

DIN EN 14025

ICS 13.300; 23.020.20

Einsprüche bis 2017-12-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 14025:2016-12

Entwurf

**Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter –
Metallische Drucktanks –
Auslegung und Bau;
Deutsche und Englische Fassung prEN 14025:2017**

Tanks for the transport of dangerous goods –
Metallic pressure tanks –
Design and construction;
German and English version prEN 14025:2017

Citernes destinées au transport de matières dangereuses –
Citernes métalliques sous pression –
Conception et fabrication;
Version allemande et anglaise prEN 14025:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-10-27 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 natank@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 Tankanlagen (NATank), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 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 129 Seiten

DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14025:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 296 „Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 104-03-23 AA „Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter – Auslegung und Bau von Tanks“ im DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank).

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.

Gegenüber DIN EN 14025:2016-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Begriff „Drucktank“ (3.1.1) wurde geändert, sodass der Bezug auf den Prüfdruck entfällt;
- b) bezüglich der Auslegungskriterien (Tabelle 1) wurde klargestellt, dass f_d auch für austenitisch-ferritische Stähle gilt;
- c) fehlerhafte Symbole in Bild 3 (Geometrie von Böden) und 6.3.4.3.4 wurden korrigiert;
- d) Anforderungen an die Dicke des Bords eines Bodens (6.3.3.3) wurden entfernt und die folgenden Unterabschnitte entsprechend neu nummeriert;
- e) die Definition des mittleren Durchmessers des zylindrischen Teils des Tanks an der Verbindungsstelle zur Kegelschale, D_c in Bild 5 (Verbindung zwischen Zylinder und Kegel, Winkel α) und Bild 6 (Geometrie der Verbindungsstelle Kegel/Zylinder; kleines Ende) wurde modifiziert;
- f) Bild 8 (Tankkörper mit einzelnen Öffnungen, Beispiele für Verstärkungen) wurde geändert:
 - 1) Teilbild d) und die zugehörigen Formeln wurden geändert, sodass die Größe A_{pb} entfällt;
 - 2) die Definition der Wanddicke e_p in Teilbild e) und f) wurde modifiziert;
- g) der in Gleichung (39) zur Bestimmung von A_{fp} verwendete Wert der Wanddicke e_p wurde geändert, sodass er nicht das 1,5-fache des Werts der Wanddicke des Tankkörpers (abzüglich Toleranz und Abtrag), e_m , übersteigt;
- h) 7.4.1.3 wurde derart geändert, dass Bediener von Schweißeinrichtungen eine Qualifikation nach EN ISO 14732 aufweisen müssen;
- i) die allgemeinen Anforderungen an die Prüfung von Schweißnähten (7.4.3.1) wurden an die aktuellen Ausgaben von ADR/RID angepasst;
- j) Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten wurden derart geändert, dass normative Verweisungen auf EN ISO 17636-1 oder EN ISO 17636-2 bezüglich der Durchstrahlungsprüfung aufgenommen wurde;

- k) Anforderungen an die Annahmekriterien bei Prüfungen von Schweißnähten (7.4.3.3) wurde derart geändert, dass Personal, das Sichtprüfungen durchführt, sachkundig, aber nicht notwendigerweise zertifiziert sein muss;
- l) Anforderungen an Reparaturen (Abschnitt 8) wurden derart geändert, dass eine normative Verweisung auf EN ISO 14732 in Bezug auf die Qualifikation von Bedienern von Schweißeinrichtungen aufgenommen wurde;
- m) Anhang B (Explosionsdruckstoßfeste Auslegung von Tanks) wurde geändert, sodass gewölbte Böden enthalten sind;
- n) das gesamte Dokument wurde in Übereinstimmung mit den aktuellen Gestaltungsregeln für CEN- und CENELEC-Dokumente überarbeitet.

— Leerseite —

Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter — Metallische Drucktanks — Auslegung und Bau

Citernes destinées au transport de matières dangereuses — Citernes métalliques sous pression — Conception et fabrication

Tanks for the transport of dangerous goods — Metallic pressure tanks — Design and construction

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Symbole	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole	8
4 Werkstoffe.....	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Verträglichkeit.....	10
5 Auslegung	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Minstdicke des Tankkörpers.....	11
5.3 Reduzierung der Dicke des Tankkörpers.....	11
5.4 Schutz des Tankkörpers.....	11
5.5 Schutz der Ausrüstung.....	12
5.6 Sonstige Anforderungen an die Auslegung	12
6 Berechnung.....	13
6.1 Allgemeines	13
6.1.1 Allgemeines	13
6.1.2 Berechnungsschema für die Wanddicke metallischer Drucktanks nach RID/ADR, 6.8.....	13
6.1.3 Berechnungsschema für die Wanddicke ortsbeweglicher metallischer Drucktanks nach RID/ADR, 6.7	15
6.2 Auslegungskriterien	16
6.3 Berechnung für Innendruck	17
6.3.1 Allgemeines	17
6.3.2 Wanddicke des zylindrischen Teils	17
6.3.3 Wanddicke der Böden.....	18
6.3.4 Wanddicke der kegelförmigen Teile	22
6.3.5 Öffnungen und Verstärkungen	24
6.3.6 Deckel für Einsteigeöffnungen.....	31
6.3.7 Flansche, Verbindungen, Schrauben	36
6.4 Berechnung gegen Außendruck.....	38
6.4.1 Allgemeines	38
6.4.2 Tanks, bei denen Außendruck Teil der Betriebsbedingungen ist.....	38
6.4.3 Tanks, bei denen Außendruck nicht Teil der Betriebsbedingungen ist.....	38
6.4.4 Prüfung	38
6.5 Verbindung von Tank und Rahmen.....	39
7 Bau und Herstellung.....	39
7.1 Allgemeine Anforderungen.....	39
7.2 Schneiden	39
7.3 Formen	40
7.3.1 Allgemeines	40
7.3.2 Kaltformen	40
7.3.3 Warmformen	40
7.3.4 Böden	41
7.3.5 Wärmebehandlung und Normalglühen.....	41
7.4 Schweißen	41

7.4.1	Qualifikation	41
7.4.2	Schweißverbindungen.....	42
7.4.3	Prüfung von Schweißnähten	42
7.4.4	Vorübergehende Anbauten	44
7.5	Herstellungstoleranzen	44
7.5.1	Ausrichtung der Bleche	44
7.5.2	Formfehler	45
7.5.3	Dicke.....	45
7.5.4	Gewölbte Böden	45
7.5.5	Zylindrische Abschnitte	45
8	Reparaturen	45
8.1	Allgemeines	45
8.2	Reparatur von Oberflächenfehlern im Grundwerkstoff	46
8.3	Reparatur von Schweißnahtfehlern.....	46
	Anhang A (informativ) Berechnungsbeispiel für Tankcontainer nach RID/ADR, 6.8	47
A.1	Einleitung	47
A.2	Abmessungen, Werkstoffeigenschaften, Betriebs- und Prüfbedingungen	47
A.3	Berechnung nach Zweig A	48
A.4	Berechnung nach Zweig B	49
A.5	Berechnung nach Zweig C.....	49
A.6	Berechnung nach Zweig D	51
A.7	Ergebnisse	58
	Anhang B (informativ) Explosionsdruckstoßfeste Auslegung von Tanks.....	60
	Literaturhinweise.....	61

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14025:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 296 „Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 14025:2013+A1:2016 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

Gegenüber EN 14025:2013+A1:2016 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Begriff „Drucktank“ (3.1.1) wurde geändert, sodass der Bezug auf den Prüfdruck entfällt;
- b) bezüglich der Auslegungskriterien (Tabelle 1) wurde klargestellt, dass f_d auch für austenitisch-ferritische Stähle gilt;
- c) fehlerhafte Symbole in Bild 3 (Geometrie von Böden) und 6.3.4.3.4 wurden korrigiert;
- d) Anforderungen an die Dicke des Bords eines Bodens (6.3.3.3) wurden entfernt und die folgenden Unterabschnitte entsprechend neu nummeriert;
- e) die Definition des mittleren Durchmessers des zylindrischen Teils des Tanks an der Verbindungsstelle zur Kegelschale, D_c , in Bild 5 (Verbindung zwischen Zylinder und Kegel, Winkel α) und Bild 6 (Geometrie der Verbindungsstelle Kegel/Zylinder; kleines Ende) wurde modifiziert;
- f) Bild 8 (Tankkörper mit einzelnen Öffnungen, Beispiele für Verstärkungen) wurde geändert:
 - 1) Teilbild d) und die zugehörigen Formeln wurden geändert, sodass die Größe A_{pb} entfällt;
 - 2) die Definition der Wanddicke e_p in Teilbild e) und f) wurde modifiziert;
- g) der in Gleichung (39) zur Bestimmung von A_{fp} verwendete Wert der Wanddicke e_p wurde geändert, sodass er nicht das 1,5-fache des Werts der Wanddicke des Tankkörpers (abzüglich Toleranz und Abtrag), e_m , übersteigt;
- h) 7.4.1.3 wurde derart geändert, dass Bediener von Schweißeinrichtungen eine Qualifikation nach EN ISO 14732 aufweisen müssen;
- i) die allgemeinen Anforderungen an die Prüfung von Schweißnähten (7.4.3.1) wurden an die aktuellen Ausgaben von ADR/RID angepasst;
- j) Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten wurden derart geändert, dass normative Verweisungen auf EN ISO 17636-1 oder EN ISO 17636-2 bezüglich der Durchstrahlungsprüfung aufgenommen wurde;
- k) Anforderungen an die Annahmekriterien bei Prüfungen von Schweißnähten (7.4.3.3) wurde derart geändert, dass Personal, das Sichtprüfungen durchführt, sachkundig, aber nicht notwendigerweise zertifiziert sein muss;

- l) Anforderungen an Reparaturen (Abschnitt 8) wurden derart geändert, dass eine normative Verweisung auf EN ISO 14732 in Bezug auf die Qualifikation von Bedienern von Schweißeinrichtungen aufgenommen wurde;
- m) Anhang B (Explosionsdruckstoßfeste Auslegung von Tanks) wurde geändert, sodass gewölbte Böden enthalten sind;
- n) das gesamte Dokument wurde in Übereinstimmung mit den aktuellen Gestaltungsregeln für CEN- und CENELEC-Dokumente überarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Mindestanforderungen für Auslegung und Bau von metallischen Drucktanks mit einem höchsten Betriebsdruck oder Prüfdruck von mehr als 50 kPa (0,5 bar) für die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit der Eisenbahn und mit Seeschiffen fest. Diese Europäische Norm enthält Anforderungen an Öffnungen, Verschlüsse und die bauliche Ausrüstung; Anforderungen an die Bedienungsausrüstung werden nicht behandelt. Für Tanks für die Beförderung von tiefkalten Flüssigkeiten gelten EN 13530-1 und EN 13530-2.

