1.1 Stahlbehälter

Folgende Werkstoffe müssen verwendet werden:

- a) Blech, Bandstahl und Stangenmaterial nach EN 10207:2017, (Stahlsorte P235S, P265S und P275SL) sowie nach EN 10028-1:2017 und EN 10028-2:2017, (Stahlsorte P235GH und P265GH);

Für diese Stahlsorten kann die Übereinstimmung mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen bezüglich der durchschnittlichen Kerbschlagenergie KV von Stahl bei minimaler Betriebstemperatur mit dem Anhang A geprüft werden.

- b) Rohre nach EN 10216-1:2013 und EN 10217-1:2019 (Stahlsorte P235 TR2 und P 265 TR2) sowie nach EN 10217-2:2019 (Stahlsorte P 195 GH, P 235 GH und P 265 GH);

- c) Schmiedestücke, die den Anforderungen der EN 10222-2:2017 entsprechen.

Für a), b) und c) muss den Werkstoffen ein Werkszeugnis beigelegt sein, aus dem die Eignung des Werkstoffes für alle geforderten Merkmale hervorgeht. Bei Werkstoffen nach b) und c) muss das Werkszeugnis einen spezifischen Bezug auf die Anforderungen enthalten.

4.1.2 Aluminiumbehälter

Die folgenden Werkstoffe müssen verwendet werden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 — Aluminiumwerkstoffe

ISO- Bezeichnung ^a	Internationale Registrierung ^a	Temper- Bezeichnung ^b	Maximale Temperatur °C	Temperatur			Berechnungs- temperatur ^c		
				°C			°C		
				20	50	100	20	50	100
				Mindestwert der Streckgrenze ^d			Berechnungs- spannung		
				$R_{p0,2}$			f		
				N/mm ²			N/mm ²		
Al99,8 (A)	1080 A	0	100	22	20	18	13	12	11
Al99,7	1070 A	0	100	25	23	20	15	14	13
Al99,5	1050 A	0	100	30	29	27	18	17	16
AlMg1 (B)	5005 A	0	100	35	35	35	21	21	21
AlMg2	5251	0	100	60	60	60	36	36	36
AlMg2Mn0,8	5049	0	100	80	80	70	48	48	42
AlMg2,5	5052	0	100	60	60	57	36	36	34
AlMg3	5754	0	100	80	80	70	48	48	42

ISO- Bezeichnung ^a	Internationale Registrierung ^a	Temper- Bezeichnung ^b	Maximale Temperatur °C	Temperatur			Berechnungs- temperatur ^c		
				°C			°C		
				20	50	100	20	50	100
				Mindestwert der Streckgrenze ^d $R_{p0,2}$ N/mm ²			Berechnungs- spannung f N/mm ²		
AlMg3Mn	5454	0	100	90	90	90	54	54	54
AlMg3,5 (A)	5154 A	0	100	90	90	90	54	54	54
AlMg 4	5086	0	65	100	100	90 ^e	60	60	54 ^e
AlMg4,5Mn0,7	5083	0	65	125	125	120 ^e	75	75	72 ^e
AlMn1	3103	0	100	35	35	30	21	21	18
AlMn0,5Mg0,5	3105	0	100	40	40	37	24	24	22
^a ISO-Bezeichnung und -Registrierung siehe ISO 209:2007. ^b Temper-Bezeichnung siehe ISO 2107:2007. ^c Für Zwischenwerte der Berechnungstemperatur kann interpoliert werden. ^d $R_{p1,0}$ für Aluminium, $R_{p0,2}$ für Aluminiumlegierungen. ^e Nur für Interpolationszwecke, Temperaturgrenze 65°C.									

Für andere Erzeugnisse (z. B. Stangen) sollten Werkstoffe nach ISO 6362-2, soweit sie die Anforderungen erfüllen, verwendet werden.

4.1.3 Weitere Werkstoffe und Erzeugnisse

Alle Werkstoffe, die nicht in dieser Liste oder in 4.1.1 und 4.1.2 enthalten sind, und die nach einer anerkannten nationalen oder internationalen Norm für Qualitätsstähle, Aluminium oder Aluminiumlegierungen hergestellt wurden und den wesentlichen Sicherheitsanforderungen entsprechen, sind zulässig, wenn sie von einer notifizierten Stelle im Rahmen einer Baumusterprüfung der Behälter, welche auch die Eignung des Werkstoffes mit einschließt, anerkannt worden sind. Für solche Werkstoffe muss eine Bescheinigung einer notifizierten Stelle die Eignung dieser Werkstoffe bestätigen.

4.2 Zubehöerteile, die zur Festigkeit des Behälters beitragen

Diese Zubehöerteile (Rohre, Stutzen usw.) müssen aus runden Profilen oder Rohren aus Stahlsorten, Aluminium oder Aluminiumlegierungen hergestellt sein, die mit den zur Herstellung der drucktragenden Teile verwendeten Werkstoffen verträglich sind. Längsproben müssen eine Bruchdehnung A von mindestens 14 % haben (siehe EN ISO 6892-1:2016).

4.3 Nicht drucktragende Teile

Alle nicht drucktragenden Teile von geschweißten Behältern müssen aus Werkstoffen hergestellt werden, die mit den Werkstoffen der Teile, an die sie angeschweißt sind, verträglich sind.

Zu diesem Zweck müssen Halterungen und Zubehörteile von Stahlbehältern, die an die Behälterwand angeschweißt werden, aus unlegiertem Stahl hergestellt werden, der folgenden Anforderungen genügt:

$C \leq 0,25 \text{ \%, } S \leq 0,05 \text{ \%, } P \leq 0,05 \text{ \%}$ und

$R_{m,\max} \leq 580 \text{ N/mm}^2$

Aluminium und Aluminiumlegierungen müssen 4.1.2 entsprechen.

4.4 Schweißzusatzstoffe

Schweißzusatzstoffe zur Herstellung der Schweißnähte des Behälters oder an den Behältern müssen geeignet und den zu schweißenden Werkstoffen angepasst sein.

Sie müssen EN ISO 14341:2011 oder EN ISO 18273:2015 entsprechen.

5 Bestimmung der Wanddicke

5.1 Allgemeines

Der Hersteller kann die Wanddicke von drucktragenden Teilen entweder mit dem Berechnungsverfahren nach 5.2 oder mit den Versuchsverfahren nach 5.2 bestimmen.

