

DIN EN 286-1



ICS 23.020.30

Entwurf

Einsprüche bis 2019-12-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 286-1:1998-08,
DIN EN 286-1/A1:2002-12 und
DIN EN 286-1/A2:2005-12

**Einfache unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff –
Teil 1: Druckbehälter für allgemeine Zwecke;
Deutsche und Englische Fassung prEN 286-1:2019**

Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen –
Part 1: Pressure vessels for general purposes;
German and English version prEN 286-1:2019

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

Partie 1: Réipients pour usage général;
Version allemande et anglaise prEN 286-1:2019

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 167 Seiten

DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 286-1:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 012-00-05 AA „Unbefeuerte Druckbehälter“ im DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA).

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:

ISO 3057:1998 siehe DIN 54150:1977-08

ISO 7253:1996 siehe DIN 53167:1985-12

Änderungen

Gegenüber DIN EN 286-1:1998-08, DIN EN 286-1/A1:2002-12 und DIN EN 286-1/A2:2005-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 53167:1985-12, *Lacke, Anstrichstoffe und ähnliche Beschichtungsstoffe — Salzsprühnebelprüfung an Beschichtungen*

DIN 54150:1977-08, *Zerstörungsfreie Prüfung — Abdruckverfahren für die Oberflächenprüfung (Replica-Technik)*

Einfache unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff — Teil 1: Druckbehälter für allgemeine Zwecke

*Réipients à pression simples, non soumis à la flamme, destinés à contenir de l'air ou de l'azote — Partie 1 :
Réipients pour usage général*

Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen — Part 1: Pressure vessels for general purposes

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	6
3 Definitionen, Symbole und Einheiten	7
3.1 Definitionen	7
3.2 Allgemeine Symbole und Einheiten	9
4 Werkstoffe	11
4.1 Wesentliche druckbeanspruchte Teile (siehe auch 5.2)	11
4.1.1 Allgemeines	11
4.1.2 Stahlbehälter	11
4.1.3 Aluminiumbehälter	11
4.1.4 Weitere genormte Werkstoffe	12
4.2 Zubehörteile, die zur Festigkeit der Behälter beitragen	12
4.3 Nicht drucktragende Teile	12
4.4 Schweißnahtzusatzstoffe	12
5 Konstruktion	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Schweißnahtausbildung	13
5.3 Bestimmung der Waddicken	17
5.3.1 Auswahl des Verfahrens	17
5.3.2 Tatsächliche Waddicken	17
5.3.3 Korrosionszuschlag	18
5.4 Berechnungsverfahren	18
5.4.1 Allgemeines	18
5.4.2 Errechnete Mantelwanddicke e_{CS}	19
5.4.3 Errechnete Dicke von gewölbten Böden e_{ce}	20
5.4.4 Errechnete Waddicke von ebenen Böden und Deckeln	24
5.4.5 Flanschberechnungen	27
5.4.6 Berechnung der Ausschnittsverstärkung für zylindrische Mäntel, Kugelschalen und gewölbte Böden	45
5.4.7 Verstärkungsberechnungen für ebene Böden und Deckel mit einer Öffnung von höchstens $D_i/2$	53
5.5 Versuchsverfahren	54
5.5.1 Allgemeines	54
5.6 Einsteige- und Besichtigungsöffnungen	55
5.6.1 Allgemeines	55
5.6.2 Arten und Maße von Einsteig- und Besichtigungsöffnungen	56
5.6.3 Arten, Anordnung und Mindestanzahl von Einsteige- und Besichtigungsöffnungen	56
5.6.4 Weitere Anforderungen für Schaulöcher in kleinen Behältern	56
5.7 Entwässerungsöffnungen	57
5.8 Halterungen	57
6 Herstellung	61
6.1 Herstellungs- und Prüfeinrichtung	61
6.2 Formen von Böden und Mänteln	61

6.2.1	Allgemeines	61
6.2.2	Kaltgeformte Böden oder Böden mit Sicke aus Stahl	61
6.2.3	Warmgeformte gewölbte Böden aus Stahl	61
6.2.4	Kaltgeformte Böden aus Aluminium	61
6.2.5	Stahlmantel	62
6.3	Typische Verbindungen für den Hauptkörper	62
6.3.1	Längsnähte	62
6.3.2	Rundnähte	62
6.4	Schweißen	65
7	Qualifikation von Schweißern und Bedienern von Schweißgeräten	66
8	Schweißverfahrensprüfung	66
8.1	Allgemeines	66
8.2	Zusätzliche Anforderungen für Stahlbehälter	66
8.3	Vorhandene Schweißverfahren	66
9	Prüfungen	67
9.1	Kalibrierung	67
9.2	Durch das Berechnungsverfahren konstruierte Behälter	67
9.2.1	Allgemeines	67
9.2.2	Alternative Prüfanforderungen	69
9.2.3	Zerstörungsfreie Prüfungen	71
9.2.4	Zerstörende Prüfung von Schweißnähten	72
9.2.5	Zerstörende Prüfungen	72
9.2.6	Annahmebedingungen	72
9.3	Durch das Versuchsverfahren konstruierte Behälter	73
9.3.1	Allgemeines	73
9.3.2	Vom Hersteller durchzuführende Prüfungen	73
9.3.3	Von der notifizierten Stelle durchzuführende Prüfungen	73
9.3.4	Annahmebedingungen	73
9.4	Prüfberichte	74
9.4.1	Allgemeines	74
9.4.2	Prüfberichte von zerstörungsfreien und zerstörenden Prüfungen für die Prüfung von Baumustern	74
9.4.3	Behälter über 200 bar × l	74
9.4.4	Behälter max. 200 bar × l	74
9.5	Druckprüfung	75
10	Bedienungsanleitung	75
11	Kennzeichnung	76
Anhang A (normativ) Betrieb mit Druckwechselbelastung		77
Anhang B (normativ) Prüfung des Korrosionsschutzes		78
B.1	Prüfkörper	78
B.2	Gitterschnitt von Anstrichen	78
B.3	Salzsprühnebelprüfung	78
Anhang C (normativ) Anforderungen bezogen auf Aufdachungen		80
C.1	Örtliche Formabweichungen des Behälters	80
C.2	Aufdachungen an Längs-Stumpfschweißnähten	80
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/29/EU		83
Literaturhinweise		84

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 286-1:2019) 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 286-1:1998 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 geschweißten, einfachen, serienmäßig hergestellten, aus einem Druckraum bestehenden unbefeuerten Druckbehältern, die nachfolgend als Behälter bezeichnet werden.

Er gilt nur für Behälter, die

- a) die Herstellung durch Schweißen einschließen, aber einige Konstruktionen können die Verwendung von Schrauben enthalten;
- b) eine einfache Geometrie aufweisen, so dass einfache Fertigungsverfahren angewendet werden können. Dies wird erreicht entweder durch
 - 1) einen zylindrischen Teil mit kreisrundem Querschnitt, der mit nach außen gewölbten und/oder ebenen Böden, die dieselbe Achse haben wie der zylindrische Teil, verschlossen wird; oder
 - 2) zwei nach außen gewölbte Böden mit gemeinsamer Achse;

1.2 Dieser Teil gilt für unbefeuerte Behälter zur Aufnahme von Luft oder Stickstoff, die mit folgenden Einschränkungen arbeiten:

- 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;

ANMERKUNG In diesem Teil der Norm wird „Aluminium“ für unlegiertes Aluminium und Aluminiumlegierungen verwendet

- c) der zulässige Betriebsdruck beträgt nicht mehr als 30 bar. Das Produkt aus diesem Druck und dem Behältervolumen ($PS \cdot V$) ist größer als 50 bar · l und nicht größer als 10 000 bar · l. Für Werte unter 50 bar · l wird die Verwendung dieses Dokuments als Erfüllung der Anforderungen einer guten ingenieurmäßigen Praxis angesehen;
- d) die minimale Betriebstemperatur liegt nicht unter -50 °C und die maximale Betriebstemperatur liegt nicht über 300 °C für Behälter aus Stahl bzw. 100 °C für Behälter aus Aluminium oder Aluminiumlegierung.

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

Dieses Dokument ist nicht anzuwenden auf Transportbehälter sowie Behälter, die auch andere Stoffe als Luft oder Stickstoff enthalten und die einen negativen Einfluss auf die Sicherheit haben können. Für Druckluftbehälter in Bremsanlagen von Straßenfahrzeugen und deren Anhängfahrzeuge siehe auch EN 286-2. Für Druckluftbehälter in Bremsanlagen von Schienenfahrzeugen siehe auch EN 286-3 und EN 286-4.

1.3 Dieses Dokument gilt für den Behälter selbst, vom Einlassanschluss bis zum Auslassanschluss und für alle anderen erforderlichen Anschlüsse für Ventile und Armaturen.

1.4 Für nach diesem Dokument erforderliche Berechnungen sind Maße in Millimeter, Drücke in bar (wenn nicht anders festgelegt), Spannungen in Newton je Quadratmillimeter und Temperaturen in Grad Celsius einzusetzen.