ANMERKUNG 1 Auslegung und Bau von Drucktanks entsprechend des Anwendungsbereichs dieser Europäischen Norm unterliegen im Wesentlichen den zutreffenden Vorschriften in 6.8.2.1, 6.8.3.1 und 6.8.5 der RID/des ADR. Zusätzlich gelten außerdem die zutreffenden Anforderungen nach 3.2, Tabelle A, Spalten 12 und 13, 4.3 und 6.8.2.4 der RID/des ADR. Für die bauliche Ausrüstung gelten 6.8.2.2 bzw. 6.8.3.2. Auf die in 1.2.1 der RID/des ADR enthaltenen Begriffsbestimmungen wird verwiesen. Zu ortsbeweglichen Tanks siehe auch 4.2 sowie 6.7.2 und 6.7.3 der RID und des ADR. Darüber hinaus gelten die maßgebenden Anforderungen in Tabelle A, Spalten 10 und 11, 3.2, 4.2, 6.7.2 und 6.7.3 von RID/ADR. Die oben angegebene Nummerierung der Kapitel bezieht sich die Ausgaben der RID/des ADR von 2013, die regelmäßig überarbeitet werden. Daher kann es zu vorübergehenden Nichtübereinstimmungen mit EN 14025 kommen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Anforderungen der RID/des ADR Vorrang gegenüber den Anforderungen der vorliegenden Norm haben.

ANMERKUNG 2 Diese Norm gilt auch für verflüssigte Gase einschließlich Flüssiggas (LPG); für eine dezidierte LPG-Norm siehe jedoch EN 12493.

Sofern nicht anders festgelegt, gelten die Festlegungen, die die gesamte Breite der Seite einnehmen, für alle Arten von Tanks. Festlegungen, die in nur einer Spalte enthalten sind, gelten ausschließlich für:

Drucktanks für die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße oder mit der Eisenbahn nach RID/ADR, 6.8 (linke Spalte)	ortsbewegliche Tanks nach RID/ADR, 6.7 (rechte Spalte)
--	--

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 1591-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 1: Berechnung*

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 13094:2015, *Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter — Metalltanks mit einem Betriebsdruck von höchstens 0,5 bar — Auslegung und Bau*

EN 13445-2, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 2: Werkstoffe*

EN 13445-3:2014, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*

EN 13445-4, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 4: Herstellung*

EN 13445-8, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 8: Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter aus Aluminium und Aluminiumlegierungen*

EN ISO 3834-1, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 1: Kriterien für die Auswahl der geeigneten Stufe der Qualitätsanforderungen*

EN ISO 3834-2, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen*

EN ISO 4136, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Querzugversuch*

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

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

EN ISO 9606-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

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

EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung*

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

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

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

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

EN ISO 15609-3, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 3: Elektronenstrahlschweißen*

EN ISO 15609-4, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 4: Laserstrahlschweißen*

EN ISO 15613, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung*

EN ISO 15614-1, *Anforderungen und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfungen — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen*

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

EN ISO 17635, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe*

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

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

EN ISO 17637, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen*

EN ISO 17640, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Techniken, Prüfklassen und Bewertung*

ISO 1496-3, *Series 1 freight containers — Specification and testing — Part 3: Tank containers for liquids, gases and pressurized dry bulk*

ISO 7005-1, *Pipe flanges — Part 1: Steel flanges for industrial and general service piping systems*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Drucktank

Tank in Übereinstimmung mit den Festlegungen in den internationalen Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße oder mit der Eisenbahn mit einem höchsten Betriebsdruck über 50 kPa (0,5 bar)

3.2 Symbole

Die folgenden allgemeinen Symbole werden im gesamten Text verwendet. Sie sind in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet, und besondere Symbole werden bei den entsprechenden Gleichungen erklärt. Weitere im Text verwendete Symbole sind erläutert in:

RID/ADR, Kapitel 6.8

RID/ADR, Kapitel 6.7

A_1	Mindestbruchdehnung des ausgewählten Metalls bei einer Zugbeanspruchung in %
d_i	Innendurchmesser einer Öffnung
D	Innendurchmesser des Tankkörpers, in mm
D_c	mittlerer Durchmesser des zylindrischen Teils des Tanks an der Verbindungsstelle zur Kegelschale
D_e	Außendurchmesser des zylindrischen Teils des Tanks oder des geraden Flansches des gewölbten Bodens
D_i	Innendurchmesser des zylindrischen Teils des Tanks oder des geraden Flansches des gewölbten Bodens
D_i	Durchmesser des Tankkörpers (in m), mindestens jedoch 1,80 m
e	erforderliche Mindestwanddicke des Tankkörpers (in mm)
e_0	Mindestwanddicke für Tankkörper aus Baustahl, in mm, nach 6.8.2.1.18 und 6.8.2.1.19 der RID/des ADR
e_1	Mindestwanddicke für Tankkörper aus dem ausgewählten Metall, in mm
e_k	Wanddicke des kegelförmigen Teils eines Tankkörpers
e_R	Wanddicke eines halbkugelförmigen Bodens

E	Elastizitätsmodul		
f_d	Berechnungsnennspannung (zulässige Spannung)		
h	Innenhöhe eines elliptischen gewölbten Bodens		
K	Formbeiwert für elliptische Böden		
MWP	höchster Betriebsdruck, in MPa	$MAWP$	höchster zulässiger Betriebsdruck, in MPa
p	Auslegungsdruck, in MPa	P	Auslegungsdruck, in MPa
p_{dyn}	äquivalenter dynamischer Druck		
p_{test}	Prüfdruck, in MPa		
p_{vap}	der höhere Wert des Dampfdrucks bei 50 °C oder bei Auslegungstemperatur, als Zahlenwert des absoluten Drucks	P_{vap1}	Dampfdruck des Stoffes bei 65 °C (nach RID/ADR, 6.7.2.1)
		P_{vap2}	Dampfdruck des ungekühlten Flüssiggases in Abhängigkeit vom Typ des ortsbeweglichen Tanks (nach RID/ADR, 6.7.3.1)
P_c	Berechnungsdruck in MPa nach 6.8.2.1.14 der RID/des ADR		
P_T	Prüfdruck, in MPa		
r	innerer Krempenradius, in mm		
R	innerer kugelförmiger Radius des Mittelteils des torisphärischen Bodens		
R_e	garantierte (obere) Mindeststreckgrenze, in N/mm ² , oder garantierte 0,2-%-Dehngrenze, in N/mm ² (für austenitische Stähle darf die 1-%-Dehngrenze ausgewählt werden)		
$R_{e,t}$	garantierte (obere) Mindeststreckgrenze, in N/mm ² , oder garantierte 0,2-%-Dehngrenze, in N/mm ² bei der betreffenden Auslegungstemperatur (für austenitische Stähle darf die 1-%-Dehngrenze bei der betreffenden Auslegungstemperatur ausgewählt werden)		
R_m	garantierte Mindestzugfestigkeit, in N/mm ²		
R_{m1}	Mindestzugfestigkeit des ausgewählten Metalls, in N/mm ²		
$R_{m,t}$	garantierte Mindestzugfestigkeit bei der betreffenden Auslegungstemperatur, in N/mm ²		
σ	zulässige Spannung, in N/mm ² , wie in 6.8.2.1.16 der RID/des ADR definiert		
S	Sicherheitsbeiwert		
λ	Schweißfaktor		

4 Werkstoffe

4.1 Allgemeines

Tankkörper müssen aus metallischen Werkstoffen hergestellt werden, die widerstandsfähig gegen Sprödbruch sein müssen und eine angemessene Kerbschlagzähigkeit innerhalb des Auslegungstemperaturbereichs aufweisen müssen. Der Werkstoff muss verformbar sein.

Es gelten EN 13445-2 und EN 13445-8 und die Mindestanforderungen an den Werkstoff nach RID/ADR, 6.8 und 6.7 müssen erfüllt sein.

RID/ADR, Kapitel 6.8.

RID/ADR, Kapitel 6.7.

Aluminium darf für Tankkörper von ortsbeweglichen Tanks nur verwendet werden, wenn in einer Sondervorschrift für einen ortsbeweglichen Tank angegeben und einem bestimmten Stoff in Spalte (11) der Tabelle A in 3.2 der RID/des ADR zugeordnet, oder wenn die Zustimmung der zuständigen Behörde vorliegt.

ANMERKUNG 1 Zu Aluminium und Aluminiumlegierungen siehe auch EN 14286.

ANMERKUNG 2 Die RID/Das ADR beschränken die Anwendung von Werkstoffen bezüglich der höchstmöglichen Streckgrenze und der höchstmöglichen Zugfestigkeit feinkörniger Stähle für geschweißte Tankkörper, der höchstmöglichen Verhältnisse von Streckgrenze zu Zugfestigkeit für geschweißte Tankkörper aus Stahl und der Mindestbruchdehnung für geschweißte Tankkörper aus feinkörnigen sonstigen Stählen und für Tankkörper aus Aluminium.

Geschweißte Tankkörper müssen aus einem Werkstoff mit nachgewiesenen geeigneten Schweißseigenschaften gefertigt werden.

4.2 Verträglichkeit

Tankkörper, Armaturen und Verrohrungen sind aus Werkstoffen zu fertigen, die:

- a) in hohem Maße widerstandsfähig gegenüber den zu befördernden Stoffen sind; oder
- b) durch chemische Reaktion wirksam passiviert oder neutralisiert worden sind; oder
- c) mit einem korrosionsbeständigen Werkstoff ausgekleidet sind, der direkt mit dem Tankkörper verbunden oder gleichwertig befestigt ist.

Sie müssen übereinstimmen mit

RID/ADR, 6.8.2.

RID/ADR, 6.7.2.2 und 6.7.3.2

Dichtungen müssen aus Werkstoffen hergestellt sein, die nicht durch die zu befördernden Stoffe angegriffen werden können. Die Werkstoffe des Tanks, einschließlich jeglicher Vorrichtungen, Dichtungen, Auskleidungen und Zubehörteile dürfen die zur Beförderung im Tank vorgesehenen Stoffe nicht beeinträchtigen.

Empfehlungen zu Werkstoffspezifikationen in Bezug auf die zu befördernden Stoffe können EN 12285-1:2003, Anhang B entnommen werden.

5 Auslegung

5.1 Allgemeines

Tanks müssen so ausgelegt sein, dass sie ohne Verlust des Inhalts Folgendem standhalten:

- 1) den Betriebsbedingungen einschließlich der statischen und dynamischen Kräfte unter üblichen Beförderungsbedingungen. Außerdem müssen bei der Auslegung ortsbeweglicher Tanks Ermüdungswirkungen berücksichtigt werden, die durch wiederholte Aufbringung dieser Lasten während der erwarteten Lebensdauer des ortsbeweglichen Tanks verursacht werden;
- 2) den Prüfbedingungen;
- 3) (bei Bedarf) der Bedingung an die Explosionsdruckstoßfestigkeit (siehe Anhang B);

jeweils unter Berücksichtigung von Abschnitt 6.

Sind während Befüllung oder Entleerung des Tanks plötzliche Temperaturschwankungen zu erwarten, sollte die Knickwirkung von einseitiger Ausdehnung oder Kontraktion berücksichtigt werden.

5.2 Mindestdicke des Tankkörpers

Die Dicke des Tankkörpers muss mindestens den Angaben in

RID/ADR, 6.8.2.1.17 bis 6.8.2.1.18, siehe Bild 1
dieser Norm,

RID/ADR, 6.7.2.4 oder 6.7.3.4, siehe Bild 2 dieser
Norm,

entsprechen.