Die tatsächliche Wanddicke des Mantels und der Böden darf bei Stahlbehältern nicht weniger als 2 mm und bei Behältern aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen nicht weniger als 3 mm betragen. Das bedeutet: Die Mindestnennwanddicke beträgt 2 mm + c für Druckbehälter aus Stahl und 3 mm + c für Druckbehälter aus Aluminium.

5.2 Berechnungsverfahren

5.2.1 Zulässige Berechnungsspannung

Die zulässige Berechnungsspannung f darf den kleineren der beiden Werte $0,6 R_{eT}$ oder $0,3 R_m$ nicht übersteigen, wobei R_{eT} und R_m Werte aus den Werkstoffnormen sind.

5.2.2 Nennwanddicke

Die Nennwanddicke e von Mänteln und Böden muss gleich oder größer sein als:

$$e \geq e_c + c \quad (1)$$

5.2.3 Berechnete Mantelwanddicke

$$e_{cs} = \frac{PD_o}{20 f + P} K_c \quad (2a)$$

$K_c = 1,0$ oder $1,15$, abhängig vom Schweißverfahren. Die vorgesehene Prüfung, siehe Tabellen 6 bis 9 in 10.1.2.2, hängt von den Werten K_c und P ab.

5.2.4 Berechnete Wanddicke gewölbter Böden ohne Öffnung

5.2.4.1 Bedingungen

Gewölbte Böden müssen die folgenden Bedingungen erfüllen:

a) Halbkugelböden: $0,002 D_o \leq e_{ch} \leq 0,16 D_o$;

b) elliptische Böden: $0,002 D_o \leq e_{ch} \leq 0,08 D_o$;

$$h_e = h \geq 0,18 D_o$$

c) Kugeltorus-Böden: $0,002 D_o \leq e_{ch} \leq 0,08 D_o$;

$$r \geq 0,06 D_o$$

$$r \geq 3 e_{ch}$$

$$R \leq D_o$$

Die Grenzwerte für R sind Nennwerte; Toleranzen bis zu 4 % sind zulässig.

Es sollte beachtet werden, dass die beiden Bedingungen unter b) und die vier Bedingungen unter c) gleichzeitig erfüllt werden.

Auf keinen Fall, ausgenommen Bild 6, darf die Wanddicke des zylindrischen Teils bzw. des Bordes eines gewölbten Bodens kleiner sein als die Dicke eines nahtlosen zylindrischen Mantels ohne Ausschnitte, der den gleichen Durchmesser aufweist, aus dem gleichen Werkstoff besteht und für den gleichen Berechnungsdruck und die gleiche Berechnungstemperatur ausgelegt ist.

5.2.4.2 Berechnung von Halbkugelböden

Die Wanddicke von Halbkugelböden wird bestimmt durch die folgende Gleichung:

$$e_{ch} = \frac{P D_o}{40 f + P} K_c \quad (2b)$$

K_c siehe 5.2.3.

5.2.4.3 Berechnung von elliptischen und Kugeltorus-Böden

Diese Berechnung kann wie folgt durchgeführt werden:

a) $P/(10f)$ ist aus dem Berechnungsdruck P und der zulässigen Spannung f zu ermitteln.

Es ist h_e/D_o zu ermitteln, wobei für Kugeltorus-Böden h_e der kleinere von den drei Werten ist:

$$D_o^2/[4(R + e_{ch})] \quad \text{oder} \quad \sqrt{D_o(r + e_{ch})/2} \quad \text{oder} \quad h.$$

Es bedeutet:

$$h = R + e_{ch} - \sqrt{(R - r)^2 - (D_o/2 - e_{ch} - r)^2}$$

- b) Dieser Wert ist in Bild 2 einzutragen, dann ist senkrecht nach oben bis zu der vorgesehenen Bodenform entsprechenden h_e/D_0 -Kurve zu gehen und dann waagrecht nach links bis zur e_{ch}/D_0 -Achse, um den entsprechenden e_{ch}/D_0 -Wert abzulesen.

Die Interpolation zwischen h_e/D_0 -Kurven ist zulässig; alternativ können Werte von der nächst höheren h_e/D_0 -Kurve abgelesen werden.

ANMERKUNG Die dem Bild 2 entsprechenden Werte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

- c) Nach Multiplikation des Wertes e_{ch}/D_0 mit D_0 erhält man die Bodenwanddicke e_{ch} .

Die Dicke des Kugelkalottenteiles eines Kugeltorus-Bodens darf wie für einen Halbkugelboden mit einem Kugelradius R im Bereich des Durchmessers $D_c - 2z$ ermittelt werden, wobei

$$z = 0,5 \sqrt{R \times \text{Wanddicke des Kugeltorus-Bodens}}$$

ist.

Bild 2 kann für Werte von h_e und D_0 verwendet werden, die sich auf Innenmaße beziehen, vorausgesetzt $h_e/D_0 < 0,27$ oberhalb dieses Wertes sind Außenmaße zu verwenden.

5.2.5 Wanddickenberechnung für unverstärkte ebene Böden ohne Öffnungen

Die Mindestwanddicke unverstärkter ebener Böden ohne Öffnungen ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$e = C D \sqrt{\frac{P}{10f}} \quad (3)$$

wobei $C = 0,5$ ist.

5.2.6 Berechnung von Ausschnittverstärkungen für Mäntel und gewölbte Böden mit Öffnungen (Stutzen)

5.2.6.1 Eine Berechnung von Ausschnittverstärkungen ist nicht erforderlich, wenn

- der innere Durchmesser des Ausschnittes

$$d \leq 0,14 \sqrt{(D_0 - e_a) e_a} \quad (4a)$$

ist oder wenn

- der innere Durchmesser des Ausschnittes

$$d \leq 2 \frac{e_a - e_c - c}{e_c} \sqrt{(D_0 - e) e} - 2 (e_{cb} + c_b) \quad (4b)$$

ist oder wenn

- die folgenden Bedingungen für die Abmessungen des Stutzens und der Öffnung erfüllt sind (siehe Bild 3):

$$h_{be} \cdot e_{rb} \geq \frac{d}{2} \cdot e_c \quad (4c)$$

$d_b \leq 40 \text{ mm}$.

Dabei ist h_{be} der kleinere Wert von h_b oder $6 e_c$ (siehe Bilder 3a und 3b) bzw. der kleinere Wert von h_b oder $10 e_c$ mit der Einschränkung von $h_{be1} \leq 6 e_c$ und $h_{be2} \leq 6 e_c$ (siehe Bild 3c).