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 473:2008, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen*

EN 10002-1:2001, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 10226-1:2004, *Rohrgewinde für im Gewinde dichtende Verbindungen — Teil 1: Kegelige Außengewinde und zylindrische Innengewinde — Maße, Toleranzen und Bezeichnung*

EN ISO 228-1:2003¹, *Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen — Teil 1: Maße, Toleranzen und Bezeichnung (ISO 228-1:2000)*

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

EN ISO 5173:2010², *Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Biegeprüfungen (ISO 5173:2009 + Amd 1:2011)*

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

EN ISO 9016:2012, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Kerbschlagbiegeversuch - Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung (ISO 9016:2012)*

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 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)*

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

1 Wie in EN ISO 228-1, Nachtrag 1, festgelegt.

2 Wie in EN ISO 5173:2010/A1:2011 festgelegt. Deutsche Fassung EN ISO 5173:2010 + A1:2011.

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)*

ISO 3057:1998, *Non-destructive testing — Metallographic replica techniques of surface examination*

ISO 7005-1:2011, *Pipe flanges — Part 1: Steel flanges for industrial and general service piping systems*

ISO 7253:1996, *Paints and varnishes — Determination of resistance to neutral salt spray (fog)*

3 Definitionen, Symbole und Einheiten

3.1 Definitionen

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

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

3.1.2

nichtautomatisches Schweißen

alle Schweißarten außer den in 3.1.1 festgelegten

3.1.3

Los

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

3.1.4

Behältertyp

Behälter sind vom selben Typ, wenn sie die folgenden vier Bedingungen erfüllen:

- sie haben eine ähnliche geometrische Form (d. h. Schüsse und Böden oder nur Böden, in beiden Fällen Böden derselben Form);

- Werkstoff und Wanddicke der Behälter liegen im Geltungsbereich der Schweißverfahrensprüfung einschließlich der für Abzweige, Stutzen und Besichtigungsöffnungen;
- ihre Besichtigungsöffnungen sind vom selben Typ (Beispiele für unterschiedliche Typen von Besichtigungsöffnungen sind Schaulöcher, Handlöcher, Kopflöcher, Mannlöcher);
- sie sind für dieselben Berechnungstemperaturgrenzen bestimmt.

3.1.5

Überwachte Produktprüfung

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

3.1.6

Technische Bauunterlagen

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

3.1.7

Berechnungstemperatur

3.1.7.1

höchste Berechnungstemperatur

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

3.1.7.2

Mindestberechnungstemperatur

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

3.1.8

minimale Betriebstemperatur

$T_{\min}$

niedrigste stabilisierte Temperatur in der Behälterwand unter normalen Anwendungsbedingungen

3.1.9

maximale Betriebstemperatur

$T_{\max}$

höchste stabilisierte Temperatur, die in der Behälterwand unter normalen Anwendungsbedingungen auftreten kann

3.1.10

Berechnungsdruck

P

Druck, der der Berechnung zugrunde gelegt wird und der den zulässigen Betriebsdruck PS nie unterschreitet

3.1.11

zulässiger Betriebsdruck

PS

höchster Überdruck, der unter normalen Anwendungsbedingungen entstehen kann. (Der Einstelldruck der Druckbegrenzungseinrichtung darf nie größer sein als PS , aber nach Beginn der Druckentlastung darf der Druck PS um maximal 10 % überschreiten.)

3.1.12

Sachkundiger des Herstellers

vom Hersteller angestellte und bevollmächtigte Person(en), doch von dem mit der Produktion beauftragten Personal unabhängig, die für die von ihr an den Behältern durchzuführenden Prüfungen und Kontrollen qualifiziert und verantwortlich ist (sind).

Anmerkung 1 zum Begriff: Qualifikation des Sachkundigen bedeutet, dass der Sachkundige für die verschiedenen von ihm unter Verantwortung des Herstellers durchzuführenden Prüfungen und Kontrollen fachkundig ist und ebenso die notwendige Erfahrung besitzt. Es fällt unter die Verantwortung des Herstellers sicherzustellen, dass der Sachkundige fachkundig ist

3.1.13

Bericht über Prüfungen und Kontrollen

ein vom Hersteller verfasster Bericht über die von ihm durchgeführten Prüfungen und Kontrollen

3.1.14

Prüfbericht

Dokument, in dem der Hersteller bestätigt, dass die gelieferten Erzeugnisse den Anforderungen der Bestellung entsprechen, mit Angabe von Prüfergebnissen auf der Grundlage nichtspezifischer Prüfungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Entspricht dem Werkszeugnis der Richtlinie 2014/29/EU.

[QUELLE: EN 10204:2004, 2.2 oder 3.1 oder 3.2]

3.1.15

Serienfertigung

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

3.1.16

Hauptkörper

Hauptmantel und/oder die Böden

3.2 Allgemeine Symbole und Einheiten

In dieser Norm werden SZ-Einheiten wie folgt verwendet:

- Maße (Dicke, Durchmesser, Länge, ...): mm
- Flächen: mm²
- Beanspruchungen, Kräfte: N
- Momente: N · mm
- Drücke: bar oder N/mm² (siehe Anmerkung)
- mechanische Spannungen, Streckgrenze, Zugfestigkeit, ...: N/mm²

ANMERKUNG Um ein zusammenhängendes Einheitensystem für die Gleichung zu erreichen, wird durchgehend in 6.4 für den Berechnungsdruck P die Einheit N/mm² verwendet. In allen anderen Abschnitten wird die Einheit bar verwendet, um die Terminologie der Richtlinie 2014/29/EU zu erfüllen.

Folgende allgemeine Bezeichnungen werden verwendet (besondere Bezeichnungen werden in den entsprechenden Abschnitten festgelegt):

A	Bruchdehnung
D_i	Innendurchmesser des Hauptkörpers
D_o	Außendurchmesser des Hauptkörpers
d	Durchmesser von Öffnungen
d_{ib}	Innendurchmesser eines Stutzens
d_{ob}	Außendurchmesser eines Stutzens
d_{ip}	Innendurchmesser eines Blechflansches
d_{op}	Außendurchmesser eines Blechflansches
d_{is}	Innendurchmesser eines Mantels
e	Nennwanddicke
e_s	Nennwanddicke eines Mantels
e_b	Nennstärke eines Stutzens
e_p	Nennstärke eines Verstärkungsbleches oder eines Blechflansches
e_c	Berechnete Dicke
e_a	Tatsächliche Dicke
e_{as}	Tatsächliche Wanddicke eines Mantels
e_{ab}	Tatsächliche Dicke eines Stutzens
e_{am}	Tatsächliche Wanddicke eines Hauptkörpers
e_{ap}	Tatsächliche Dicke eines Verstärkungsbleches oder eines Blechflansches
f	Berechnungsnennspannung bei Berechnungstemperatur
K_c	Berechnungsbeiwert, abhängig vom Schweißverfahren (siehe 5.4.2)
K_s	Mantelbeiwert, abhängig vom Prüfumfang (siehe 5.4.2)
KCV	Bruchenergie
l_b	Wirksame Länge eines Stutzens, die zur Verstärkung beiträgt
l_{bi}	Wirksame Länge des inneren Teils eines durchgesteckten Stutzens

l_m	Wirksame Länge eines Hauptkörpers, die zur Verstärkung beiträgt
l_p	Breite der Verstärkungsplatte
l_{rp}	Breite eines Blechflansches abzüglich des Korrosionzuschlags und der Toleranzen
P	Berechnungsdruck (nie kleiner als PS), in bar oder in N/mm^2 (siehe Anmerkung am Anfang von 3.2)
PS	Zulässiger Betriebsdruck
R_{eT}	Wert bei maximaler Betriebstemperatur T_{max} — der oberen Streckgrenze R_{eH}, bei einem Werkstoff mit unterer und oberer Streckgrenze; — der Dehngrenze $R_{p0,2}$; — der Dehngrenze $R_{p1,0}$, bei unlegiertem Aluminium
R_m	Mindestwert der Zugfestigkeit bei Raumtemperatur, die in der Werkstoffnorm festgelegt ist

4 Werkstoffe

4.1 Wesentliche druckbeanspruchte Teile (siehe auch 5.2)

4.1.1 Allgemeines

Die Werkstoffe müssen zusammen mit mindestens einem Prüfbericht (entsprechend EN 10204:2004, 2.2) geliefert werden. Abnahmeprüfzeugnisse nach 3.1. oder 3.2 sind ebenfalls zulässig.

4.1.2 Stahlbehälter

Folgende Werkstoffe sollten verwendet werden:

- Blech, Bandstahl und Stangen: Stahlsorten P 235 S, P 265 S und P 275 SL nach EN 10207; Stahlsorten P 235 GH und P 265 GH nach EN 10028-2;
- Rohre: Stahlsorten P 235 TR 2, P 265 TR 2 nach EN 10216-1 und P 195 GH, P 235 GH, P 265 GH nach EN 10217-2;
- Schmiedestücke: Stahlsorte P 285 QH nach EN 10222-4.

4.1.3 Aluminiumbehälter

Die in Tabelle 1 festgelegten Werkstoffe nach EN 573-4 sollten verwendet werden:

- Bleche nach EN 485-2;
- Stangen nach EN 755-2.

Tabelle 1 — Aluminiumwerkstoffe nach EN 573-4

Werkstoffbezeichnung		Maximale Betriebs- temperatur
Numerisch	Chemische Symbole	
EN AW-1080A	EN AW-Al 99,8(A)	100 °C
EN AW-1070A	EN AW-Al 99,7	100 °C
EN AW-1050A	EN AW-Al 99,5	100 °C
EN AW-5005	EN AW-Al Mg1(B)	100 °C
EN AW-5251	EN AW-Al Mg2	100 °C
EN AW-5049	EN AW-Al Mg2Mn0,8	100 °C
EN AW-5052	EN AW-Al Mg2,5	100 °C
EN AW-5754	EN AW-Al Mg3	100 °C
EN AW-5454	EN AW-Al Mg3Mn	100 °C
EN AW-5154A	EN AW-Al Mg3,5(A)	100 °C
EN AW-5086	EN AW-Al Mg4	65 °C
EN AW-5083	EN AW-Al Mg4,5Mn0,7	65 °C
EN AW-3103	EN AW-Al Mn1	100 °C
EN AW-3105	EN AW-Al Mn0,5Mg0,5	100 °C

4.1.4 Weitere genormte Werkstoffe

Alle Werkstoffe, die nicht in 4.1.2 und 4.1.3 enthalten sind und die nach einer Nationalen oder Internationalen Norm für Qualitätsstähle, Aluminium oder Aluminiumlegierung hergestellt werden, sind zulässig, wenn sie 4.1.1 und Richtlinie SPVD, Anhang I entsprechen.