5.3 Reduzierung der Dicke des Tankkörpers

Reduzierung der Mindestdicke des Tankkörpers (siehe Bild 1) ist zulässig, sofern dieser gegen Beschädigung durch seitliches Anfahren oder Überschlagen geschützt ist (siehe 5.4 und RID/ADR, 6.8.2.1.19 bis 6.8.2.1.20 bzw. 6.8.2.1.21), allerdings sind die Mindestanforderungen nach RID/ADR, 6.8.2.1.17 einzuhalten.

Bei Kesselwagen ist eine Reduzierung der Mindestwanddicke aus Schutzgründen nicht zulässig.

Ist zusätzlicher Schutz gegen Beschädigung des Tankkörpers nach 5.4 vorgesehen, darf die Mindestdicke des Tankkörpers bei ortsbeweglichen Tanks mit Prüfdruck < 2,65 bar proportional zum vorhandenen Schutz reduziert werden (siehe RID/ADR, 6.7.2.4.3 bis 6.7.2.4.5).

5.4 Schutz des Tankkörpers

5.4.1 Wenn nach 5.3 gefordert, werden die Tankkörper von

Tankcontainern

ortsbeweglichen Tanks

gegen Beschädigung geschützt, wenn eine der folgenden Maßnahmen getroffen wurde:

- eine Konstruktion, bei der der Tankkörper durch ein völlig umschließendes Rahmenwerk mit Längs- und Querträgern gestützt ist. Die Konstruktion muss die Anforderungen von ISO 1496-3 erfüllen;
- eine Doppelwandkonstruktion, bei der die Summe der Dicken der metallischen Außenwand und des Tankkörpers selbst die Mindestwanddicke nicht unterschreitet, die festgelegt ist in:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">— RID/ADR, 6.8.2.1.18, und die Dicke der Innenwand des Tankkörpers unterschreitet nicht die in 6.8.2.1.19 festgelegte Mindestdicke des Tankkörpers; | <ul style="list-style-type: none">— RID/ADR, 6.7.2.4.1 und 6.7.2.4.2, und die Dicke der Innenwand des Tankkörpers unterschreitet nicht die in 6.7.2.4.3 und 6.7.2.4.4 festgelegte Mindestdicke des Tankkörpers; |
| <ul style="list-style-type: none">— eine „Sandwich“-Konstruktion, d. h. Tankkörper mit einer Doppelwand und einer starren Feststoff-zwischenschicht (z. B. Schaumstoff von mindestens 50 mm Dicke), wenn die Außenwand eine Dicke von mindestens 0,5 mm aufweist, wenn sie aus Stahl besteht, von 0,8 mm, wenn sie aus Aluminium besteht, oder von 2 mm, wenn sie aus glasfaserverstärktem Kunststoff besteht. Bei Zwischenschichten aus anderen Stoffen (z. B. Mineralwolle mit einer Dicke von mindestens 100 mm) weist die Außenwand eine Dicke von mindestens 0,8 mm bei Verwendung von austenitischem Stahl auf. Wenn andere Werkstoffkombinationen zum Schutz gegen Beschädigung verwendet werden, ist nachzuweisen, dass sie eine gleichwertige Festigkeit aufweisen. Ein Verfahren zum Vergleich des Arbeitsaufnahmevermögens ist in EN 13094:2015, Anhang B angegeben. | |

5.4.2 Zu Tankkörpern von Straßentankfahrzeugen siehe auch EN 13094:2015, 6.9.2.

5.5 Schutz der Ausrüstung

Ausrüstungsteile müssen gegen das Risiko von Abreißen und Beschädigung während der Beförderung oder Handhabung gesichert werden.

Ausrüstungsteile von Tanks, mit Ausnahme von Kesselwagen, sind durch Verstärkungsringe, Verkleidungen oder Quer- oder Längsversteifungen zu schützen. Der Schutz der Ausrüstung muss EN 13094:2015, 6.14 entsprechen.

Ausrüstungsteile von Tankcontainern sind geschützt, wenn sie sich innerhalb der Rahmenkonstruktion des Containers befinden.

Ausrüstungen von Tanks von Tankfahrzeugen für die Beförderung von Stoffen, für die die Sondervorschrift TE 19 des ADR gilt (siehe ADR, 6.8.4), benötigen einen zusätzlichen Schutz.

RID/ADR, 6.8.2.2 gilt ebenfalls.

ANMERKUNG Für Saug-Druck-Tanks für Abfälle gilt 6.10.3.1 der RID/des ADR.

RID/ADR, 6.7.2.5 und 6.7.2.6 und 6.7.3.5 gelten ebenfalls.

5.6 Sonstige Anforderungen an die Auslegung

Auslegungskriterien für:

- Öffnungen, siehe 6.3.5.1, 6.3.5.2.1 bis 6.3.5.2.6, 6.3.5.3;
- Böden, siehe 6.3.3.2 bis 6.3.3.4;
- kegelförmige Teile des Tankkörpers, siehe 6.3.4.1 und 6.3.4.2;

- klappbare Deckel für Einsteigeöffnungen, siehe 6.3.6.5;
- Flansche, Verbindungen, Schrauben, siehe 6.3.7.

ANMERKUNG 1 In RID/ADR sind Anforderungen an die Wärmedämmung der Verbindung zwischen Tankkörper und Fahrzeug, die Auslegung der Schwall- und Trennwände, Dichtheit der Auskleidungen, Wärmedämmung, nicht-metallische Auskleidungen, elektrische Erdung und sichere Befestigungs- und Hebeeinrichtungen enthalten (siehe RID/ADR 6.7.2, 6.7.3, 6.8.2.1.22, 6.8.2.1.24 bis 6.8.2.1.27 und 6.8.5.1.5) enthalten, die in dieser Norm nicht berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 RID/ADR fordert, dass Tankkörper von ortsbeweglichen Tanks aus Aluminium wärmegeklämt sein müssen, um bedeutende Verluste der physikalischen Eigenschaften zu verhindern, wenn der Tankkörper einer Wärmebelastung von 110 kW/m² für eine Zeitdauer von mindestens 30 min ausgesetzt ist. Die Wärmedämmung muss bei allen Temperaturen unter 649 °C wirksam bleiben und muss mit einem Werkstoff mit einem Schmelzpunkt von mindestens 700 °C ummantelt sein.

6 Berechnung

6.1 Allgemeines

6.1.1 Allgemeines

Die Mindestwanddicke des Tanks ist nach den Berechnungsschemata in 6.1.2 und 6.1.3 zu bestimmen.

Aufgeschlagene Dicken zur Berücksichtigung der Korrosion (fortschreitende Verringerung der Wanddicke) dürfen bei Berechnung der Dicke des Tankkörpers nicht berücksichtigt werden.

Die in Bild 1 und 2 dargestellten Berechnungsschemen zeigen, wie die Wanddicke eines Tankkörpers zu berechnen ist, um die Anforderungen dieser Norm und der RID/des ADR zu erfüllen, wobei Bild 1 für RID/ADR, 6.8 und Bild 2 für RID/ADR, 6.7 gilt.

6.1.2 Berechnungsschema für die Wanddicke metallischer Drucktanks nach RID/ADR, 6.8

Die ausgewählte Wanddicke darf nicht geringer sein als der Höchstwert der Wanddicke, bestimmt einerseits entsprechend den Zweigen A und B (RID/ADR, 6.8.2) und andererseits entsprechend den nachfolgenden Gleichungen in Zusammenhang mit den Prüf- und Betriebsbedingungen (Zweige C und D).

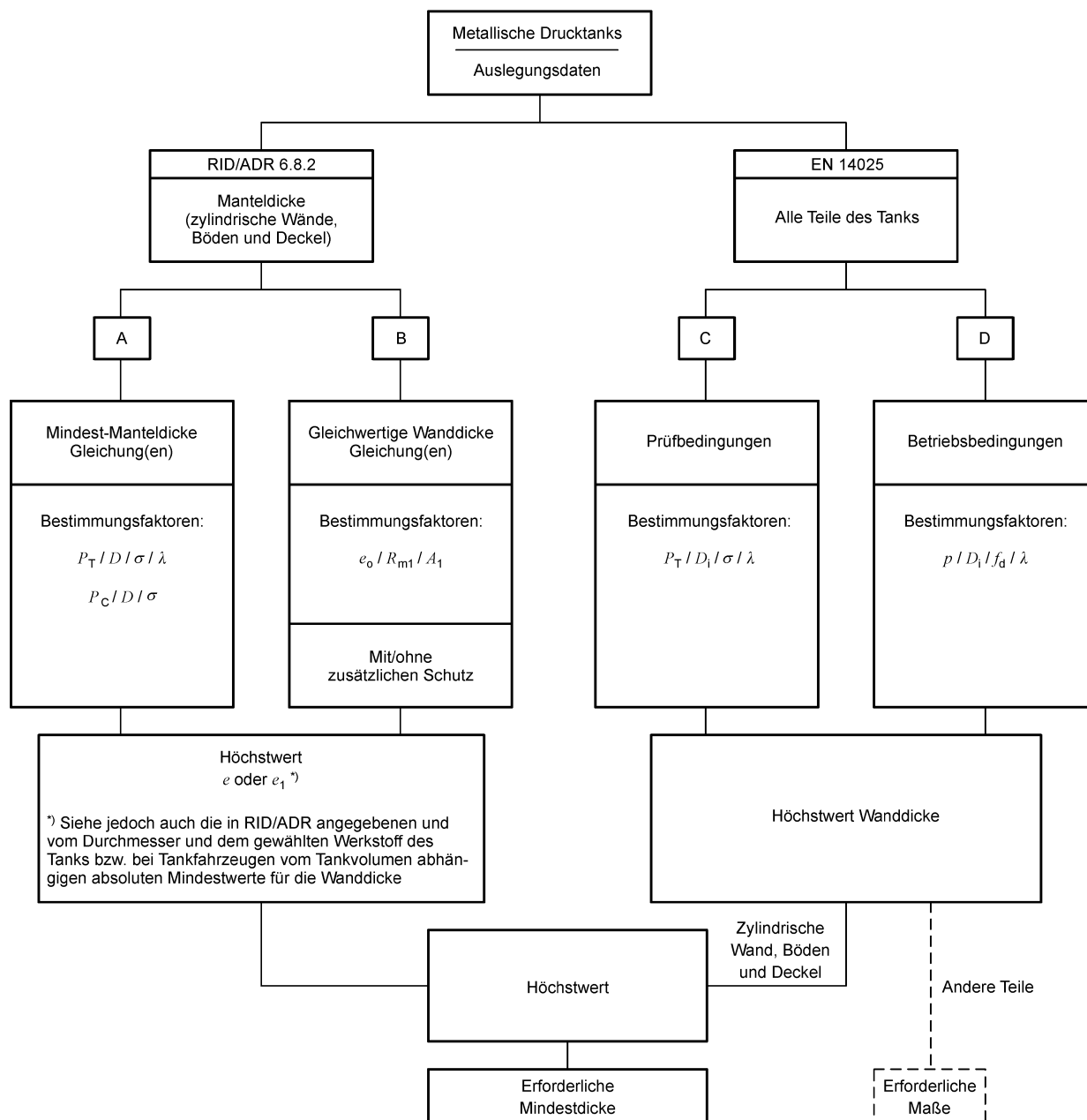


Bild 1 — Berechnungsschema für die Wanddicke metallischer Drucktanks nach RID/ADR, 6.8

6.1.3 Berechnungsschema für die Wanddicke ortsbeweglicher metallischer Drucktanks nach RID/ADR, 6.7

Die ausgewählte Wanddicke darf nicht geringer sein als der Höchstwert der Wanddicke, bestimmt einerseits entsprechend Zweig B (RID/ADR, 6.7.2 und 6.7.3) und andererseits entsprechend den nachfolgenden Gleichungen in Zusammenhang mit den Prüf- und Betriebsbedingungen (Zweige C und D).