5.2.6.2 Wenn die Bedingungen nach 5.2.6.1 nicht erfüllt sind, gilt die nachfolgende Berechnungsmethode für zylindrische Mäntel und gewölbte Böden mit kreisrunden Öffnungen, wobei die Annahmen und Bedingungen aus 5.2.6.3 und 5.2.6.4 zu erfüllen sind.

5.2.6.3 Der Abstand zwischen zwei Öffnungen, gemessen zwischen den Öffnungsrändern, darf nicht kleiner als $10 e$ sein.

Wenn der Abstand zwischen zwei Öffnungen größer oder gleich $2 l_{rs}^3$ ist mit

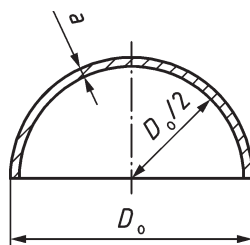
$$l_{rs} = \sqrt{(2R + e_{rs})e_{rs}} \quad (5)$$

dann ist die notwendige Verstärkung nach 5.2.6.6, Fall A oder C, zu berechnen.

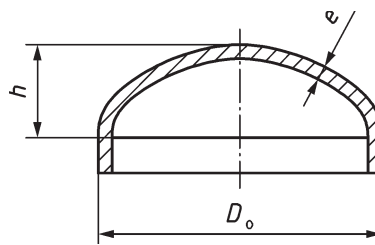
Wenn der Abstand zwischen den Öffnungen kleiner als $2 l_m$ ist, ist die notwendige Verstärkung nach 5.2.6.6, Fall B oder D, zu berechnen.

5.2.6.4 Die Verstärkung des Mantels oder gewölbten Bodens kann alternativ erreicht werden durch

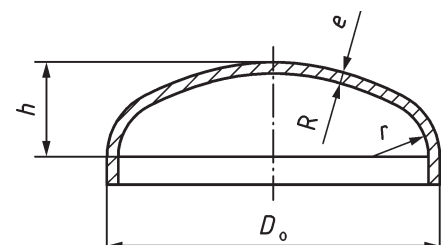
- | | |
|-----------------------|--|
| — eingesetzte Stutzen | } einschließlich Anschweißung
durch Reib- und Press-Schweißen |
| — aufgesetzte Stutzen | |
| — Wanddickenerhöhung | |



**1a)
Halbkugelboden**



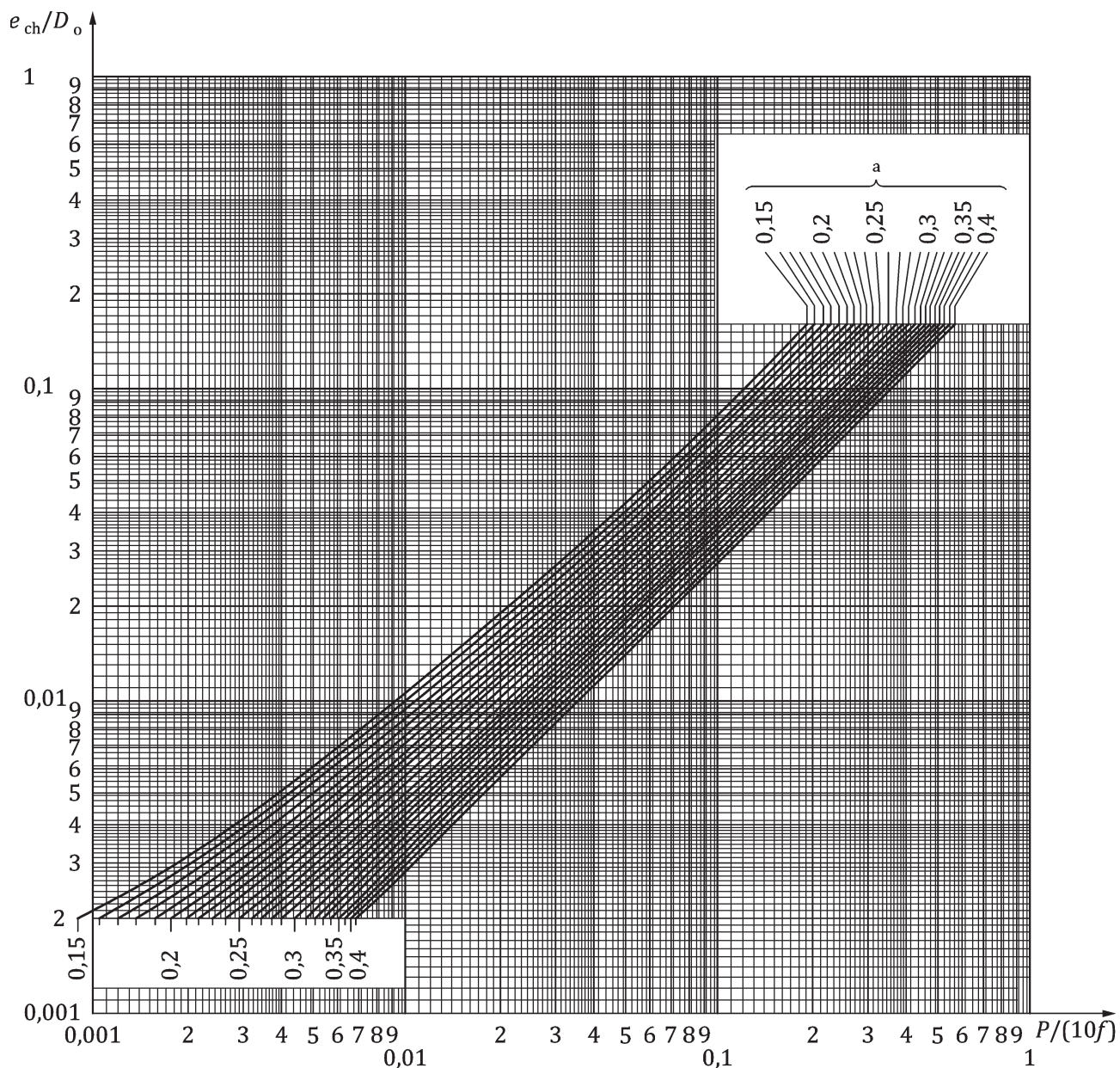
**1b)
elliptischer Boden**



**1c)
Kugeltorus-Boden**

Bild 1 — Arten von Böden

3 Siehe auch Gleichung (1) in 6.1.3.5.



Legende

a Werte für h_e/D_o

ANMERKUNG logarithmische Teilung

Bild 2 — Berechnungskurven für gewölbte Böden

Tabelle 2 — Werte von $(e_{ch}/D_o) \cdot 10^3$ für gewölbte Böden ohne Ausschnitte in Abhängigkeit von h_e/D_o und $P/(10f)$