4.2 Zubehörteile, die zur Festigkeit der Behälter beitragen

Diese Zubehörteile (Schrauben, Muttern, Rohre, Anschlüsse usw.) müssen aus den Werkstoffen Stahl, Aluminium oder Aluminiumlegierung hergestellt sein, die mit den zur Herstellung der hauptdrucktragenden Teile verwendeten Werkstoffen verträglich sind. Längsproben müssen eine Bruchdehnung A von mindestens 14 % haben (siehe EN 10002-1:2001).

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.

Aluminium und Aluminiumlegierung sind in 4.1.3 angegeben

4.4 Schweißnahtzusatzstoffe

Die zur Herstellung der Schweißnähte des Behälters oder am Behälter verwendeten Schweißnahtzusatzstoffe müssen geeignet und den zu verschweißenden Werkstoffen angepasst sein und müssen verfügbaren Europäischen Normen entsprechen.

5 Konstruktion

5.1 Allgemeines

Der Hersteller muss bei der Konstruktion des Behälters den vorgegebenen Verwendungszweck definieren und die folgenden Größen festlegen:

- die minimale Betriebstemperatur, $T_{\min}$;
- die maximale Betriebstemperatur, $T_{\max}$;
- den zulässigen Betriebsdruck, PS .

Wenn der vorgesehene Verwendungszweck des Behälters zusätzliche Belastungen oder Dauerbelastung einschließt, muss dies bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Anforderungen bezogen auf Aufdachungen (Unrundheit durch Versatz von (geschweißten) Verbindungen oder örtlichen Formabweichungen des Behälters) sind in Anhang A enthalten.

5.2 Schweißnahtausbildung

5.2.1 Nähte mit Teildurchschweißung sind nicht zulässig, außer bei Stutzen, ebenen Böden und Flanschen, die mit dem Druckbehältermantel mittels zweier Schweißnähte von ausreichender Dicke verbunden werden, siehe 5.2.5. Die Art der Kantenvorbereitung hängt vom verwendeten Schweißverfahren ab.

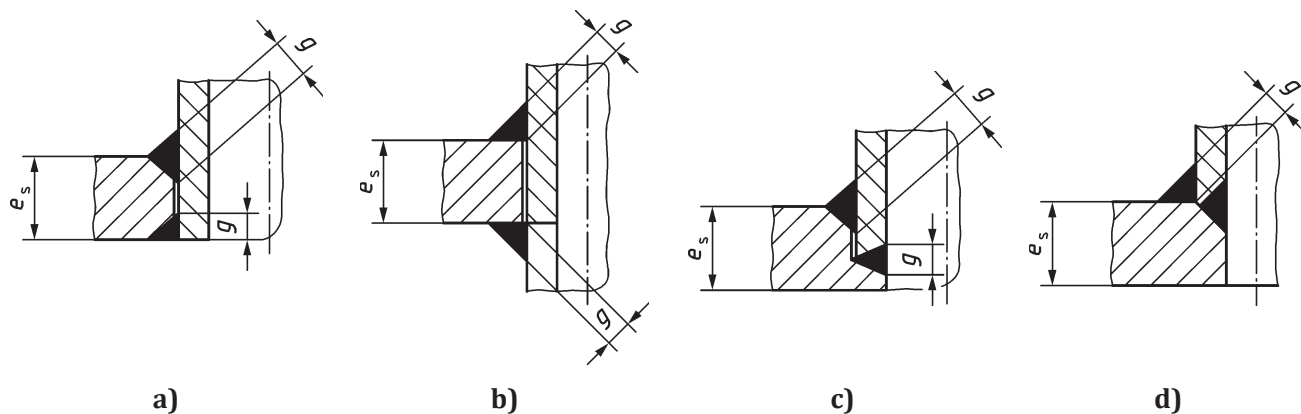
Wenn für Stutzen nicht volldurchgeschweißte Nähte verwendet werden, müssen die Schweißnähte den Bildern la bis 1d entsprechen, wobei jede Naht eine Schweißnahtdicke g von mindestens dem 0,7fachen der Dicke des dünnsten Teils hat.

Stutzen dürfen als Verstärkung des Hauptkörpers herangezogen werden, wenn die Schweißnähte, wie in Bild 1a) bis Bild 1d), Bild 2a) und Bild 2b) gezeigt, hergestellt werden.

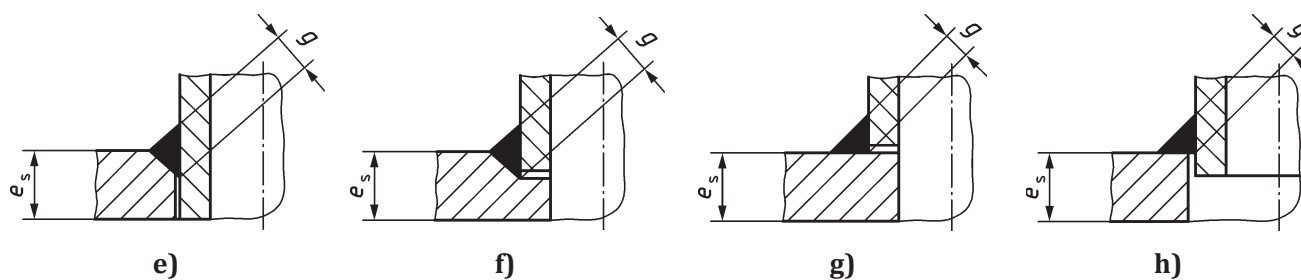
5.2.2 Eine einzelne, teildurchgeschweißte Naht ist bei Sammelanschlüssen und Muffen erlaubt, wenn deren Außendurchmesser 65 mm nicht überschreitet. Die Schweißnahtdicke g muss mindestens das 1,5-fache der Dicke des dünnsten Teils betragen (siehe Bild 1e), Bild 1f), Bild 1g) und Bild 1h)). Wenn der Durchmesser der Öffnung in der Wand größer als 75 mm ist, ist eine Berechnung der Verstärkung nach dem in 5.4.6.3 beschriebenen Verfahren notwendig.

5.2.3 Wird ein Behälter aus mehr als einem Schuss hergestellt, müssen die Mittellinien der Längsschweißnähte möglichst weit, aber mindestens 50 mm, voneinander entfernt liegen.

Bei waagrecht aufgestellten Behältern dürfen Längsschweißnähte sich nicht in einem Bereich von beidseitig 30° von der untersten Mantellinie befinden (siehe Bild 3).



ANMERKUNG g beträgt mindestens das 0,7-fache des dünnsten Teils.



ANMERKUNG g beträgt mindestens das 1,5-fache des dünnsten Teils.

Bild 1 — Mögliche Schweißverbindungen für Rohre, Stutzen und Muffen

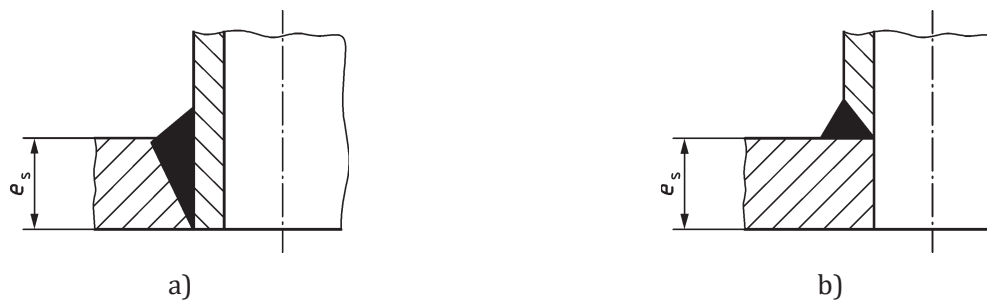
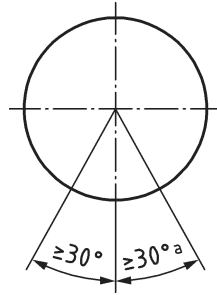