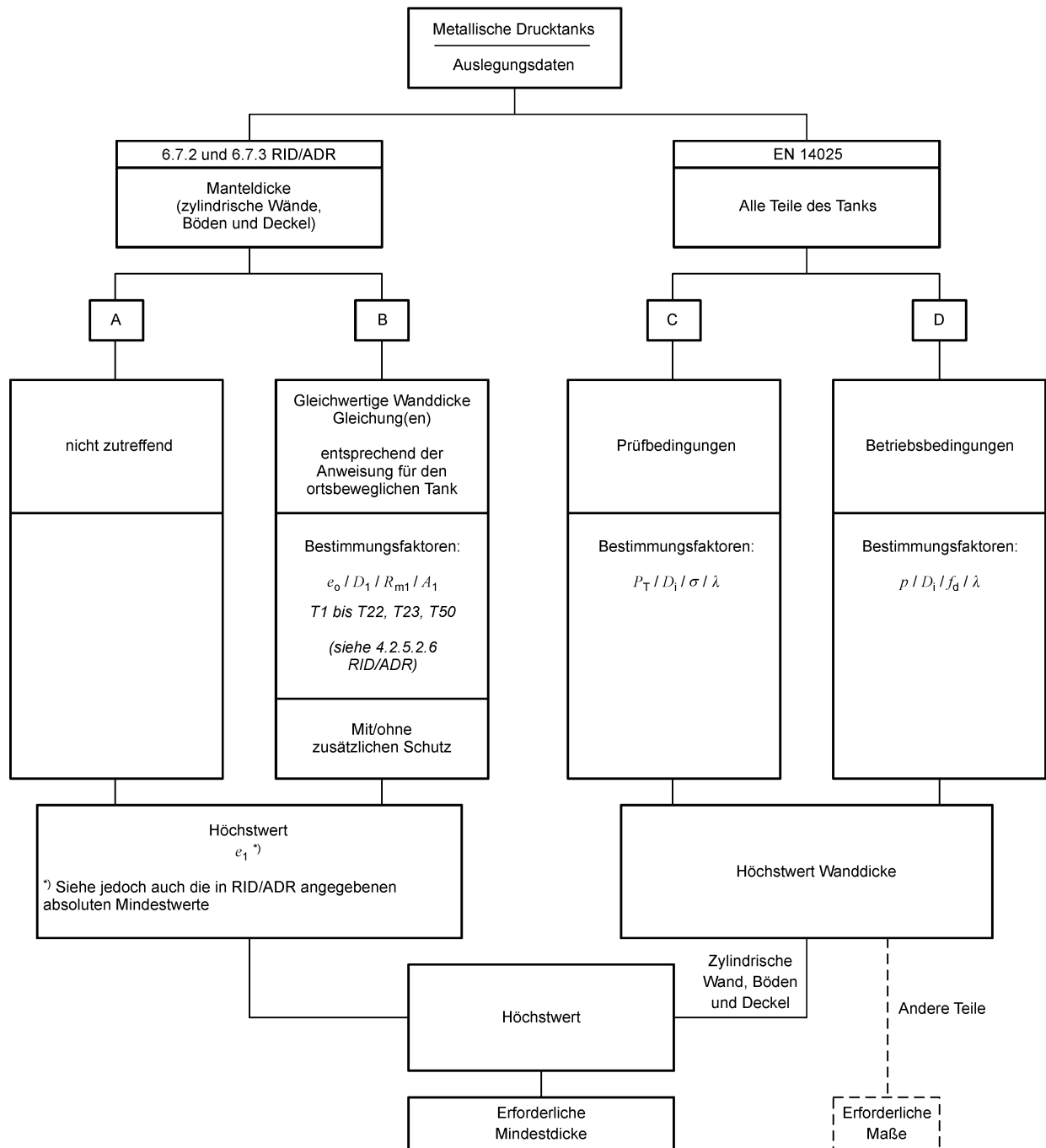


Bild 2 — Berechnungsschema für die Wanddicke ortsbeweglicher metallischer Drucktanks nach RID/ADR, 6.7

6.2 Auslegungskriterien

Die anzuwendenden Auslegungskriterien (Lasten, zulässige Spannungen, Auslegungstemperatur usw.) sind den Tabellen 1 und 2 zu entnehmen.

Tabelle 1 — Auslegungskriterien für Tanks nach RID/ADR, 6.8

	Betriebsbedingungen	Prüfbedingungen
p	MWP mindestens jedoch $(p_{\text{vap}} - 1 \text{ bar}) + p_{\text{dyn}}$, sofern zutreffend ^a	p_{test} ^b
f_d für ferritische Stähle, Aluminiumlegierungen und austenitisch-ferritische Stähle	$\min \{R_{e,t}/1,5; R_m/2,4\}$	$\min\{0,75R_e; 0,5R_m\}$
f_d für austenitische Stähle mit $30 \% \leq A < 35 \%$	$R_{e,t}/1,5$	
f_d für austenitische Stähle mit $A \geq 35 \%$	$\max \{R_{e,t}/1,5; \min(R_{e,t}/1,2; R_{m,t}/3)\}$ ^c	
Auslegungstemperatur	20 °C, sofern die Betriebstemperatur des Tanks im Bereich zwischen –20 °C und +50 °C liegt. Liegt die Betriebstemperatur außerhalb dieses Bereichs, ist als Auslegungstemperatur der Extremwert der Betriebstemperatur anzusetzen.	Temperatur bei der Druckprüfung (gewöhnlich +20 °C)
^a Die dynamischen Kräfte sind zu berücksichtigen. Dies darf durch die Einführung eines gleichwertigen dynamischen Drucks p_{dyn} von mindestens 35 kPa (0,35 bar) erfolgen, der auf der Grundlage der in RID/ADR, 6.8.2.1) festgelegten Kräfte bestimmt wurde und zum Dampfüberdruck $(p_{\text{vap}} - 1 \text{ bar})$ zu addieren ist. Dabei beträgt p_{vap} mindestens 1 bar. Das größte Tankabteil ist zu berücksichtigen. ^b Zu entnehmen aus RID/ADR, 6.8.2.4.1. ^c Es ist anzumerken, dass die garantierten mechanischen Mindestwerte von der Temperatur abhängig und entsprechend zu wählen sind. Sind keine genormten Werte verfügbar, müssen entsprechende Werte anderweitig bestimmt werden.		

Tabelle 2 — Auslegungskriterien für Tanks nach RID/ADR, 6.7

	Betriebsbedingungen	Prüfbedingungen
p	$MAWP$ mindestens jedoch $(p_{\text{vap}} - 1 \text{ bar}) + p_{\text{dyn}}$, sofern zutreffend ^a	p_{test}^b
f_d für ferritische Stähle und Aluminiumlegierungen	$\min \{R_{e,t}/1,5; R_m/2,4\}$	$\min \{0,75 R_e; 0,5 R_m\}$
f_d für austenitische Stähle mit $30 \% \leq A < 35 \%$	$R_{e,t}/1,5$	
f_d für austenitische Stähle mit $A \geq 35 \%$	$\max \{R_{e,t}/1,5; \min(R_{e,t}/1,2; R_{m,t}/3)\}^c$	
Auslegungstemperatur	20 °C, sofern die Betriebstemperatur des Tanks im Bereich zwischen –40 °C und +50 °C liegt. Liegt die Betriebstemperatur außerhalb dieses Bereichs, ist als Auslegungstemperatur der Extremwert der Betriebstemperatur anzusetzen.	Temperatur bei der Druckprüfung (gewöhnlich +20 °C)
^a Die dynamischen Kräfte sind zu berücksichtigen. Dies darf durch die Einführung eines gleichwertigen dynamischen Drucks p_{dyn} von mindestens 35 kPa (0,35 bar) erfolgen, der auf der Grundlage der in RID/ADR, 6.7.2.2 bzw. 6.7.3.2 festgelegten Kräfte bestimmt wurde und zum Dampfüberdruck ($p_{\text{vap}} - 1 \text{ bar}$) zu addieren ist. Dabei beträgt p_{vap} mindestens 1 bar. Das größte Tankabteil ist zu berücksichtigen. ^b Zu entnehmen aus RID/ADR, 6.7.2.3 bzw. 6.7.3.3. ^c Es ist anzumerken, dass die garantierten mechanischen Mindestwerte von der Temperatur abhängig und entsprechend zu wählen sind. Sind keine genormten Werte verfügbar, müssen entsprechende Werte anderweitig bestimmt werden.		

6.3 Berechnung für Innendruck

6.3.1 Allgemeines

Die Wanddicke des zylindrischen Teils des Tankkörpers ist nach 6.3.2 zu bestimmen. Die Wanddicke der Tankböden (einschließlich der Trennwände) ist nach 6.3.3 zu bestimmen.

Die Wanddicke eines kegelförmigen Teils und die Verstärkung der Verbindung zwischen dem Kegel und dem Zylinder müssen nach 6.3.4 bestimmt werden. Zu Flanschen, Verbindungsstücken und ihren Verschraubungen siehe 6.3.6.

Öffnungen im Tankkörper sind nach 6.3.5 auszulegen.

Die Berechnung von nachfolgend nicht genannten Konstruktionstypen muss nach EN 13445-3 erfolgen.

6.3.2 Wanddicke des zylindrischen Teils

Die Wanddicke darf nicht kleiner sein als der nach Gleichung (1) ermittelte Wert.

$$e = \frac{p \times D_i}{2f_d \times \lambda - p} \quad (1)$$

6.3.3 Wanddicke der Böden

6.3.3.1 Allgemeines

Die Wanddicke der Böden darf, vorbehaltlich der Auslegungsgrenzen in 6.3.3.2, nicht geringer sein als in 6.3.3.3 und 6.3.3.4 bzw. 6.3.3.5 angegeben, je nachdem was zutrifft.

6.3.3.2 Auslegungsgrenzen

Für die Tankböden gelten die folgenden Auslegungsgrenzen (vergleiche Bild 3):

- | | | | | | |
|----------------------------|-------------|--------|---------|--------|------------|
| (a) halbkugelförmige Böden | $0,001 D_e$ | $\leq$ | e | $\leq$ | $0,16 D_e$ |
| (b) torisphärische Böden | $0,001 D_e$ | $\leq$ | e | $\leq$ | $0,08 D_e$ |
| | $0,06 D_i$ | $\leq$ | r | $\leq$ | $0,2 D_i$ |
| | | | r | $\geq$ | $2e$ |
| | | | R | $\leq$ | D_e |
| (c) elliptische Böden | $0,001 D_i$ | $\leq$ | e | $\leq$ | $0,08 D_i$ |
| | $3,4$ | $\leq$ | D_i/h | $\leq$ | $4,4$ |

Die vier Bedingungen in (b) und die zwei Bedingungen in (c) müssen gleichzeitig erfüllt sein.