$\frac{h_e}{D_o}$	$P/(10f)$									
	0,001	0,0015	0,0025	0,004	0,006	0,010	0,015	0,025	0,050	Höhere Werte
0,15	2,13	2,70	3,73	5,22	7,20	10,9	15,4	24,0	44,5	$880 \times P/(10f)$
0,16	(1,95)	2,50	3,50	4,90	6,70	10,2	14,3	22,2	41,5	$810 \times P/(10f)$
0,17	(1,80)	2,30	3,24	4,58	6,30	9,6	13,5	21,0	39,2	$770 \times P/(10f)$
0,18	(1,65)	2,11	2,99	4,23	5,80	8,8	12,6	19,7	37,0	$730 \times P/(10f)$
0,19		(1,95)	2,77	3,95	5,43	8,3	11,8	18,5	35,0	$695 \times P/(10f)$
0,20		(1,80)	2,55	3,64	5,00	7,7	11,0	17,3	33,0	$650 \times P/(10f)$
0,21		(1,65)	2,39	3,42	4,75	7,3	10,4	16,2		$620 \times P/(10f)$
0,22		(1,52)	2,22	3,20	4,45	6,84	9,7	15,4		$585 \times P/(10f)$
0,23		(1,40)	2,08	2,95	4,12	6,30	9,1	14,5		$555 \times P/(10f)$
0,24			(1,92)	2,76	3,83	5,90	8,5	13,6		$530 \times P/(10f)$
0,25			(1,75)	2,58	3,56	5,50	7,8			$500 \times P/(10f)$
0,26			(1,64)	2,40	3,34	5,15	7,35			$475 \times P/(10f)$
0,27			(1,52)	2,25	3,12	4,80	6,80			$445 \times P/(10f)$
0,28			(1,41)	2,12	2,93	4,50	6,45			$425 \times P/(10f)$
0,29				(2,00)	2,73	4,20				$405 \times P/(10f)$
0,30				(1,86)	2,54	3,95				$385 \times P/(10f)$
0,31				(1,71)	2,41	3,80				$370 \times P/(10f)$
0,32				(1,61)	2,30	3,65				$358 \times P/(10f)$
0,33				(1,52)	2,20	3,50				$345 \times P/(10f)$
0,34				(1,45)	2,10					$335 \times P/(10f)$
0,35										$325 \times P/(10f)$
0,36										$319 \times P/(10f)$
0,38										$307 \times P/(10f)$
0,40										$295 \times P/(10f)$

ANMERKUNG 1 Diese Tabelle gilt nicht für Werte von $(e_{ch}/D_o) \cdot 10^3 < 2,00$.

ANMERKUNG 2 Zwischenwerte können durch logarithmische Interpolation ermittelt werden.

ANMERKUNG 3 Die Werte in Klammern dürfen nur beim Interpolieren herangezogen werden.

5.2.6.5 Die erforderliche Verstärkungsfläche des Behälters mit Öffnungen kann nicht direkt berechnet, sondern muss zunächst geschätzt werden. Diese Schätzung kann mit Hilfe der in den folgenden Absätzen festgelegten Methode überprüft werden. Die angewandte Methode geht aus von Gleichung (2a) für zylindrische Mäntel und von Gleichung (2b) für Kugelschalen und Kugelkalotten von gewölbten Böden und führt zu Beziehungen zwischen einer Druckfläche A_p und einer Spannungsfläche A_f . Unter bestimmten Bedingungen kann es erforderlich werden, die Berechnung mit einer korrigierten Schätzung der Verstärkungsfläche zu wiederholen.

5.2.6.6 Die Verstärkungsberechnung ist entsprechend Tabelle 3 in Kombination mit den Bildern 4a bis 4d vorzunehmen. Für gewölbte Böden gelten für die Berechnung von A_p , A_{fs} und A_{fb} die Bilder 4a bis 4d. Für zylindrische Mäntel können die Bilder 4a bis 4d für die Berechnung der effektiven Nutzflächen (A_{fs} und A_{fb}) ebenfalls herangezogen werden, wobei beachtet werden sollte, dass die folgenden Bedingungen gelten:

$$A_p = R \left(l_{rs} + \frac{d}{2} \right) \quad (6)$$

wenn die Entfernung zwischen den Öffnungen $\geq 2 l_{rs}$ ist und

$$A_p = R \left(l_b + \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} \right) \quad (7)$$

wenn die Entfernung zwischen den Öffnungen $< 2 l_{rs}$ aber $\geq 10 e$ ist.

5.2.7 Berechnung von Ausschnittverstärkungen für ebene Böden

Ebene Böden mit einer Öffnung von $D/2$ oder kleiner sind entsprechend folgender Gleichung zu verstärken:

$$A_R \geq A_c \quad (8)$$

Die Fläche A_R ergibt sich aus der Differenz zwischen der angenommenen Wanddicke und der entsprechend 5.2.5 berechneten Wanddicke multipliziert mit der Länge L .

Die Fläche A_c ergibt sich aus dem Produkt von $d/2$ und der berechneten Wanddicke e nach 5.2.5.