Bild 2 — Volldurchgeschweißte Verbindungen für Rohre, Stutzen und Muffen



Legende

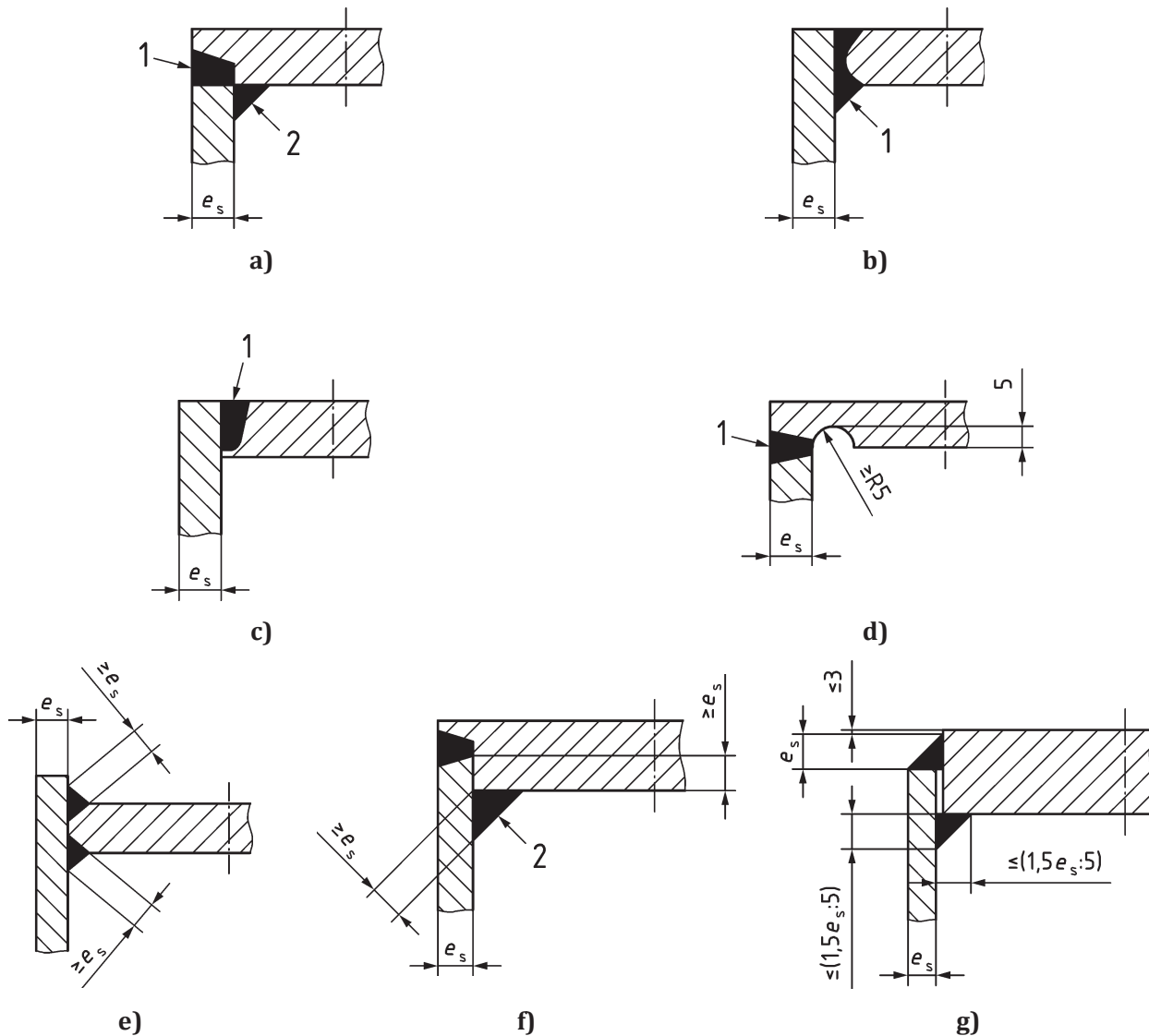
- 1 Keine Längsschweißnähte in diesem Bereich

Bild 3 — Lage von Längsschweißnähten

5.2.4 Die Öffnungen in den zylindrischen Mänteln und Bodenblechen sind so weit wie möglich von Schweißnähten entfernt anzuordnen und dürfen die Mantelschweißnaht in keinem Fall schneiden. Der vom äußersten Teil der Kantenvorbereitung gemessene Abstand zwischen zwei Schweißnähten darf nicht kleiner sein als das 4-fache der tatsächlichen Mantelwanddicke e_{as} . In keinem Fall darf der Abstand zu einer Rundnaht kleiner sein als $0,5 \sqrt{D_o e_s}$.

5.2.5 Schweißverbindungen für ebene Böden und Flansche müssen Bild 4 entsprechen.

In diesem Fall ist der Werkstoff, aus dem der ebene Boden hergestellt ist, einer Ultraschallprüfung auf Dopplungen zu unterziehen, die nicht größer als $3 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ sein dürfen.



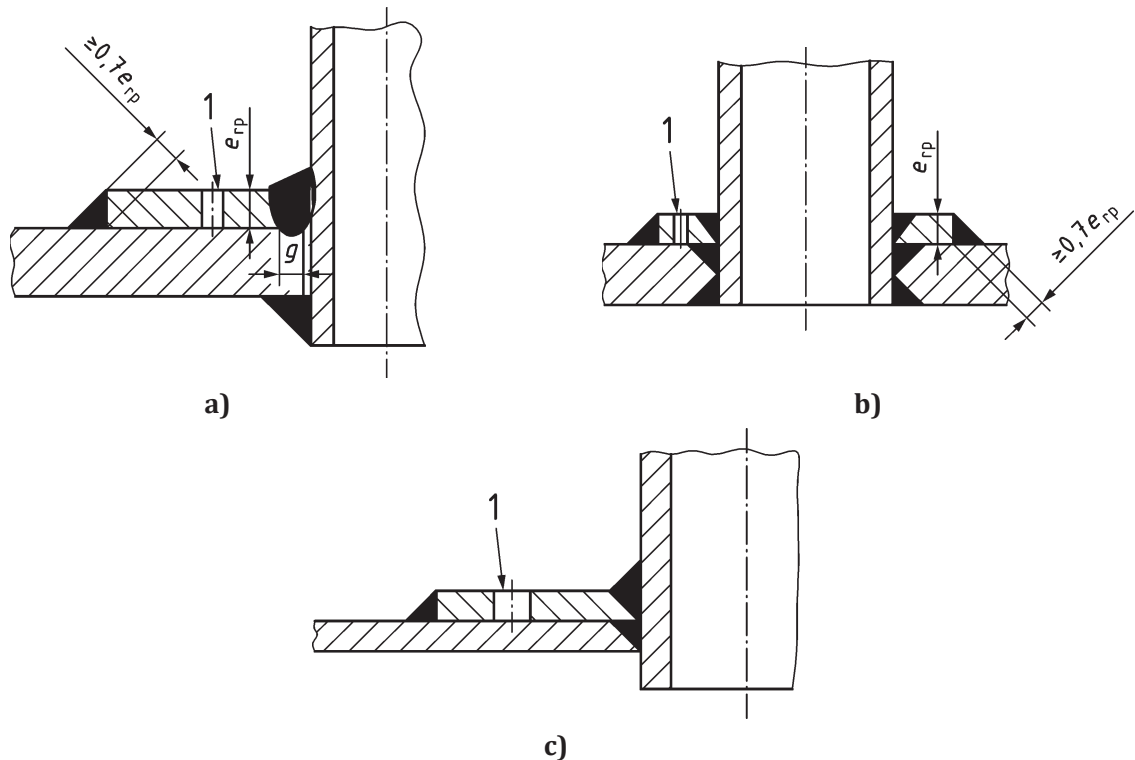
Legende

- 1 vollständige Durchschweißung
- 2 Diese Naht kann weggelassen werden, wenn der Innendurchmesser kleiner als 500 mm ist.

Bild 4 — Typische Schweißverbindungen für ebene Böden und Flansche

5.2.6 Schweißungen an Verstärungsblechen müssen nach Bild 5 ausgeführt werden.

wobei e_{rp} die Dicke des Verstärungsbleches ist und g mindestens gleich dem 0,7-fachen der Dicke des dünnsten Teils



Legende

1 Prüfbohrung

Bild 5 — Schweißen von Verstärkungsblechen

5.3 Bestimmung der Waddicken

5.3.1 Auswahl des Verfahrens

Vom Hersteller müssen die Waddicken im korrodierten Zustand mit Hilfe des Berechnungsverfahrens (siehe 5.4) oder des Versuchsverfahrens (siehe 5.5) nach folgenden Kriterien bestimmt werden:

- wenn das Produkt aus *PS* und *V* größer als 3 000 bar · l ist oder wenn die maximale Betriebstemperatur 120° C überschreitet, muss das Berechnungsverfahren angewendet werden;
- wenn das Produkt aus *PS* und *V* nicht größer als 3000 bar · l ist oder wenn die maximale Betriebstemperatur 120° C nicht überschreitet, darf nach Wahl des Herstellers das Berechnungsverfahren oder das Versuchsverfahren angewendet werden.

5.3.2 Tatsächliche Waddicken

Die tatsächliche Waddicke e_a eines Bauteils (Mantel, Boden oder Flansch) ist die Nenndicke des Bauteils mit einer Korrektur für die Toleranz, Materialverdünnung und Korrosion (siehe Bild 6):

$$e_a = e - t - m - c \quad (1)$$

Dabei ist

- e die Nenndicke des Bauteils;
- c der Korrosionszuschlag (siehe 5.3.3);
- t der Absolutwert der Minus-Toleranz, der sich aus der Werkstoffnorm ergibt;
- m die Materialverdünnung während des Herstellungsprozesses.