ANMERKUNG Klöpper- und Korbbogenböden sind Sonderfälle torisphärischer Böden:

Klöpperböden

Torisphärischer Boden mit $R/D_e = 1,0$ und $r/D_e = 0,1$

Korbbogenböden

Torisphärischer Boden mit $R/D_e = 0,8$ und $r/D_e = 0,154$

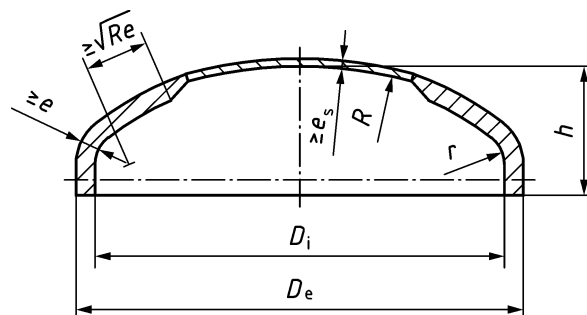


Bild 3 — Geometrie von Böden

6.3.3.3 Dicke von halbkugelförmigen Böden

Die Dicke eines halbkugelförmigen Bodens darf den nach Gleichung (2) ermittelten Wert nicht unterschreiten.

$$e_R = \frac{p \times D_i}{4 f_d \times \lambda - p} \quad (2)$$

6.3.3.4 Dicke von torisphärischen Böden

6.3.3.4.1 Allgemeines

Die Mindestdicke der torisphärischen Böden muss dem nach Gleichungen (3) bis (5) bestimmten Höchstwert von e_y , e_s oder e_b entsprechen.

$$e_y = \beta_e \frac{p (0,75 \times R + 0,2 \times D_i)}{f_d} \quad (3)$$

Dabei wird β_e anhand der Gleichungen (6) bis (14) errechnet.

$$e_s = \frac{p \times R}{2 f_d \times \lambda - 0,5 \times p} \quad (4)$$

$$e_b = (0,75 \times R + 0,2 \times D_i) \left(\frac{p}{111 f_d} \left(\frac{D_i}{r} \right)^{0,825} \right)^{\left(\frac{2}{3} \right)} \quad (5)$$

Dabei ist

- e_b die zur Verhinderung dauerhaften Knickens erforderliche Dicke der Krempe;
- e_s die zur Begrenzung der Membranspannung im Mittelteil erforderliche Dicke des Bodens;
- e_y die zur Verhinderung asymmetrischer Zugdehnung erforderliche Dicke der Krempe.

ANMERKUNG Bei $e_y > 0,005 D_i$ ist die Berechnung von e_b nicht notwendig.

Eine Reduzierung der Dicke des kugelförmigen Teils von Böden auf den Wert e_s ist zulässig über einen kreisförmigen Bereich, der mindestens einen Abstand von der Krempe von $\sqrt{R \cdot e}$ einhalten muss, wie in Bild 3 dargestellt.

Der gerade zylindrische Bord muss den Anforderungen nach 6.3.2 für eine Zylinderform entsprechen, sofern er länger ist als $0,2 \sqrt{D_i \cdot e}$. Überschreitet die Länge $0,2 \sqrt{D_i \cdot e}$ nicht, darf die gleiche Dicke verwendet werden, wie für die Krempe erforderlich.

Falls Böden aus mehreren Elementen hergestellt werden, darf (nur zur Dickenberechnung) der Schweißfaktor mit $\lambda = 1,0$ angenommen werden, wenn die Schweißnaht den Kranzbereich von $0,6 D_e$ kreuzt (siehe Bild 4).

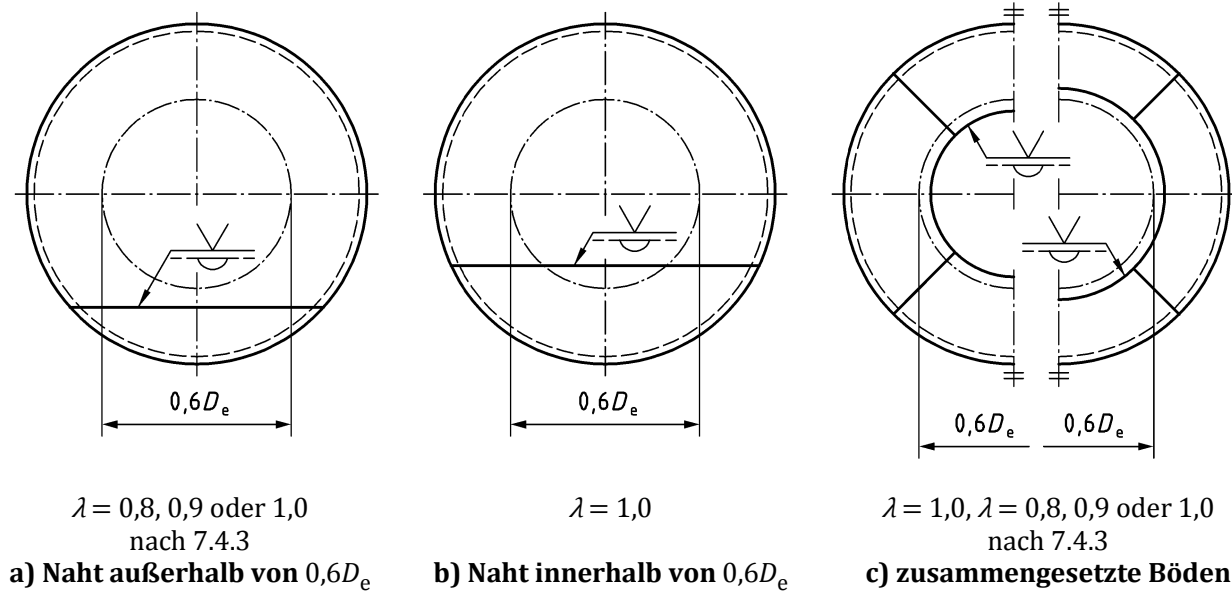


Bild 4 — Position der Schweißnähte in Böden

6.3.3.4.2 Gleichungen zur Berechnung von β_e

$$Y = \min(e/R; 0,04) \quad (6)$$

$$Z = \log_{10}(1/Y) \quad (7)$$

$$X = r/D_i \quad (8)$$

$$N = 1,006 - \frac{1}{6,2 + (90 Y)^4} \quad (9)$$

Bei $X = 0,06$:

$$\beta_{e,0,06} = N (-0,363 5 Z^3 + 2,212 4 Z^2 - 3,293 7 Z + 1,887 3) \quad (10)$$

Bei $0,06 < X < 0,1$:

$$\beta_e = 25 [(0,1 - X)\beta_{e,0,06} + (X - 0,06)\beta_{e,0,1}] \quad (11)$$

Bei $X = 0,1$:

$$\beta_{e,0,1} = N (-0,183 3 Z^3 + 1,038 3 Z^2 - 1,294 3 Z + 0,837) \quad (12)$$

Bei $0,1 < X < 0,2$:

$$\beta_e = 10 [(0,2 - X)\beta_{e,0,1} + (X - 0,1)\beta_{e,0,2}] \quad (13)$$

Bei $X = 0,2$:

$$\beta_{e,0,2} = \max \{0,95 (0,56 - 1,94 Y - 82,5 Y^2); 0,5\} \quad (14)$$

6.3.3.4.3 Öffnungen im Krepfenbereich von Klöpper- und Korbbogenböden

6.3.3.4.3.1 In diesem Abschnitt sind Regeln für die Erhöhung der Dicke eines gewölbten Bodens zum Ausgleich von Abzweigungen innerhalb des Krepfenbereichs angegeben.

Die Regeln sind in ihrer Anwendung auf Klöpper- und Korbbogenböden begrenzt, bei denen

$$d_i/D_e \leq 0,6 \quad (15)$$

$$\frac{d_i}{\sqrt{e \times D_e}} \leq 6,7 \quad (16)$$

Die nach diesem Abschnitt erforderliche erhöhte Dicke gilt für den gesamten Krepfenbereich. Ein Ausgleich durch Aufschweißung ist nicht zulässig.

6.3.3.4.3.2 β_k ist mit dem in Tabelle 3 angegebenen Verfahren zu bestimmen.

Um die erforderliche Dicke zu ermitteln, ist in Gleichung (3) p durch $(\beta_k p)$ zu ersetzen. Die Gleichungen (4) und (5) gelten unverändert weiter.

Tabelle 3 — Verfahren zur Berechnung des Abschwächungsfaktors β_k für Öffnungen im Krepfenbereich (Auslegung)

Stufe	Klöpperboden	Korbbogenboden
1	$V = \log_{10} \left(1\,000 \frac{p}{f_d} \right)$	$V = \log_{10} \left(1\,000 \frac{p}{f_d} \right)$
2	$A = \max \{0,5; 0,264 + 0,938 V - 0,592 V^2 + 0,14 V^3\}$	$A = 0,54 + 0,41 V - 0,044 V^3$
3	$B = \min \{4,2; 4,91 - 2,165 V + 0,151 V^2\}$	$B = 7,77 - 4,53 V + 0,744 V^2$
4	$\beta_k = \max \left(A + B \frac{d_i}{D_e}; 1 + 0,3B \frac{d_i}{D_e} \right)$	$\beta_k = \max \left(A + B \frac{d_i}{D_e}; 1 + 0,5 B \frac{d_i}{D_e} \right)$

6.3.3.5 Dicke von elliptischen Böden

Ein elliptischer Boden ist ein Boden, der auf einem Former mit einer wahren elliptischen Form gefertigt wurde. Elliptische Böden müssen einen Formfaktor K mit einem Wert zwischen 1,7 und 2,2 aufweisen.

$$K = \frac{D_i}{2h} \quad (17)$$

Elliptische Böden sind mit den im Folgenden angegebenen Werten für r und R wie torisphärische Böden nach 6.3.3.5 auszulegen:

$$r = \left(\frac{0,5}{K} - 0,08 \right) D_i \quad (18)$$

$$R = (0,44 K + 0,02) D_i \quad (19)$$

6.3.4.3.3 Großes Ende des Kegels ohne Krempe an der Verbindungsstelle

Die Verbindung ist mittels Stumpfschweißung herzustellen, und der Übergang zwischen der Verbindung vom zylindrischen Teil zum kegelförmigen Teil muss glatt sein.