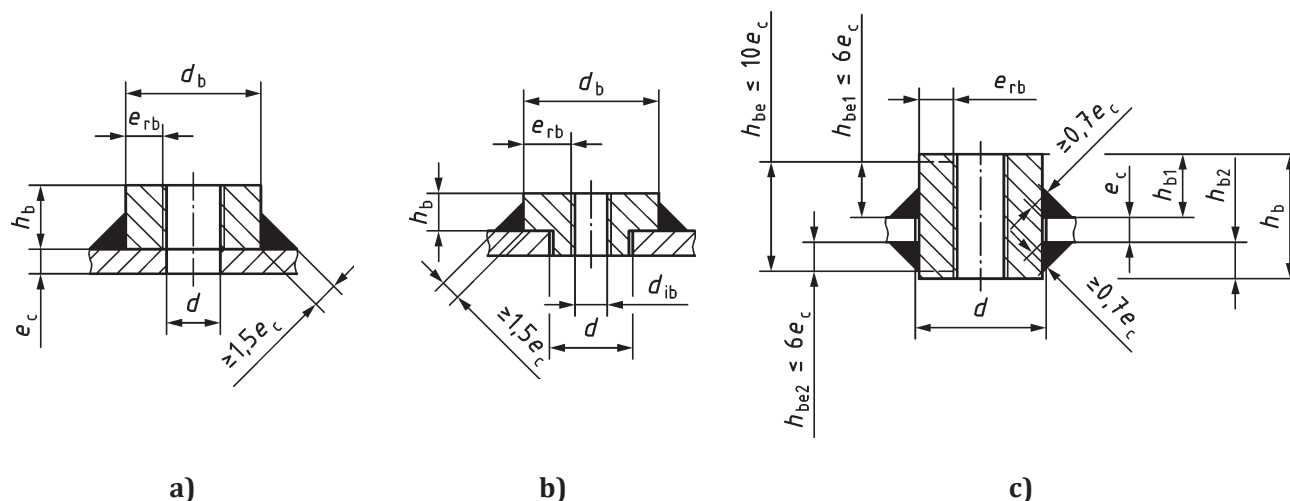
L ist der größere der 3 Werte $2,5 e$ oder $(e + 75 \text{ mm})$ oder $d/2$.

ANMERKUNG 1 Diese Verstärkungsmethode ist weit verbreitet und hat sich für eine große Anzahl von Anwendungsfällen als zufriedenstellend erwiesen. Jedoch ist ihre Anwendung aufgrund der vereinfachten Berechnung begrenzt.

ANMERKUNG 2 Diese Verstärkungsmethode berücksichtigt die Querschnittsfläche des örtlich verwendeten Materials.

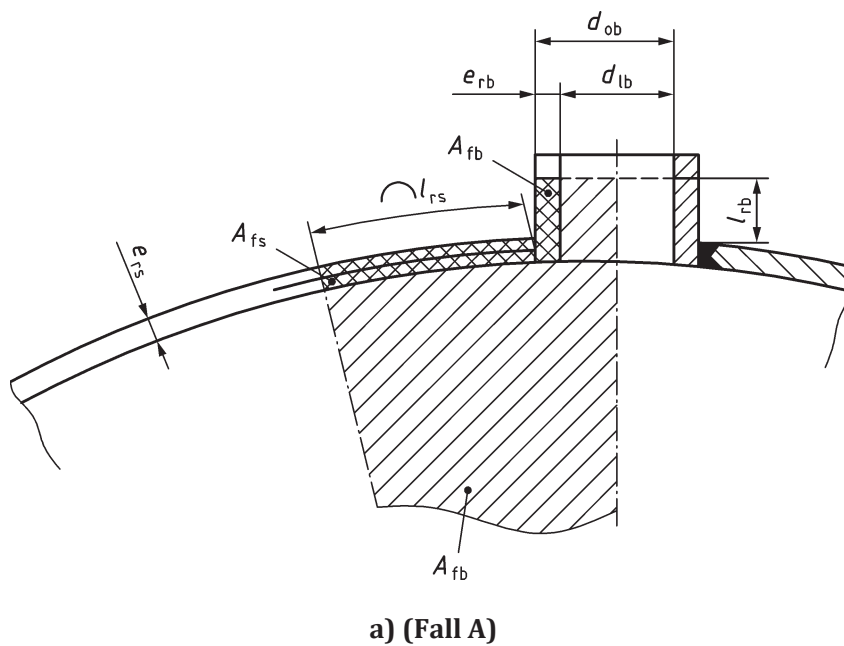
Tabelle 3 — Berechnung von Ausschnittverstärkungen [siehe auch Bild 4a) bis 4d)]

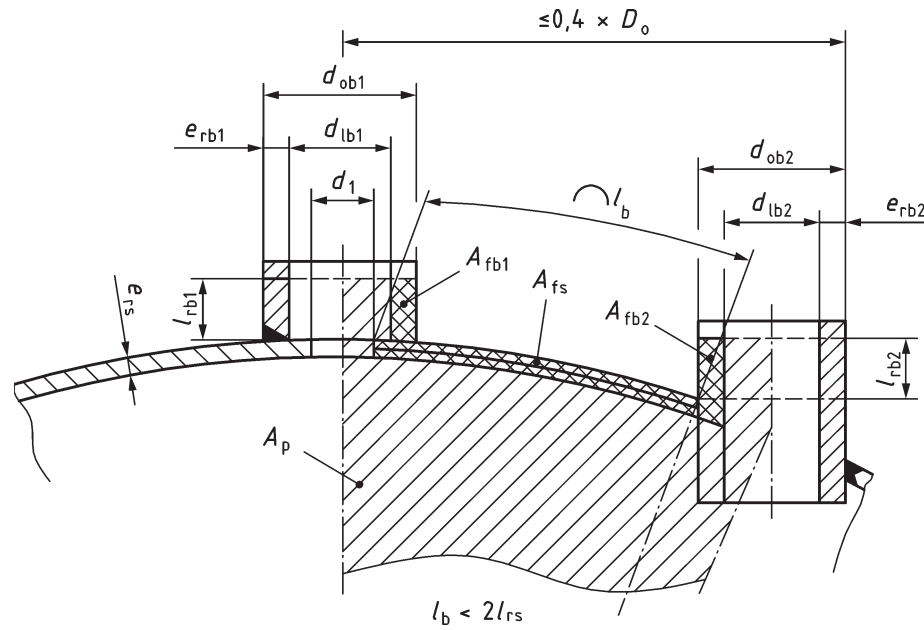
Verstärkung durch ein- oder aufgesetzte Stützen		Verstärkung durch Wanddickenerhöhung
Entfernung zwischen 2 Öffnungen $\geq 2 l_{rs}$	Fall A [Bild 4a)] Die effektive Höhe des Stützens^a l_{rb}: $l_{rb} = 0,8\sqrt{(d_{ib} - e_{rb})e_{rb}}$ Die effektive Fläche^b des Stützens A_{fb}: $A_{fb} = l_{rb} \cdot e_{rb}$ Die effektive Länge^b der Wand l_{rs} Die effektive Fläche^b der Wand A_{fs}: $A_{fs} = l_{rs} \cdot e_{rs}$	Fall C [Bild 4c)] Die effektive Länge^b der Wand l_{rs} Die effektive Fläche^b der Wand A_{fs}: $A_{fs} = l_{rs} \cdot e_{rs}$ Bei der Berechnung von Wänden mit nur einer Öffnung beträgt die effektive Länge der Wand: $l_{rs} = 1,0\sqrt{(2R + e_{rs})e_{rs}}$
Entfernung zwischen 2 Öffnungen $< 2 l_{rs}$ aber $\geq 10 e$	Fall B [Bild 4b)] Die effektive Höhe des Stützens^a l_{rb}: $l_{rb} = 0,8\sqrt{(d_{ib} - e_{rb})e_{rb}}$ Die effektive Fläche^b des Stützens A_{fb}: $A_{fb} = l_{rb} \cdot e_{rb}$ Die effektive Länge^b der Wand l_b Die effektive Fläche^b der Wand A_{fs}: $A_{fs} = l_b \cdot e_{rs}$	Fall D [Bild 4d)] Die effektive Länge^b der Wand l_b Die effektive Fläche^b der Wand A_{fs}: $A_{fs} = l_b \cdot e_{rs}$
	In beiden Fällen ist die folgende Bedingung zu erfüllen: $\frac{P}{10} \left(\frac{A_p}{A_{fs} + A_{fb}} + 0,5 \right) \leq f$	In beiden Fällen ist die folgende Bedingung zu erfüllen: $\frac{P}{10} \left(\frac{A_p}{A_{fs}} + 0,5 \right) \leq f$
^a Wenn die tatsächliche Höhe des Stützens kleiner als l_{rb} ist, dann ist die tatsächliche Höhe einzusetzen. ^b Die effektive Länge und die effektive Fläche sind die Länge bzw. die Fläche, die zur Kompensation der Öffnung zu berücksichtigen sind.		