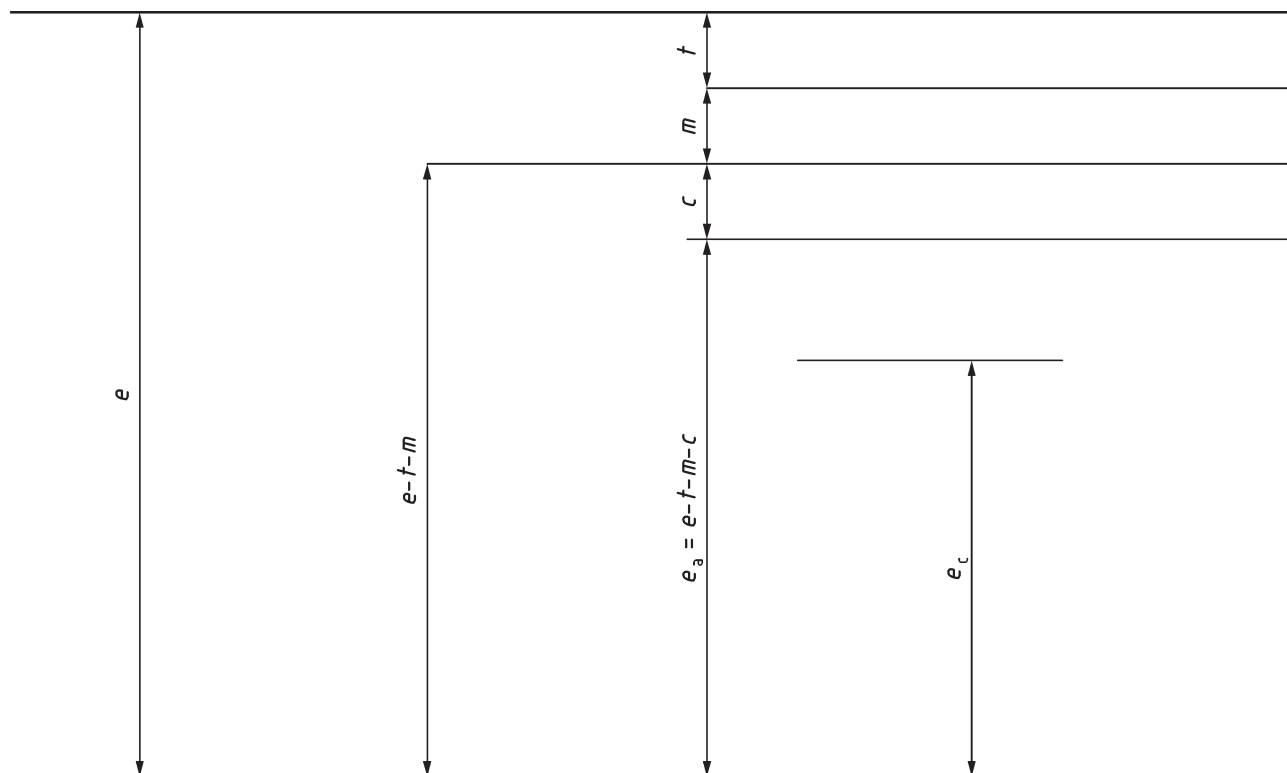


Bild 6 — Nenndicken, tatsächliche und berechnete Dicke eines Bauteils

Die tatsächliche Wanddicke des Mantels und der Böden darf für Stahlbehälter nicht kleiner als 2 mm und für Behälter aus Aluminium nicht kleiner als 3 mm sein.

$$e_a \geq 2 \text{ mm für Stahlbehälter} \quad (2)$$

$$e_a \geq 3 \text{ mm für Aluminiumbehälter} \quad (3)$$

5.3.3 Korrosionszuschlag

5.3.3.1 Allgemeines

Behälter müssen abhängig von ihrer vorgeschriebenen Verwendung ausreichend gegen Korrosion geschützt werden.

5.3.3.2 Stahlbehälter sind ausreichend gegen Korrosion geschützt, wenn:

- ein Innenbelag vorhanden ist, der nach Anhang B zu prüfen ist; oder
- ein ausreichender Korrosionszuschlag festgelegt wird.

5.3.3.3 Aluminiumbehälter benötigen weder einen Korrosionsschutz noch einen Korrosionszuschlag.

5.4 Berechnungsverfahren

5.4.1 Allgemeines

5.4.1.1 Die Berechnungsnennspannung f darf den kleineren Wert der beiden Werte $0,6 R_{eT}$ oder $0,3 R_m$ nicht überschreiten.

5.4.1.2 Alle Berechnungen müssen für den Behälter für den korrodierten Zustand ausgeführt werden.

5.4.1.3 In diesem Abschnitt wird der Druck P in Newton je Quadratmillimeter angegeben.

5.4.1.4 Die tatsächliche Dicke e_a von Mantel, Böden und Flanschen darf nicht kleiner sein als die berechnete Dicke des Bauteils:

$$e_a \geq e_c \quad (4)$$

Dabei ist e_c die berechnete Dicke.

5.4.2 Errechnete Mantelwanddicke e_{cs}

$$e_{cs} = \frac{PD_0}{2f + P} \cdot K_C \cdot K_S \quad (5)$$

Dabei ist

K_C der Berechnungsbeiwert abhängig vom Schweißverfahren:

$K_C = 1$ für Schweißungen, die durch einen automatischen Schweißvorgang ausgeführt werden (siehe Tabelle 11 und Tabelle 13)

$K_C = 1,15$ für Schweißungen, die durch einen nichtautomatischen Schweißvorgang ausgeführt werden (siehe Tabelle 12 und Tabelle 14)

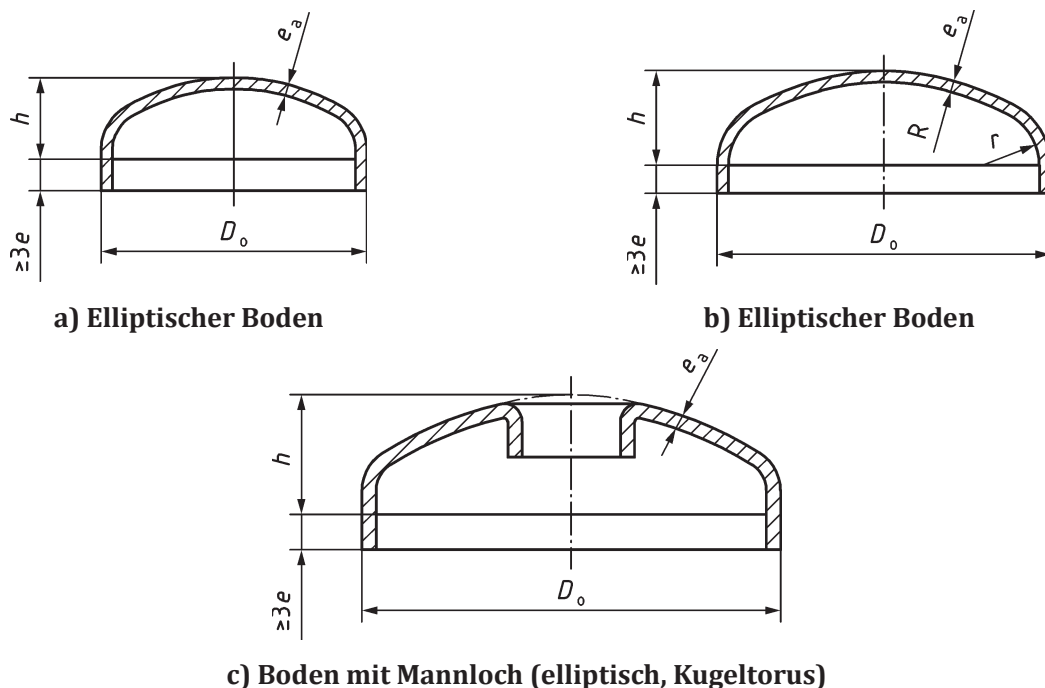


Bild 7 — Gewölbte Böden

K_S der Mantel-Berechnungsbeiwert abhängig vom Umfang der Prüfungen:

$K_S = 1$ für eine normale Menge von Prüfungen (siehe Tabelle 11 und Tabelle 13)

$K_S = 1,25$ für eine andere Menge von Prüfungen (siehe Tabelle 12 und Tabelle 14).

5.4.3 Errechnete Dicke von gewölbten Böden e_{ce}

5.4.3.1 Allgemeines

Gewölbte Böden müssen folgende Bedingungen erfüllen:

a) Halbkugelböden:

$$0,002 D_0 \leq e_a \leq 0,16 D_0 \quad (6)$$

b) elliptische Böden:

$$0,002 D_0 \leq e_a \leq 0,08 D_0 \quad (7)$$

$$h \geq 0,18 D_0 \quad (8)$$

c) Kugeltorus-Böden:

$$0,002 D_0 \leq e_a \leq 0,08 D_0 \quad (9)$$

$$r \geq 0,06 D_0 \quad (10)$$

$$r \geq 3e_a \quad (11)$$

$$R \leq D_0 \quad (12)$$

Dabei ist

h die äußere Kopfhöhe/Bodenhöhe;

r der Innenradius des Krempenteils bei Kugeltorus-Böden;

R der Innenradius des Kalottenteils bei Kugeltorus-Böden.

(siehe Bild 7).

Die zwei unter 5.4.3.1 b) angegebenen Bedingungen oder die vier unter 5.4.3.1 c) angegebenen Bedingungen sind gleichzeitig zu erfüllen.

Auf keinen Fall darf die Dicke des zylindrischen oder glatten Flansches (siehe Bild 7a) und Bild 7b)) eines gewölbten Bodens geringer sein als die Dicke eines nahtlosen zylindrischen Mantels ohne Ausschnitt, der den gleichen Durchmesser aufweist, aus dem gleichen Werkstoff besteht und für den gleichen Berechnungsdruck und die gleiche Berechnungstemperatur ausgelegt ist.

5.4.3.2 Halbkugelböden

Die Wanddicke von Halbkugelböden muss mit Hilfe folgender Gleichung berechnet werden:

$$e_{ce} = \frac{PD_0}{4f + P} \quad (13)$$

ANMERKUNG Wenn zwei Halbkugelböden ohne glatten Flansch zusammengeschweißt werden, muss die Gleichung mit dem entsprechenden K_C -Wert multipliziert werden (das ist der in Tabelle 11 bis Tabelle 14 angegebene Berechnungsbeiwert).