Die Mindestwanddicke des Tankkörpers an der Verbindungsstelle zwischen kegelförmigem und zylindrischem Teil ist durch Iteration anhand der beiden folgenden Gleichungen zu bestimmen.

$$e_1 = \frac{p \times D_c \times \beta_c}{2 f_d} \quad (22)$$

$$\beta_c = \frac{1}{3} \left(\sqrt{\frac{D_c}{e_1}} \right) \left(\frac{\tan \alpha}{1 + 1/\sqrt{\cos \alpha}} \right) - 0,15 \quad (23)$$

Diese Dicke muss auf einer Länge von mindestens $1,4 \ell_1$ von der Verbindungsstelle entlang des Zylinders eingehalten werden. Die erforderliche Dicke e_2 des an die Verbindung angrenzenden Kegels ist die größere von e und e_k . Diese Dicke muss auf einer Länge von mindestens $1,4 \ell_2$ von der Verbindung entlang des Kegels aufrechterhalten werden, siehe Bild 5. Die Entfernungen ℓ_1 und ℓ_2 werden wie folgt bestimmt:

$$\ell_1 = \sqrt{D_c \times e_1} \quad (24)$$

$$\ell_2 = \sqrt{\frac{D_c \times e_2}{\cos \alpha}} \quad (25)$$

6.3.4.3.4 Mindestdicke am kleinen Ende des Kegels

Dieser Abschnitt gilt unter der Voraussetzung, dass:

- a) die Verbindung mehr als $2 \ell_1$ entlang des Zylinders und $2 \ell_2$ entlang des Kegels von einer beliebigen anderen Verbindungsstelle oder größeren „Störstelle“ entfernt ist, wie z. B. von einer anderen Verbindung Kegel/Zylinder oder einem Flansch;
- b) die Mindestdicke des Zylinders e_1 über eine Entfernung ℓ_1 und die Mindestdicke des Kegels e_2 über eine Entfernung ℓ_2 von der Verbindungsstelle aufrechterhalten wird; ℓ_1 und ℓ_2 werden entsprechend den Gleichungen (24) und (25) unter Verwendung von Bild 6 berechnet; und
- c) die Dicken die Anforderungen in 6.3.2 und 6.3.4.3.1 erfüllen.

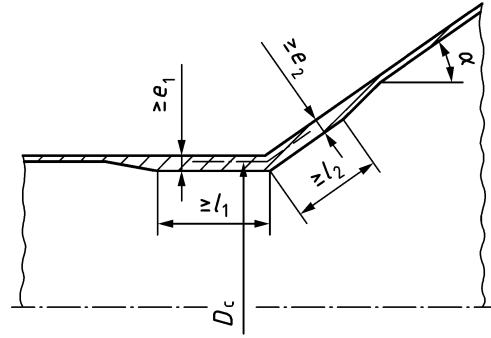


Bild 6 — Geometrie der Verbindungsstelle Kegel/Zylinder; kleines Ende

Die Minstdicken e_1 und e_2 müssen so ausgewählt werden, dass:

$$e_1 = \frac{p \times D_c \times \beta_H}{2 f_d \times \lambda} \quad (26)$$

Dabei ist

$$\beta_H = 0,4 \sqrt{\frac{D_c}{e_1}} \times \frac{\tan \alpha}{\tau} + 0,5 \quad (27)$$

$$\tau = S \times \left(\frac{S}{\cos \alpha} + \sqrt{\frac{1 + S^2}{2}} \right), \text{ sofern } S < 1 \quad (28)$$

$$\tau = 1 + \sqrt{\frac{1 + S^2}{2 \cos \alpha}} \times S, \text{ sofern } S \geq 1 \quad (29)$$

$$S = \frac{e_2}{e_1} \quad (30)$$

ANMERKUNG Die oben genannten Anforderungen liefern keine getrennten Werte für e_1 und e_2 . Sie müssen gegebenenfalls im Verhältnis zueinander angepasst werden, um den Auslegungserfordernissen zu genügen.

6.3.5 Öffnungen und Verstärkungen

6.3.5.1 Öffnungen im Tankkörper

6.3.5.1.1 Allgemeines

Öffnungen im Tankkörper müssen entweder kreisförmig oder elliptisch sein. Die Größe der Öffnungen darf nicht größer sein als in 6.3.5.1.2 angegeben. Der Abstand zwischen den Öffnungen darf nicht kleiner sein als in 6.3.5.1.3 angegeben.

Das Verhältnis von der größeren zur kleineren Achse von elliptischen Öffnungen darf 2 : 1 nicht überschreiten. Die Achse von elliptischen Öffnungen im Tankkörper entlang der Mantellinie ist als Öffnungsdurchmesser für Auslegungszwecke zugrunde zu legen.

Für längliche Öffnungen ist deren größere Länge als Durchmesser anzunehmen.

Das Verhältnis der Wanddicke der Abzweigung zur Wanddicke des Tanks selbst muss mit den Begrenzungen in Bild 7 übereinstimmen.

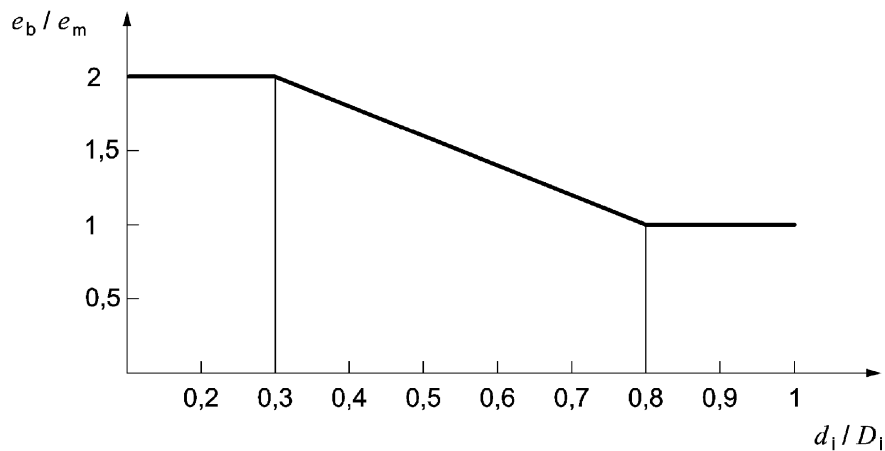


Bild 7 — Wanddickenverhältnis für Abzweigungen

6.3.5.1.2 Größe von Öffnungen im Tankkörper

Die Größe der Öffnungen darf nicht größer sein als:

$$\frac{d_i}{D_i} \leq 1 \quad (31)$$

in den zylindrischen Teilen;

$$\frac{d_i}{D_i} \leq 0,6 \quad (32)$$

in den gewölbten Böden.

6.3.5.1.3 Abstand zwischen Öffnungen

Der von der Außenseite der Abzweigung bzw. von der Verstärkung aus gemessene Abstand zwischen Öffnungen darf $2\ell_m$ nicht unterschreiten,

dabei ist $\ell_m = \sqrt{(2r_{im} + e_m) \times e_m}$ (33)

Dabei gilt für Tankkörper $r_{im} = \frac{D_i}{2}$ (34)

für torispherische Böden $r_{im} = R$ (35)

für elliptische Böden $r_{im} = D_i \times \left(\frac{0,22D_i}{h} + 0,02 \right)$ (36)

Dabei ist

e_m die innerhalb der Länge ℓ_m aufrechterhaltene Berechnungsdicke des Tankkörper(boden)s;

ℓ_m die als ausgleichswirksam angesehene Länge des Tankkörpers, gemessen entlang der Mittellinie des Werkstoffs vom Rand der Öffnung ohne Abzweigung oder außerhalb der Abzweigung (oder der Scheibe).

Für Abstände kleiner als $2 \ell_m$ ist der zwischen den Öffnungen verbleibende Querschnitt daraufhin zu überprüfen, ob er den auf ihn einwirkenden Lasten widerstehen kann [siehe auch Gleichung (37)].

6.3.5.2 Verstärkungen für Stutzen

6.3.5.2.1 Das nachfolgend festgelegte Auslegungsverfahren gilt ausschließlich für zylindrische Tankkörper und gewölbte Böden mit kreisförmigen oder elliptischen Öffnungen, die den Annahmen und Bedingungen nach 6.3.5.1 entsprechen.

6.3.5.2.2 Tankkörper mit Öffnungen sind bei Bedarf zu verstärken. Die Verstärkung des Tanks kann erreicht werden durch:

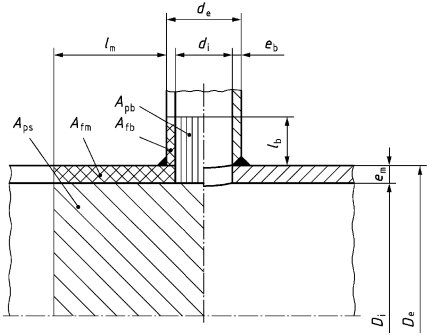
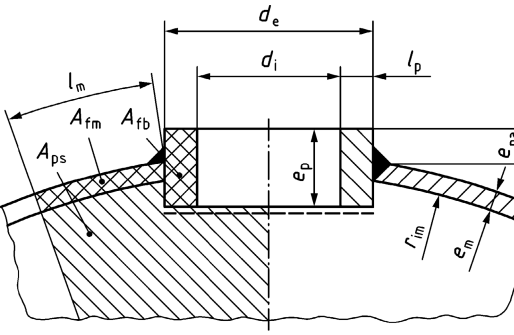
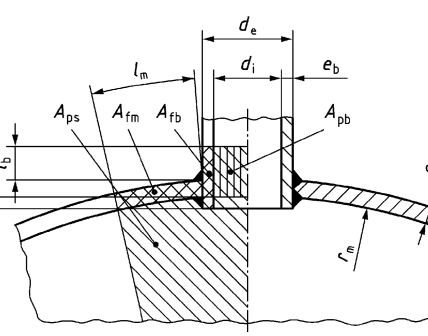
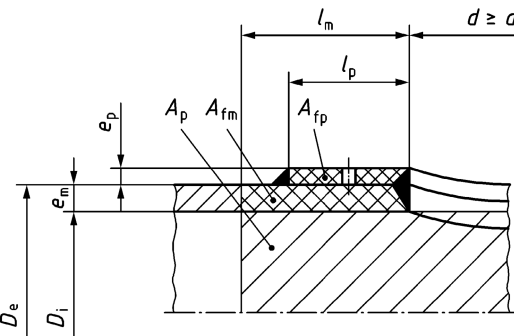
- a) ein- oder aufgesetzte Scheiben;
- b) ein- oder aufgesetzte Stutzen; oder
- c) Kombinationen davon.