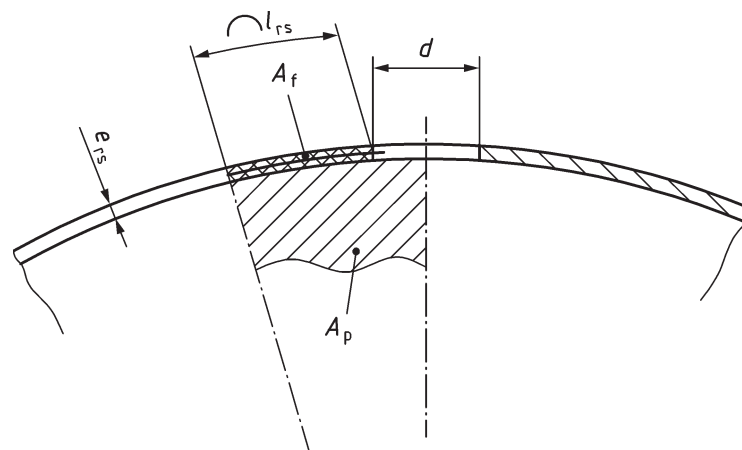
ANMERKUNG Bei Bild 3b) kann die Fläche $[(d - d_{ib})/2]e_c$ berücksichtigt werden, wenn die volle Durchschweißung gegeben ist.

Bild 3 — Mantel oder gewölbter Boden mit einer Öffnung, die durch einen Stutzen verstärkt ist

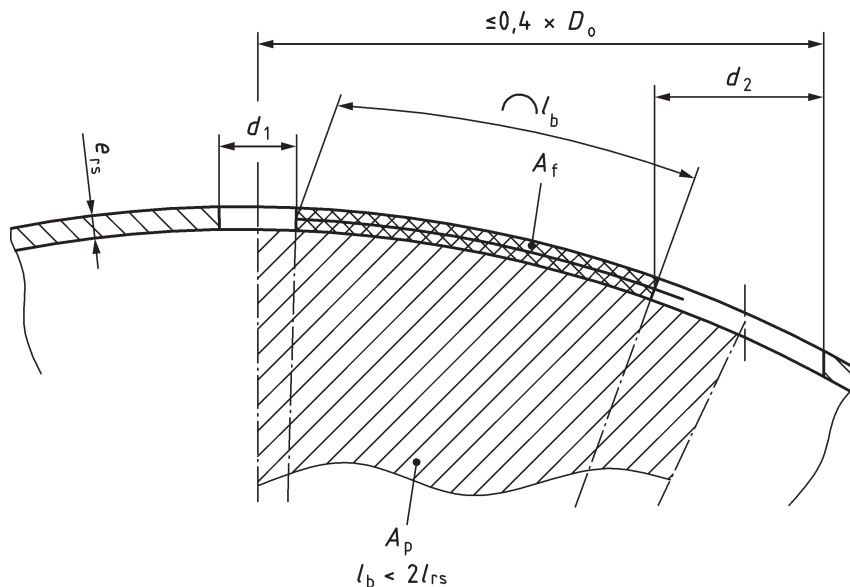




b) (Fall B)



c) (Fall C)



d) (Fall D)

ANMERKUNG 1 Betrifft Bild 4a): Kann auch für aufgesetzte Stutzen verwendet werden.

ANMERKUNG 2 Betrifft Bild 4a): Wenn der Stutzen mit innenliegenden Stutzenteilen eingesetzt wird, dann ist auch die effektive Nutzfläche des innenliegenden Teils der Wandung zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 3 Betrifft Bild 4a) und Bild 4b): Falls volle Durchschweißung angewendet wird. Wenn nicht, kann der Stutzen nicht zur Verstärkung angewendet werden.

Bild 4 — Effektive Flächen und druckbelastete Flächen für die Berechnung einer Verstärkung

5.3 Versuchsverfahren

5.3.1 Einführung

Um die Wanddicke durch einen Druckversuch bestimmen zu können, ist die plastische Verformung eines Behälters (Baumuster, der den ungünstigsten Fall darstellt) von jeder Unterfamilie zu bestimmen. Der Versuch ist bei einer Umgebungstemperatur von $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ durchzuführen und besteht aus

- einer Druckprüfung mit anschließendem Berstversuch und
- einem Zugversuch am Blech/Band, das für den Mantel des Baumusters verwendet wurde.

Die Bestimmung des/der ungünstigsten Falles/Fälle muss zwischen Hersteller und notifizierter Stelle abgestimmt werden; die Prüfungen sind von der notifizierten Stelle durchzuführen oder von ihr zu beaufsichtigen und zu bestätigen.