5.4.3.3 Elliptische Böden und Kugeltorus-Böden

Typische Konstruktionen sind in Bild 7 dargestellt

Die Wanddicke von elliptischen Böden und Kugeltorus-Böden muss mit Hilfe des folgenden Verfahrens bestimmt werden:

- a) Berechnen von P/f .
- b) Diesen Wert in Bild 8 eintragen, senkrecht nach oben bis zu der vorgesehenen Bodenform entsprechenden h_e/D_0 -Kurve gehen und dann waagrecht nach links bis zur e_{ce}/D_0 -Achse, um den entsprechenden e_{ce}/D_0 -Wert abzulesen,

wobei h_e die Berechnungshöhe des Bodens ist:

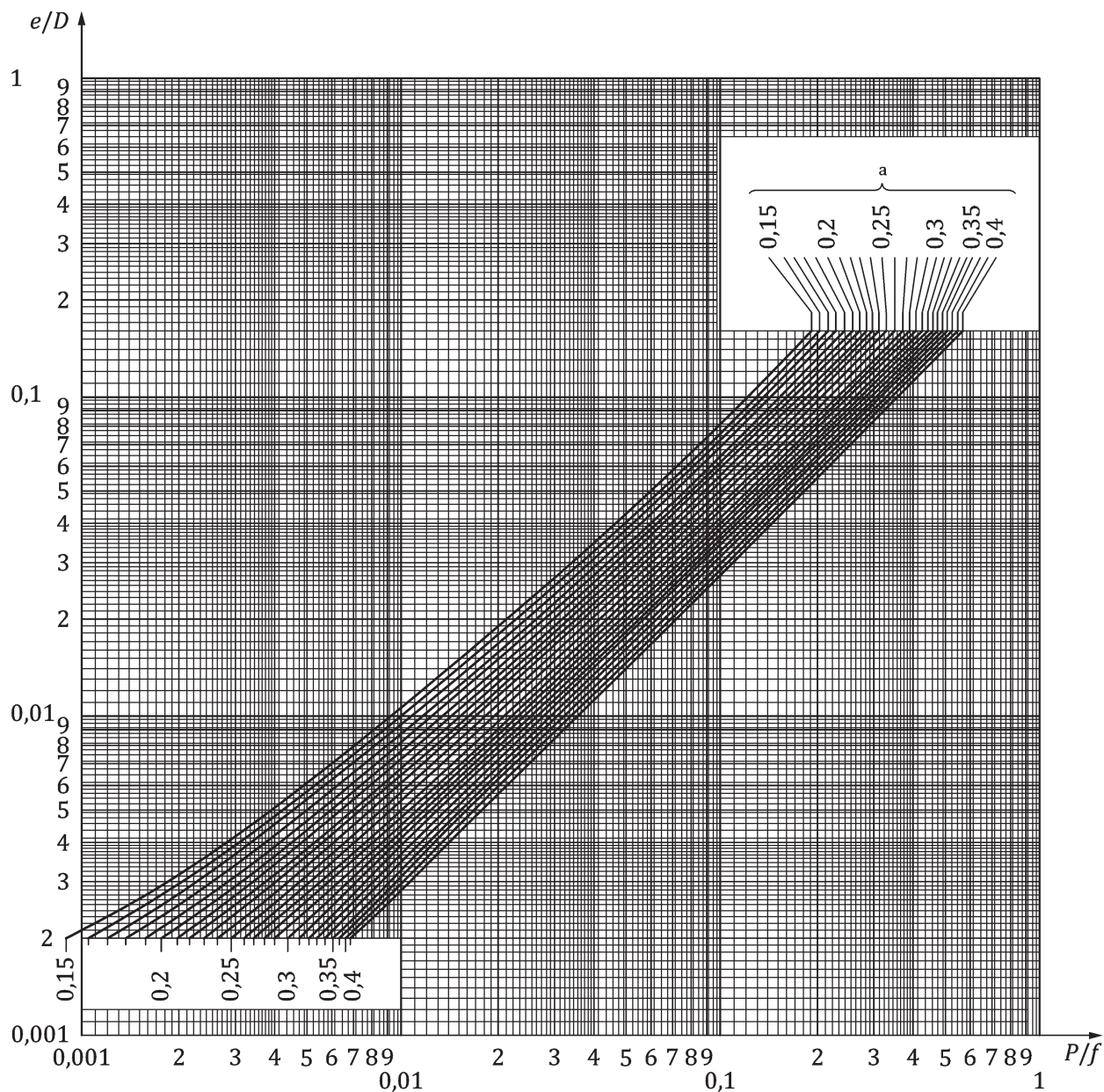
$$h_e = \min \left[(h); \left(\frac{D_0^2}{4(R + e_a)} \right) \left(\sqrt{\frac{D_0(r + e_a)}{2}} \right) \right] \quad (14)$$

ANMERKUNG Für elliptische Böden ist $h_e = h$.

- c) Wenn man mit D_0 multipliziert, erhält man die errechnete Bodenwanddicke.

Anstelle der Kurven von Bild 8 können die Zahlenwerte aus Tabelle 2 angewendet werden. Interpolation zwischen h_e/D_0 -Kurven ist zulässig, oder man kann die Werte der nächsthöheren h_e/D_0 -Kurve verwenden.

In Bild 8 können für h_e und D_0 Innenmaße verwendet werden, wenn $h_e/D_0 < 0,27$ ist; andernfalls sind Außenmaße zu verwenden.



Legende

^a Werte für h_e/D

Bild 8 — Berechnungsdiagramm für elliptische und Kugeltorus-Böden

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

h_e/D_o	P/f									
	0,001	0,001 5	0,002 5	0,004	0,006	0,010	0,015	0,025	0,050	Größere Werte
0,15	2,13	2,70	3,73	5,22	7,20	10,9	15,4	24,0	44,5	$880 \times P/f$
0,16	(1,95)	2,50	3,50	4,90	6,70	10,2	14,3	22,2	41,5	$810 \times P/f$
0,17	(1,80)	2,30	3,24	4,58	6,30	9,6	13,5	21,0	39,2	$770 \times P/f$
0,18	(1,65)	2,11	2,99	4,23	5,80	8,8	12,6	19,7	37,0	$730 \times P/f$
0,19	-	(1,95)	2,77	3,95	5,43	8,3	11,8	18,5	35,0	$695 \times P/f$
0,20	-	(1,80)	2,55	3,64	5,00	7,7	11,0	17,3	33,0	$650 \times P/f$
0,21	-	(1,65)	2,39	3,42	4,75	7,3	10,4	16,2	$620 \times P/f$	-
0,22	-	(1,52)	2,22	3,20	4,45	6,84	9,7	15,4	$585 \times P/f$	-
0,23	-	(1,40)	2,08	2,95	4,12	6,30	9,1	14,5	$555 \times P/f$	-
0,24	-	-	(1,92)	2,76	3,83	5,90	8,5	13,6	$530 \times P/f$	-
0,25	-	-	(1,75)	2,58	3,56	5,50	7,8	$500 \times P/f$	-	-
0,26	-	-	(1,64)	2,40	3,34	5,15	7,35	$475 \times P/f$	-	-
0,27	-	-	(1,52)	2,25	3,12	4,80	6,80	$445 \times P/f$	-	-
0,28	-	-	(1,41)	2,12	2,93	4,50	6,45	$425 \times P/f$	-	-
0,29	-	-	-	(2,00)	2,73	4,20	$405 \times P/f$	-	-	-
0,30	-	-	-	(1,86)	2,54	3,95	$385 \times P/f$	-	-	-
0,31	-	-	-	(1,71)	2,41	3,80	$370 \times P/f$	-	-	-
0,32	-	-	-	(1,61)	2,30	3,65	$358 \times P/f$	-	-	-
0,33	-	-	-	(1,52)	2,20	3,50	$345 \times P/f$	-	-	-
0,34	-	-	-	(1,45)	2,10	$335 \times P/f$	-	-	-	-
0,35	-	-	-	-	$325 \times P/f$	-	-	-	-	-
0,36	-	-	-	-	$319 \times P/f$	-	-	-	-	-
0,38	-	-	-	-	$307 \times P/f$	-	-	-	-	-
0,40	-	-	-	-	$295 \times P/f$	-	-	-	-	-

ANMERKUNG 1 Diese Tabelle gilt nicht für Werte von $e_{ce}/D_o \cdot 10^3 < 2,00$.
Zwischenwerte dürfen durch logarithmische Interpolation ermittelt werden.
Die Werte in Klammern dürfen nur beim Interpolieren herangezogen werden.