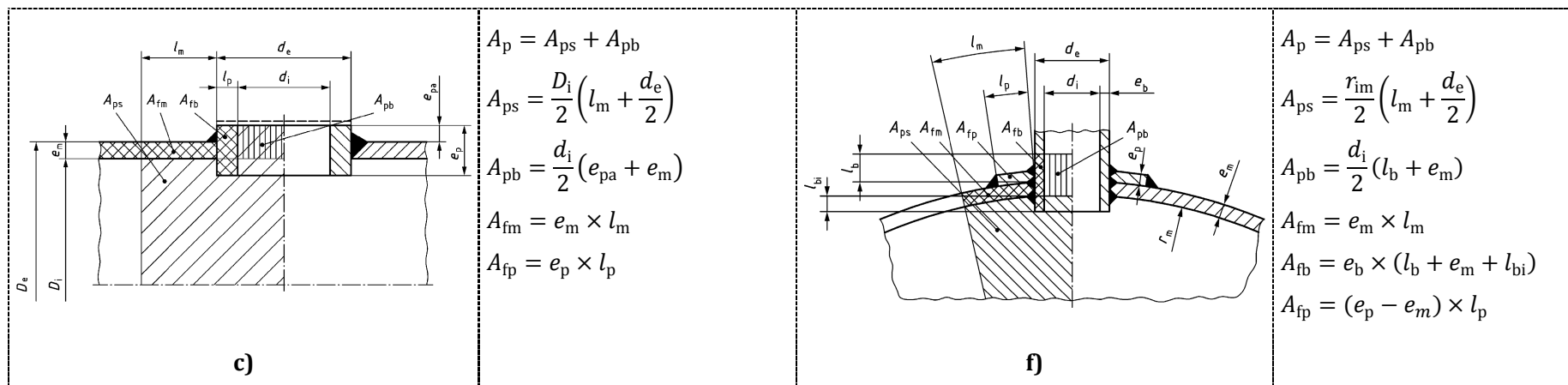
6.3.5.2.3 Der Verstärkungsbereich des Tanks selbst mit seinen Öffnungen kann nicht direkt berechnet werden, sondern ist zunächst zu schätzen. Diese Schätzung kann durch das nachfolgende Verfahren überprüft werden. Das angewendete Verfahren beruht auf den grundlegenden Druckdicken, die für den zylindrischen Teil des Tankkörpers mit den Gleichungen in 6.3.2 und für gewölbte Böden mit den Gleichungen in 6.3.3 ermittelt wurden, und führt zu Beziehungen zwischen der druckbeanspruchten Fläche A_p und der spannungsbeanspruchten Querschnittsfläche, welche die Summe aus A_{fm} , A_{fp} und A_{fb} (siehe Bild 8) ist. Die Berechnung ist gegebenenfalls mit einer korrigierten Schätzung des Verstärkungsbereichs zu wiederholen.

6.3.5.2.4 Bei Bedarf muss in allen Schnitten durch die Öffnung für eine ausreichende Verstärkung gesorgt werden.

6.3.5.2.5 Im Fall von elliptischen Öffnungen darf das Verhältnis von größerer zu kleinerer Achse höchstens 2 betragen. Bei elliptischen Öffnungen im zylindrischen Teil des Tankkörpers muss die parallel zur Längsachse des Zylinders verlaufende Öffnungsachse als Durchmesser für Auslegungszwecke angenommen werden. Bei elliptischen Öffnungen in gewölbten Böden muss die größere Achse als Durchmesser genommen werden.

6.3.5.2.6 Mit Kehlnähten ein- oder aufgeschweißte Stutzen dürfen bei der Berechnung nur dann berücksichtigt werden, wenn das Verhältnis der Durchmesser $d_i/D_e \leq 1/3$ und das Verhältnis der Wanddicken $e_b/e_m < 0,7$ ist. Die Nahtdicke jeder Kehlnaht muss mindestens dem 0,7-fachen Wert der dünneren Wanddicke entsprechen.

 a)	$A_p = A_{ps} + A_{pb}$ $A_{ps} = \frac{D_i}{2} \left(l_m + \frac{d_e}{2} \right)$ $A_{pb} = \frac{d_i}{2} (l_b + e_m)$ $A_{fm} = e_m \times (l_m + e_b)$ $A_{fb} = e_b \times l_b$	 d)	$A_p = A_{ps}$ $A_{ps} = \frac{r_{im}}{2} \left(l_m + \frac{d_e}{2} \right)$ $A_{fm} = e_m \times l_m$ $A_{fp} = e_p \times l_p$
 b)	$A_p = A_{ps} + A_{pb}$ $A_{ps} = \frac{r_{im}}{2} \left(l_m + \frac{d_e}{2} \right)$ $A_{pb} = \frac{d_i}{2} (l_b + e_m)$ $A_{fm} = e_m \times l_m$ $A_{fb} = (l_b + e_m + l_{bi}) \times e_b$	 e)	$A_p = A_{ps} + A_{pb}$ $A_{ps} = \frac{D_i}{2} \left(l_m + \frac{d_i}{2} \right)$ $A_{pb} = \frac{d_i}{2} (e_m + e_p)$ $A_{fm} = e_m \times l_m$ $A_{fp} = (e_p - e_m) \times l_p$



a), c) und e) — Berechnungsschema für zylindrische Tankkörper

b), d) und f) — Berechnungsschema für kugelförmige Tankkörper

Bild 8 — Tankkörper mit einzelnen Öffnungen; Beispiele für Verstärkungen

6.3.5.2.7 Für alle Öffnungen muss die folgende allgemeine Bedingung erfüllt sein:

$$p \times [A_p + 0,5(A_{fm} + A_{fb} + A_{fp})] \leq (f_d \times A_{fm} + f_{d,b} \times A_{fb} + f_{d,p} \times A_{fp}) \quad (37)$$

Dabei ist

- p der Auslegungsdruck;
- A_p die drucktragende Fläche, wie in Bild 8 dargestellt, berechnet mit Innenmaßen;
- A_{fb} die Querschnittsfläche der Abzweigung innerhalb der Ausgleichsgrenzen;
- A_{fm} die Querschnittsfläche des Tankkörpers innerhalb der Ausgleichsgrenzen;
- A_{fp} die Querschnittsfläche der Scheibe innerhalb der Ausgleichsgrenzen;
- $f_{d,b}$ der niedrigere Wert von Nennauslegungsspannung der Abzweigung und f_d ;
- $f_{d,p}$ der niedrigere Wert von Nennauslegungsspannung der Scheibe und f_d .

ANMERKUNG Vereinfachte Gleichungen zur Berechnung von A_{fm} , A_{fp} und A_{fb} für verschiedene geometrische Formen sind mit den Diagrammen in Bild 8 angegeben. Diese Gleichungen liefern annehmbare Ergebnisse innerhalb der Genauigkeit des Verfahrens. Es unterliegt jedoch der Entscheidung des Konstrukteurs, auf der Grundlage der wahren Form genauere Werte zu berechnen.

6.3.5.2.8 Es dürfen nur ein- bzw. aufgeschweißte Scheiben entsprechend Bild 8 verwendet werden.

Die verstärkungswirksame Breite ℓ_p der Scheiben darf ℓ_m nicht überschreiten.

$$\ell_p \leq \ell_m \quad (38)$$

Der zur Bestimmung von A_{fp} verwendete Wert der Scheibendicke e_p darf nicht größer sein als der 1,5-fache Wert der Wanddicke e_m des Tankkörpers (abzüglich Toleranz und Abtrag):

$$e_p \leq 1,5e_m \quad (39)$$

6.3.5.2.9 Die Wanddicke von Abzweigungen (Stutzen) muss, soweit erforderlich, größer sein als die für den Innendruck berechnete Dicke, und zwar über eine Länge ℓ_b , gemessen von der Außenfläche des Tankkörpers:

$$\ell_b = \sqrt{(d_i + e_{a,b}) \times e_{a,b}} \quad (40)$$

Dabei ist

- d_i der Innendurchmesser der Abzweigung;
- $e_{a,b}$ die innerhalb der Länge ℓ_b beibehaltene Berechnungsdicke der Abzweigung.

Bei A_{fb} darf die Wanddicke von Stutzen $e_{a,b}$ nur bis zu einer Länge ℓ_b berücksichtigt werden, gemessen von der Außenfläche des Tankkörpers.

6.3.5.2.10 Die Flächen A_p , A_{fm} und A_{fp} sind nach Bild 8 zu bestimmen, wobei die verstärkungswirksame Länge für den Tankkörper nicht mehr als ℓ_m und für die Abzweigung nicht mehr als ℓ_b betragen darf.

Der Höchstwert, der für die Berechnung des nach innen ragenden Teils, sofern vorhanden, zu verwenden ist, muss im Fall von durchgesteckten Abzweigungen (siehe Bild 8) Folgendem entsprechen:

$$\ell_{bi} = 0,5\ell_b \quad (41)$$

6.3.5.3 Einsteige- und Inspektionsöffnungen

6.3.5.3.1 Allgemeines

Der Tankkörper oder jedes seiner Abteile ist mit einer Zugangsmöglichkeit auszurüsten, um eine Inspektion des Tankinnern zu ermöglichen. Bei der Zugangsmöglichkeit muss es sich handeln um:

- eine Einsteigeöffnung; oder
- bei Tanks oder Tankabteilen mit einem Fassungsraum von weniger als 3 000 l eine Inspektionsöffnung mit einem Durchmesser d_n von höchstens 400 mm.

Bei der Auslegung von Einsteigeöffnungen ist besonders darauf zu achten, dass ein Zugang mit vollständiger Rettungsausrüstung einschließlich eines unabhängigen Atemschutzgerätes (frei tragbares Isoliergerät, en: self-contained breathing apparatus) möglich ist.

Einsteigeöffnungen müssen groß genug sein, um ein Einsteigen und die Rettung von Personen zu ermöglichen. Inspektionsöffnungen müssen so klein sein, dass Personen nicht einsteigen können, und groß genug, um eine angemessene Inspektion zu ermöglichen.

Die Mindestmaße von Einsteige- und Inspektionsöffnungen in Tanks mit Auskleidung müssen auch nach dem Aufbringen der Auskleidung eingehalten werden.

Der Abstand zwischen benachbarten Einsteige- oder Inspektionsöffnungen darf nicht geringer sein als in 6.3.5.1.3 beschrieben.

6.3.5.3.2 Verstärkung von Einsteige- und Inspektionsöffnungen

Ein Tankkörper mit einer Einsteige- oder Inspektionsöffnung muss eine angemessene Verstärkung (einen Ausgleich) im an die Einsteige- oder Inspektionsöffnung angrenzenden Bereich erhalten. Die Verstärkung muss 6.3.5.2 entsprechen und darf erreicht werden durch

- Erhöhung der Wanddicke des Tankkörpers;
- Verwendung eines Verstärkungsblechs;
- Verwendung eines umlaufenden Verstärkungsringes;
- Erhöhung der Wanddicke des Kragenrings; oder
- eine Kombination der vorstehend angegebenen Maßnahmen.

Bild 8 enthält auch Beispiele für Verstärkungen, die verwendet werden dürfen.

6.3.5.3.3 Größe von Öffnungen

Die Durchmesser von Öffnungen dürfen:

- für Inspektionsöffnungen 100 mm nicht unter- und 400 mm nicht überschreiten;
- für kreisförmige Einsteigeöffnungen 500 mm nicht unterschreiten.

Für nicht kreisförmige Einsteigeöffnungen darf kein Maß weniger als 500 mm betragen.

6.3.5.3.4 Kragenringe

Die kleinste Dicke des Kragenringes darf nicht kleiner sein als die erforderliche Wanddicke des Tankkörpers.

6.3.6 Deckel für Einsteigeöffnungen

6.3.6.1 Kreisförmige flache Deckel

6.3.6.1.1 Für die Mindestdicke e von kreisförmigen flachen Deckeln mit innenliegender Dichtung, beispielhaft dargestellt in Bild 9, gilt:

$$e = \left[(0,3 \times d_G^2 \times p / S_F) + (1,909 \times W_m \times h_G / (d_G \times S_F)) \right]^{0,5} \quad (42)$$

$$e_1 = [1,909 \times W_m \times h_G / (d_G \times S_F)]^{0,5} \quad (43)$$

Dabei ist

d_G	der Dichtungsdurchmesser;
h_G	der Abstand von der Dichtung zur Schraubenachse;
S_F	die Auslegungsfestigkeit des Flanschwerkstoffs;
$W_m = 0,5 (A_b + A_m) S_a$	die Auslegungslast des Flansches;

wobei

A_b	die tatsächliche Querschnittsfläche der Schrauben ist; und
A_m und S_a	in 6.3.6.4 festgelegt sind.