5.3.2 Allgemeines

Während des Druckversuchs darf die durchschnittliche Drucksteigerungsrate nicht größer als 1,0 bar/s sein, bis der vorgeschriebene Prüfdruck erreicht ist. Der Prüfdruck sollte mindestens 5 min beibehalten werden. Während dieser Zeit dürfen keine Undichtheiten auftreten. Der Druckversuch ist an einem fertigen Produkt (jedoch ohne Oberflächenbehandlung) durchzuführen.

5.3.3 Druckprüfung

Die Druckprüfung ist bei einem Druck von mindestens dem Fünffachen des zulässigen Betriebsüberdruckes (5 PS) durchzuführen bei einer bleibenden Umformsverformung, die folgende Bedingung erfüllt:

$$100 \cdot \frac{u_i - u_{i0}}{u_{i0}} \cdot \frac{R_{e \text{ act}}}{R_e} \cdot \frac{e_{\text{act}}}{e_n - c} \leq 1 \quad (9)$$

Der Druck muss mit einer Genauigkeit von 1 % gemessen werden.

Vor dem Druckversuch ist die tatsächliche Wanddicke des zylindrischen Mantels zu bestimmen, und der Umfang des Behälters ist an mindestens drei verschiedenen Stellen mit einer Genauigkeit von 0,1 ‰ zu messen.

Nach dem Druckversuch ist der Umfang an den gleichen Stellen zu bestimmen.

5.3.4 Berstprüfung

Anschließend an den Druckversuch ist der Druck wieder aufzubringen und gleichmäßig zu steigern, bis das Bersten der Behälterwand eintritt. Der Druck, bei dem das Bersten auftritt, darf nicht kleiner sein als

$$5 \text{ PS} \frac{R_{m \text{ act}}}{R_m} \cdot \frac{e_{\text{act}}}{e_n - c} \quad (10)$$

Es dürfen sich weder Teile lösen noch dürfen Splitter weggeschleudert werden, noch darf der Bruch von einer Schweißnaht ausgehen.

5.3.5 Druckprüfung und Berstversuch sind mit Wasser durchzuführen.

5.3.6 In die Bedingung nach 5.2.2 und in den Grenzwert für den Berstdruck nach 5.2.3 können für c , R_e und R_m von der Werkstoffnorm abweichende Grenzwerte eingesetzt werden, wenn

- diese Grenzwerte oder die Grenzwerte für die Produkte $(e - c)R_e$ und $(e - c)R_m$ in der Zeichnung angegeben sind und
- ein Band oder ein Blech eines Bandes entsprechend den spezifizierten Werten nachgeprüft werden.

6 Konstruktion und Herstellung

6.1 Konstruktion

6.1.1 Allgemeines

Konstruktionsvorschriften können nicht so detailliert aufgezeichnet werden, dass eine gute Ausführung und Konstruktion sichergestellt ist. Jeder Hersteller ist verantwortlich, alle notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, damit die Qualität der Ausführung und Konstruktion guter Fachpraxis entspricht.

Die Hersteller müssen eigenes, qualifiziertes Überwachungs- und Fertigungspersonal haben. Falls Fertigungsarbeiten, wie Formen oder Wärmebehandlung, anderen Firmen überlassen wird, so müssen diese ebenfalls die Fertigungsanforderungen erfüllen.

6.1.2 Ausführung von Öffnungen

Der Abstand zwischen zwei Öffnungen, jeweils vom Rand gemessen, darf nicht kleiner als 10 e sein.

6.1.3 Ausführung der Schweißnähte

6.1.3.1 Rund- und Längsnähte sind voll durchzuschweißen oder müssen aus Schweißnähten gleicher Wertigkeit bestehen. Gewölbte Böden außer Halbkugelböden benötigen einen zylindrischen Bord.

Zulässige Ausführungen von Schweißnähten (Rundnähte) siehe Bild 5a1 bis Bild 5a3 und Bild 5c.

Zusätzlich ist eine Schweißnahtausführung nach Bild 5b1 und Bild 5b2 unter bestimmten zusätzlichen Bedingungen zulässig. Diese Bedingungen sind:

- 1) die zulässige Berechnungsspannung f darf nicht größer sein als der kleinere Wert von $0,6 R_{eT}/1,4$ oder $0,3 R_m/1,4$, wobei R_{eT} und R_m Werte aus der Werkstoffnorm sind;
- 2) die Zugfestigkeit R_m des Werkstoffes, die in die Berechnung des gewölbten Bodens oder Mantels eingeht, muss $\leq 360 \text{ N/mm}^2$ sein (Grenze nur für Berechnungszwecke);
- 3) der Manteldurchmesser D_o muss mit $\leq 400 \text{ mm}$ für die Ausführung nach Bild 6a) und mit $\leq 350 \text{ mm}$ für die Ausführung nach Bild 6b) begrenzt sein;
- 4) die Wanddicke e_{as} muss kleiner als 5 mm sein und größer oder gleich e_{ah} wegen befriedigender Schweißung;
- 5) der zulässige Betriebsüberdruck PS muss $\leq 12 \text{ bar}$ sein;
- 6) Umfangsschweißnähte müssen — abgesehen von möglichen Reparaturschweißungen — durch automatisches Schweißen hergestellt werden;
- 7) Zusätzlich gilt für die Ausführung der Schweißnaht nach Bild 6b eine Toleranz für den Spalt zwischen Boden und Mantel von $0,25 \text{ mm}$ für einen Winkel nicht kleiner als 270° und $1,00 \text{ mm}$ für einen Winkel nicht größer als 90° ;
- 8) es muss eine Baumusterprüfung entsprechend 5.2.3 durchgeführt werden;
- 9) zusätzlich ist für die Ausführung der Schweißnaht nach Bild 6b) die Rundschweißnaht Lastwechselversuchen mit den folgenden Bedingungen zu unterziehen:

Anzahl der Lastwechsel: $N = 10^5$;

Druckbereich: $0,1 PS$ bis $1,0 PS$, wobei PS der Wert ist, der auf dem Behälterschild angegeben ist.

Diese Bedingungen sind in Tabelle 4 enthalten.

6.1.3.2 Längsnähte dürfen nicht mehr als 30° von der tiefsten Mantellinie des Bodens entfernt liegen (siehe Bild 8).

6.1.3.3 Eine einseitige, nicht vollständig durchgeschweißte Naht, ist bei Anschlussstutzen mit einem äußeren Durchmesser $\leq 65 \text{ mm}$ erlaubt. Die Kehlnahtdicke g muss mindestens das 1,5-Fache der Dicke e_a des dünnsten Teils betragen.