5.4.4 Errechnete Wanddicke von ebenen Böden und Deckeln

5.4.4.1 Ebene Böden ohne Öffnungen

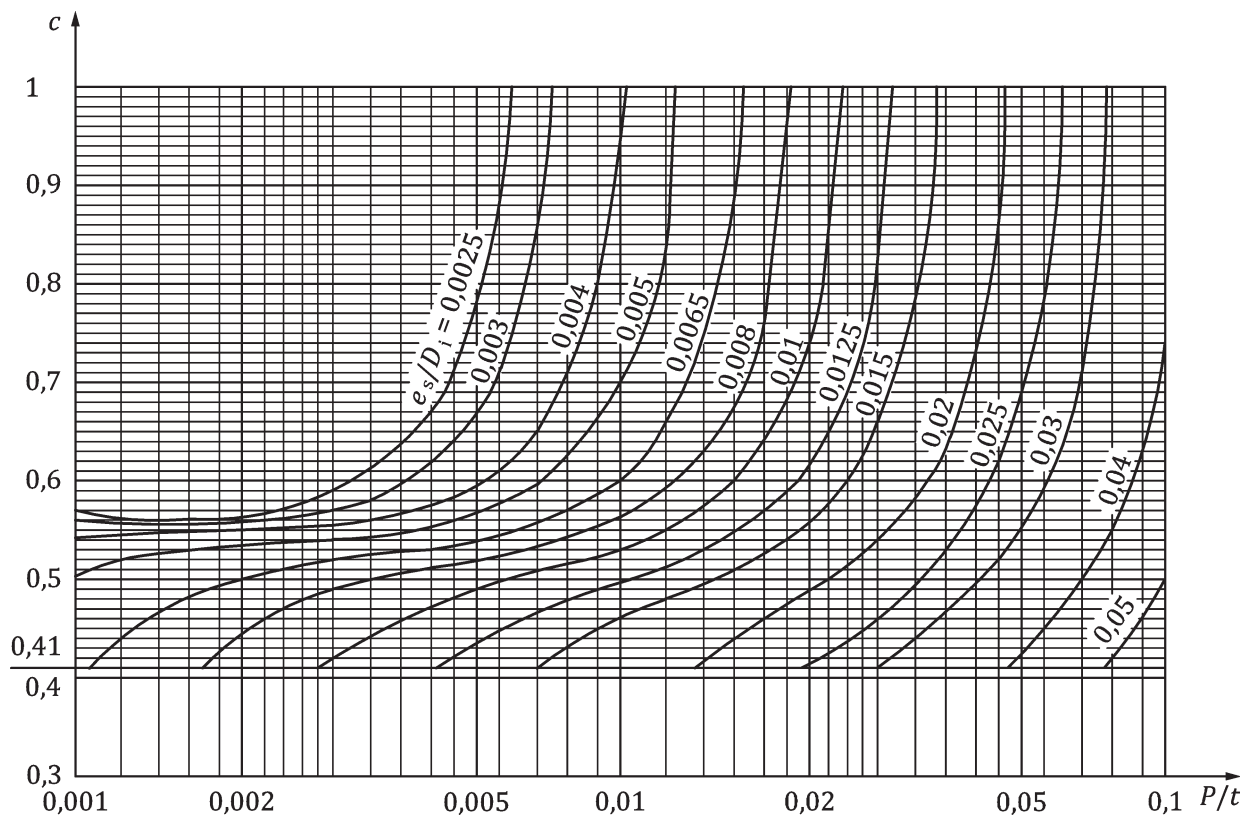
Die errechnete Wanddicke eines ebenen Bodens ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$e_{cd} = CD_i \sqrt{\frac{P}{f}} \quad (15)$$

Dabei ist

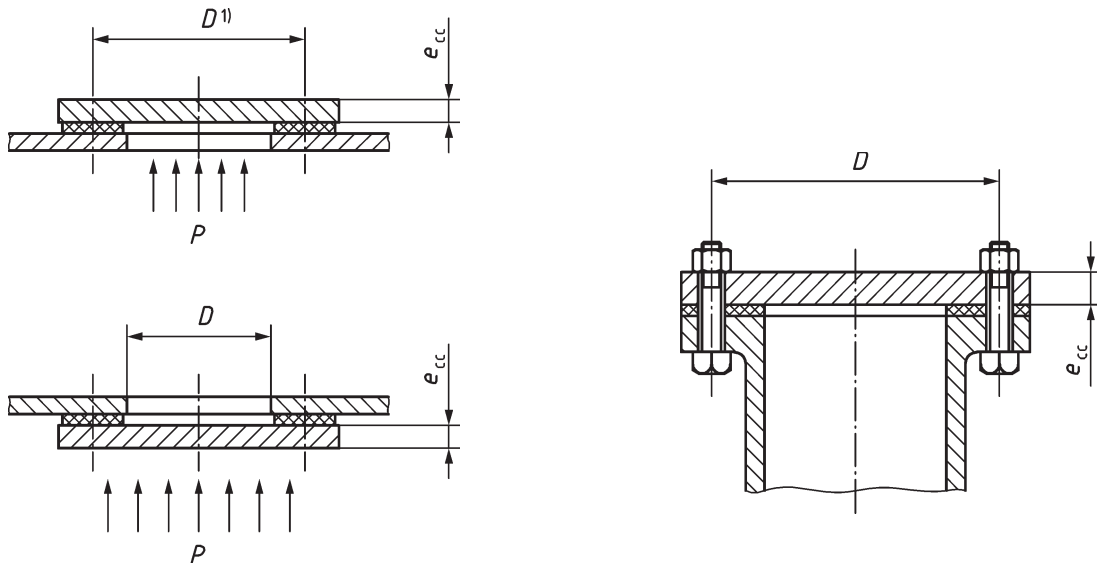
C aus Bild 9 zu erhalten;

D_i der Innendurchmesser des Bodens (siehe Bild 10e)).



ANMERKUNG Der minimale Werte für $C = 0,41$

Bild 9 — C -Werte für eingeschweißte ebene Böden

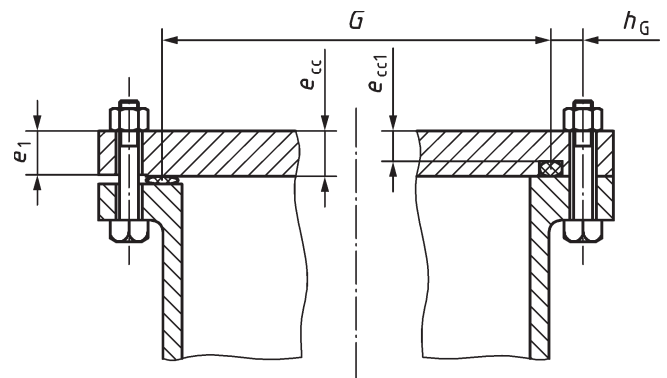
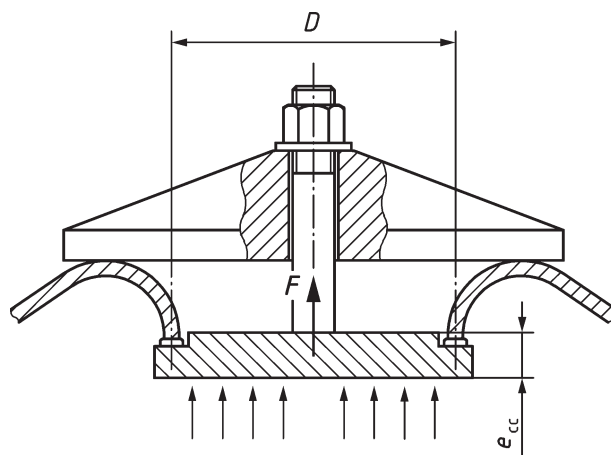


Legende

¹¹) D ist der mittlere Dichtungsdurchmesser.

a) Ebener Deckel mit durchgehender Dichtung;
 $C = 0,41$

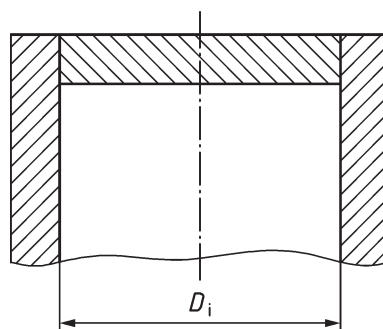
b) Deckel mit durchgehender Dichtung; $C = 0,41$



Diese Konstruktion ist in Verbindung mit
Konstruktion 7c) und 26l) zu verwenden.

c) Deckel mit Selbstabdichtung

d) Deckel mit innenliegender Dichtung



ANMERKUNG Siehe Bild 14 wegen Einzelheiten von Schweißnähten

e) Geschweißter ebener Boden

Bild 10 — Typische ebene Böden und Deckel

5.4.4.2 Deckel ohne Öffnungen

Die errechnete Dicke für einen Deckel ergibt sich aus der zutreffenden folgenden Gleichung:

- a) Für Deckel mit durchgehender Dichtung oder mit Selbstabdichtung (Bild 10a), Bild 10b) und Bild 10c)).

$$e_{cc} = CD \sqrt{\frac{P}{f}} \quad (16)$$

Dabei ist

D der in Bild 10a), Bild 10b) und Bild 10c) dargestellte Berechnungsdurchmesser;

$C = 0,41$ für Deckel mit durchgehender Dichtung (Bild 10a) und Bild 10b)).

$$C = \sqrt{0,17 + 0,75 \frac{F}{H}} \text{ für Deckel mit Selbstabdichtung (Bild 10c))} \quad (17)$$

Dabei ist

F die Gesamtschraubenbelastung;

H die gesamte hydrostatische Belastung auf den Deckel.

- b) Für Deckel mit innenliegender Dichtung (Bild 10d)).

- 1) Für kreisrunde Deckel gelten folgende Gleichungen:

$$e_{cc} = \max \left[\left(\sqrt{\frac{0,3G^2P}{f_{F,op}}} + \frac{1,91W_{m,op}h_G}{Gf_{F,op}} \right); \left(\sqrt{\frac{1,91Wh_G}{Gf_{F,b}}} \right) \right] \quad (18)$$

$$e_{cc1} = \max \left[\left(\frac{1,91W_{m,op}h_G}{Gf_{F,op}} \right); \left(\sqrt{\frac{1,91Wh_G}{Gf_{F,b}}} \right) \right] \quad (19)$$

Dabei ist

e_{cc} und e_{cc1} in Bild 10d dargestellt;

$W, W_{m,op}, h_G, G$ in 5.4.5.2.2 angegeben;

$f_{F,op}, f_{F,b}$ die Berechnungsnennspannungen des Deckels für Betriebsbedingungen oder den Einbauzustand.