6.3.6.1.2 Für die charakteristische Mindestdicke e von kreisförmigen flachen Deckeln mit durchgehender Dichtung, beispielhaft dargestellt in Bild 10, gilt:

$$e = 0,41 \times C \times (p / S_F)^{0,5} \quad (44)$$

Dabei ist

C	der Schraubenkreisdurchmesser;
S_F	die Auslegungsfestigkeit des Flanschwerkstoffs.

Durchgehende Dichtungen dürfen nicht bei Stoffen der Klasse 2 verwendet werden.

6.3.6.2 Elliptische flache Deckel

6.3.6.2.1 Für die Minstdicke von elliptischen flachen Deckeln mit innenliegender Dichtung, beispielhaft dargestellt in Bild 9, gilt:

$$e = \left[(0,3 \times d_G^2 \times p \times Z^2 / S_F) + (6 \times W_m \times h_G / (n \times m \times S_F)) \right]^{0,5} \quad (45)$$

(d_G wird über die kleinere Achse gemessen) und

$$e_1 = [6 \times W_m \times h_G / (n \times m \times S_F)]^{0,5} \quad (46)$$

Dabei ist

d_G , h_G , S_F und W_m wie in 6.3.6.1.2 definiert;

Z der Faktor für elliptische Böden (siehe Bild 11);

n die Anzahl der Schrauben;

m der Abstand zwischen den Schraubenachsen, gemessen entlang des Schraubenkreisdurchmessers.

6.3.6.2.2 Für die Minstdicke von elliptischen flachen Deckeln mit durchgehender Dichtung, beispielhaft dargestellt in Bild 10, gilt:

$$e = 0,41 \times Z \times a \times (p / S_F)^{0,5} \quad (47)$$

Dabei ist

a der kleinere Durchmesser des elliptischen Bodens;

Z der Koeffizient für elliptische Böden (siehe Bild 11).

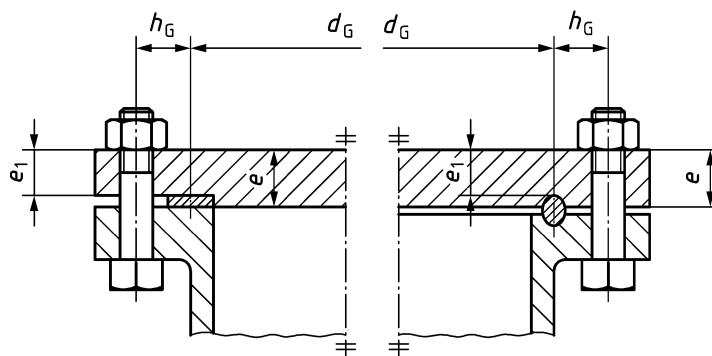


Bild 9 — Kreisförmiger oder elliptischer flacher Deckel mit innenliegender Dichtung

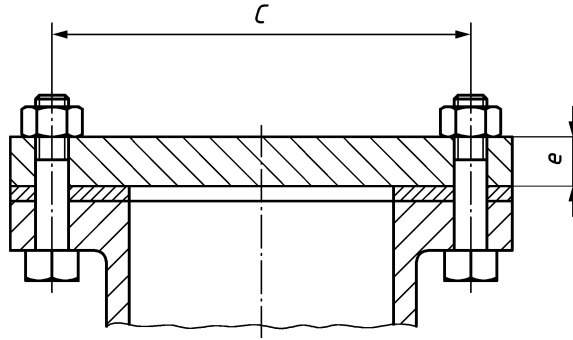
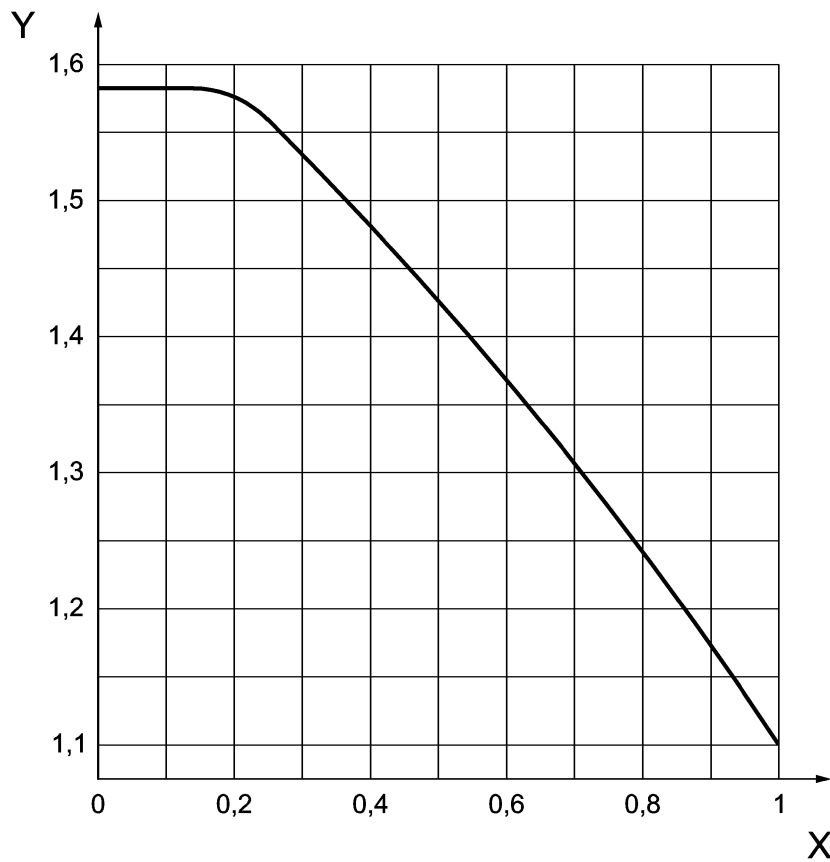


Bild 10 — Kreisförmiger oder elliptischer flacher Deckel mit durchgehender Dichtung (nur für Flüssigkeiten)



Legende

X Verhältnis von kleinerer zu größerer Achse
Y Koeffizient Z

Bild 11 — Koeffizient Z für elliptische Böden

6.3.6.3 Gewölbte Deckel

Für die Mindestdicke e_c des Kranzbereichs von gewölbten Deckeln, beispielhaft dargestellt in Bild 12, gilt:

$$e_c = \frac{5 \times p \times R_1}{6 \times f_d} \quad (48)$$

Die Mindestdicke T des Ringflansches kann anhand von Gleichung (49) berechnet werden; sie darf jedoch die 2fache Kranzdicke nicht unterschreiten.

a) Bei innenliegenden Dichtungen:

$$T = F + (F^2 + J_0)^{0,5} \quad (49)$$

mit

$$F = \frac{p \times B \times (4R_1^2 - B^2)^{0,5}}{8 \times S_F \times (A - B)} \quad (50)$$

$$J_0 = \frac{M_F \times (A + B)}{B \times S_F \times (A - B)} \quad (51)$$

Dabei ist

A der Außendurchmesser des Flansches;

B der Innendurchmesser des Flansches;

S_F die Auslegungsfestigkeit des Flanschwerkstoffs;

M_F der Absolutwert des auf den Flansch wirkenden Gesamtmoments:

$$M_F = H_D h_D + H_G h_G + H_T h_t - H_r h_r$$

Dabei ist

H_D die hydrostatische Bodenkraft auf der Flanschinnenseite, d. h. $H_D = 0,785 B^2 p$;

h_D der radiale Abstand vom Schraubenkreis zum Wirkungskreis von H_D , d. h. $h_D = (C - B)/2$;

H_G die zur Sicherstellung der Dichtheit auf die Dichtung wirkende Drucklast, d. h. $H_G = 2b \times 3,142 d_G \times m \times p$ mit b nach 6.3.6.4;

h_G der radiale Abstand vom Belastungspunkt der Dichtung zum Schraubenkreis, d. h. $h_G = (C - d_G)/2$;

H_T die sich aus dem Druck auf die Dichtungsfläche ergebende hydrostatische Bodenkraft, d. h. $H_T = H - H_D$ mit der hydrostatische Gesamt-Bodenkraft H (d. h. $H = 0,785 d_G^2 \times p$);

h_t der radiale Abstand vom Schraubenkreis zum Wirkungskreis von H_T , d. h. $h_t = (2C - B - d_G)/4$;

H_r die radiale Komponente der am Rand wirkenden Membrankraft aus dem Kranzbereich, d. h. $H_r = H_D \cot \beta_1$, wobei β_1 der Winkel zwischen der Tangente am Rand des gewölbten Kranzabschnitts und einer Ebene parallel zur Stirnfläche des Flansches ist, siehe Bild 12;

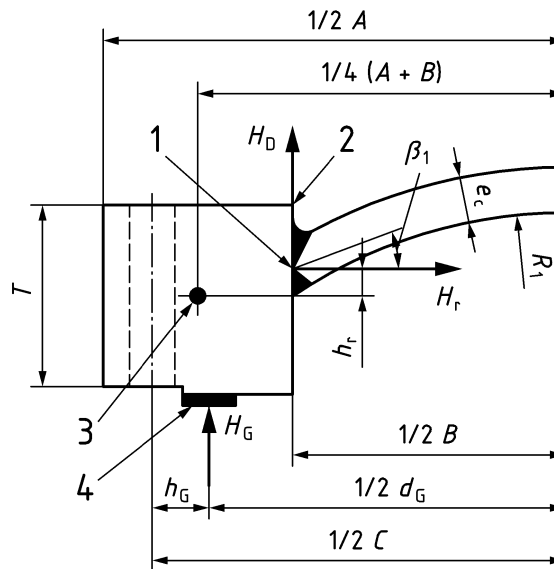
h_r der axiale Abstand von der mittleren Oberfläche am Rand des gewölbten Kranzabschnitts zum Mittelpunkt des Ringflanschquerschnitts.

b) Bei durchgehenden Dichtungen:

$$T = 2 \times F \times [A - B / (A - B - 2d)] \quad (52)$$

Dabei ist

d der Schraubenlochdurchmesser.



Legende

- 1 durchgeschweißte Naht
- 2 Wirkungspunkt von H_D
- 3 Mittelpunkt
- 4 geeignete Dichtung

Bild 12 — Kugelförmig gewölbte und verschraubte Deckel mit innenliegender Dichtung

6.3.6.4 Anforderungen an die Verschraubung von Deckeln

Schraubenlasten und Flächen sind sowohl für Betriebs- als auch für Einbaubedingungen zu berechnen.

Bei Betriebsbedingungen muss für die minimale Schraubenkraft W_{m1} gelten:

$$W_{m1} = 0,785 \times d_G^2 \times p + 6,28 \times b \times d_G \times m \times p \quad (53)$$

Dabei ist

d_G der Dichtungsdurchmesser;

m der Dichtungsbeiwert nach Tabelle 4;

b die wirksame Dichtungsbreite;

$b = b_0$ wenn $b_0 \leq 6,3$ mm;