Wird der Stutzen nicht als Ausschnittverstärkung herangezogen, darf die Kehlnahtdicke auf $\geq 1,0 e_a$ verringert werden.

Werden beidseitige Nähte verwendet, muss jede Kehlnahtdicke g mindestens das 0,7-Fache der Dicke e_a des dünnsten Teils betragen.

Zulässige Ausführungen von Teildurchschweißungen von Stutzen sind in Bild 9 dargestellt.

Stutzen können auch durch Widerstandsschweißung und Reibschweißen angebracht werden.

6.1.3.4 Der größte Abstand zwischen Bodenmittelpunkt und dem äußeren Rand eines Stutzens darf nicht größer als $0,4 D_o$ sein (siehe Bild 10).

6.1.3.5 Öffnungen in zylindrischen Mänteln und Böden müssen so weit wie praktisch möglich von einer Schweißnaht entfernt sein. In keinem Fall darf die Naht im Mantel durchdrungen werden oder der Abstand zwischen zwei Schweißnähten kleiner als das 4-Fache der tatsächlichen Wanddicke betragen. In keinem Fall darf der Abstand zu einer Umfangsnaht kleiner sein als

$$0,50 \sqrt{D_o \cdot e_s} \quad (11)$$

ANMERKUNG Bei der Anwendung der Berechnungsmethode siehe auch Gleichung (5) in 5.2.6.3.

6.1.3.6 Werden bei Längsnähten Unterlegstreifen verwendet, sind diese zu entfernen.

6.1.3.7 Sickennähte dürfen bei Längsnähten nicht verwendet werden.

6.1.4 Besichtigungsöffnungen

Alle Behälter müssen mit Besichtigungsöffnungen versehen sein, die von der Größe und Anzahl her ausreichen, um Behälter innen direkt oder indirekt visuell zu besichtigen. Zwei Öffnungen von mindestens 14 mm Innendurchmesser sind vorzusehen.

Öffnungen für die Entwässerung, Stutzen usw. dürfen als Besichtigungsöffnungen herangezogen werden, wenn sie aufgrund ihrer Größe und Lage einen allgemeinen Überblick über das Innere, insbesondere die Schweißnähte, ermöglichen.

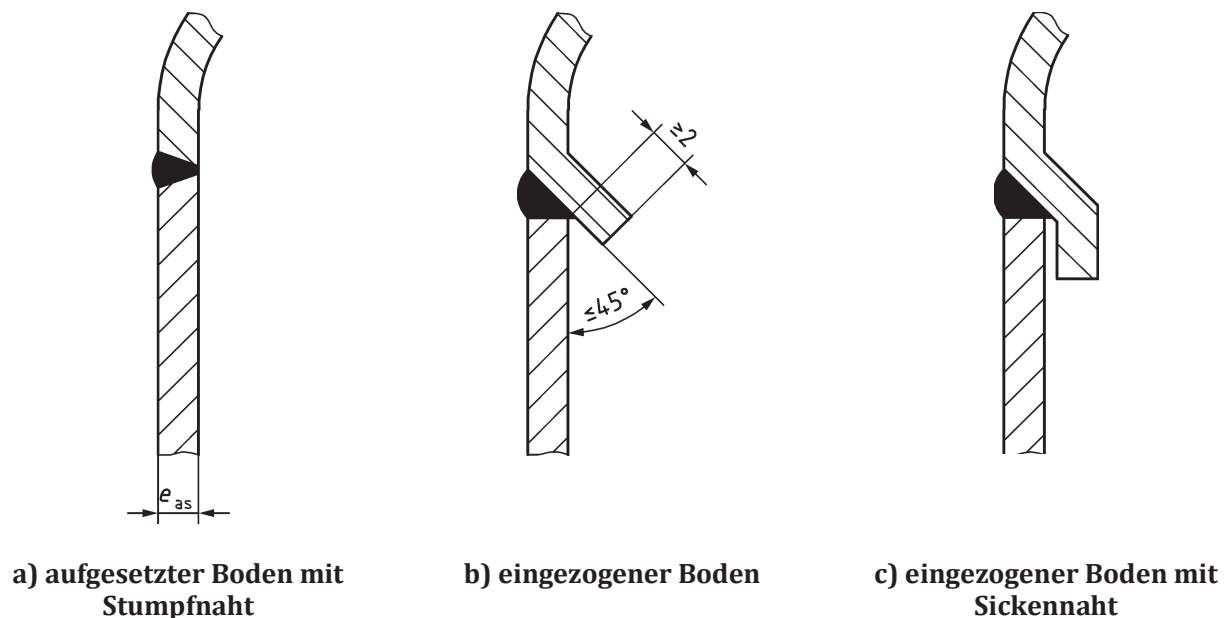
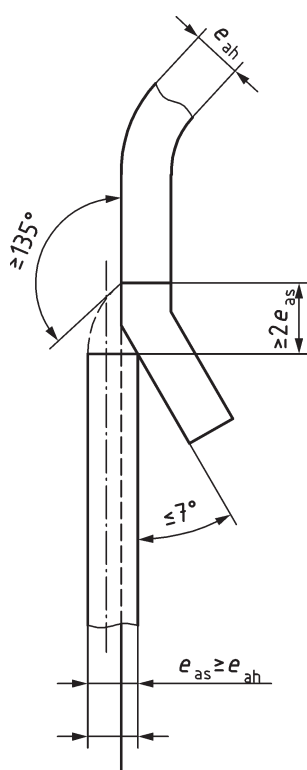
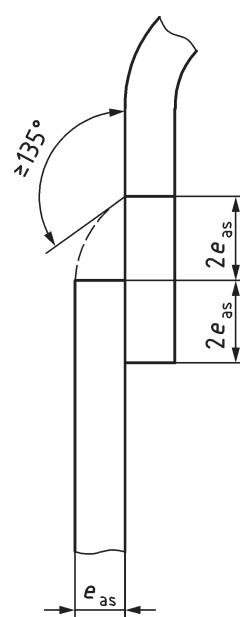


Bild 5 — Ausführungen von Schweißnähten (Boden/Mantel)



Toleranzen siehe 6.2.2
a) eingezogener Boden



äußere Oberfläche der Klappe
b) eingesetzter Boden

Bild 6 — Ausführungen von Schweißnähten (Boden/Mantel) siehe 6.1.3.1