- 2) Für nicht kreisrunde Deckel gelten folgende Gleichungen:

$$e_{cc} = \max \left[\left(\sqrt{\frac{0,3G^2PZ_0^2}{f_{F,op}}} + \frac{6W_{m,op}h_G}{npf_{F,op}} \right); \left(\sqrt{\frac{6Wh_G}{npf_{F,b}}} \right) \right] \quad (20)$$

$$e_{cc1} = \max \left[\left(\sqrt{\frac{6W_{m,op}h_G}{npf_{F,op}}} \right); \left(\sqrt{\frac{6Wh_G}{npf_{F,b}}} \right) \right] \quad (21)$$

Dabei ist

e_{cc} und e_{cc1} in Bild 10d) dargestellt;

W , $W_{m,op}$, h_G , G in 5.4.5.2.2 angegeben;

$f_{F,op}$, $f_{F,b}$ die Berechnungsnennspannungen des Deckels für die Betriebsbedingungen oder den Einbauzustand;

G der entlang der kürzeren Achse gemessene Wert;

p der Mindestschraubenabstand;

n die Anzahl der Schrauben;

Z_0 aus Bild 11 in Abhängigkeit von b_{min} und b_{max} (siehe Bild 12) entnommen.

5.4.4.3 Öffnungen in ebenen Böden und Deckeln

Ebene Böden oder Deckel mit Öffnungen, deren Durchmesser d größer als $D/2$ ist, müssen nach der entsprechenden Gleichung in 5.4.5 berechnet werden.

Öffnungen mit $d \leq D/2$ müssen entsprechend 5.4.7 verstärkt werden.

5.4.5 Flanschberechnungen

5.4.5.1 Allgemeines

Die folgenden Berechnungen gelten für folgende vier Klassen von Flanschen:

- Flansche mit innenliegender Dichtung, die in 5.4.5.2 behandelt werden (siehe Bild 14);
- Flansche mit durchgehender Dichtung, die in 5.4.5.3 behandelt werden (siehe Bild 21);
- innenliegende Flansche mit innenliegender Dichtung, die in 5.4.5.4 behandelt werden (siehe Bild 22);
- innenliegende Flansche mit durchgehender Dichtung, die in 5.4.5.5 behandelt werden (siehe Bild 24).

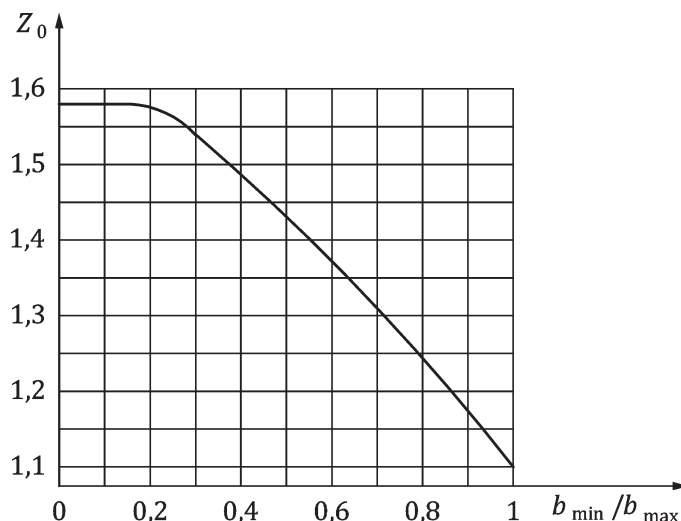


Bild 11 — Z_0 -Werte für nicht kreisrunde Deckel

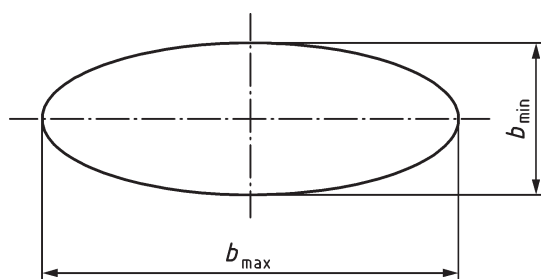


Bild 12 — Definition von $b_{\min}$ und $b_{\max}$

Für die Berechnung müssen Flansche in zwei Typen eingeteilt werden:

- Integralflansche, bei denen die Tragwirkung des Mantels berücksichtigt wird.
In Bild 13 sind die drei Konstruktionen a, b, c dargestellt, die für Integralflansche zulässig sind;
- Lose Flansche, bei denen vorausgesetzt wird, dass keine Tragwirkung des Mantels vorliegt
In Bild 13 sind die drei Konstruktionen d, e, f dargestellt, die für lose Flansche zulässig sind.

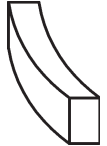
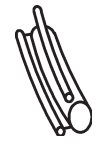
ANMERKUNG Bild 13, in dem Flansche mit innenliegender Dichtung dargestellt sind, kann auch auf die drei anderen oben erwähnten Klassen angewendet werden.

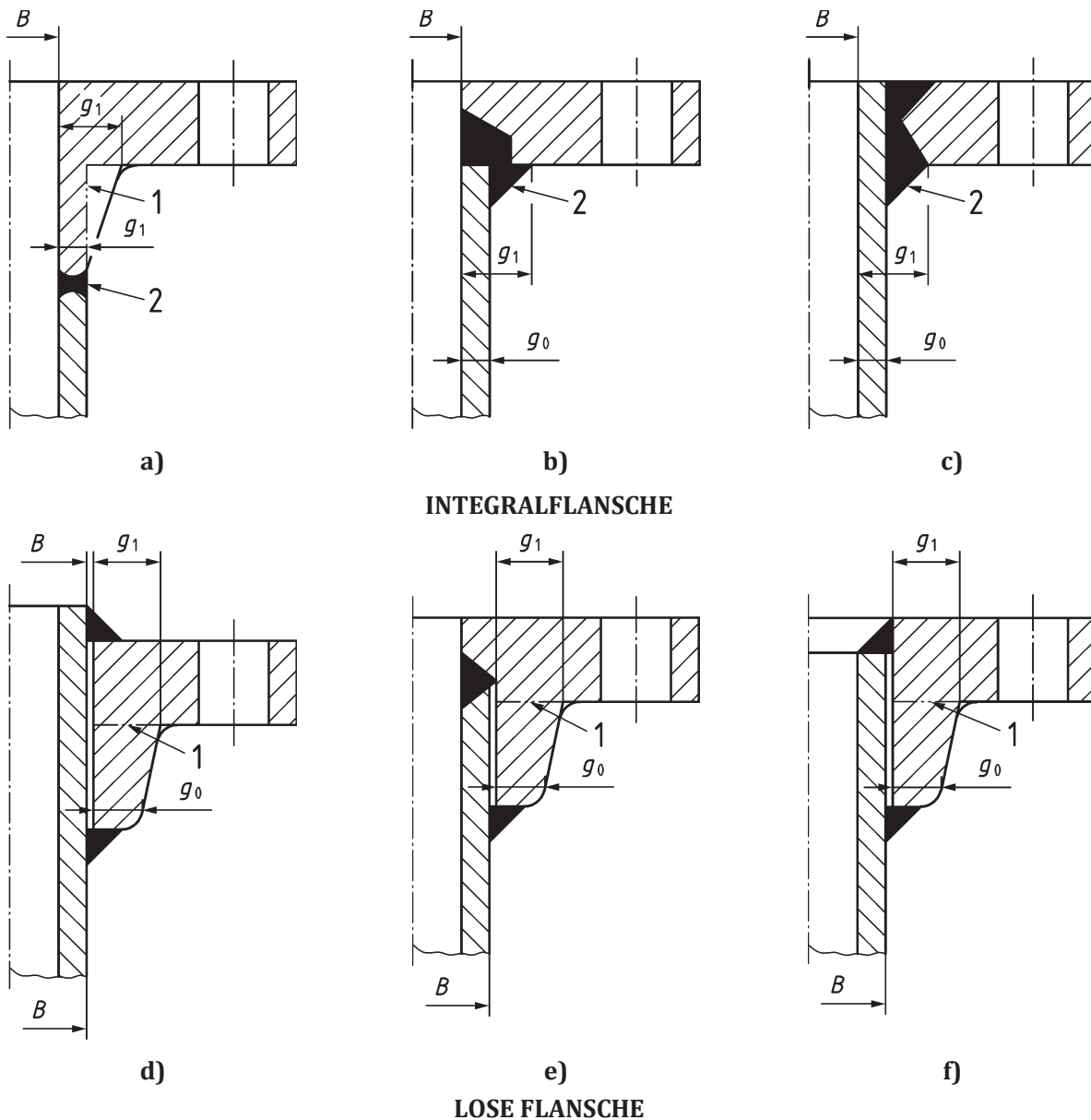
In 5.4.5.2 wird ein vollständiges grundlegendes Berechnungsverfahren für Flansche mit innenliegender Dichtung angegeben. Die drei anderen Klassen von Flanschen beziehen sich auf dieses Grundverfahren mit Modifikationen, die im jeweils zutreffenden 5.4.5.3, 5.4.5.4 und 5.4.5.5 angegeben werden.

Alle Berechnungen müssen sowohl für die Betriebsbedingungen (es kann mehr als eine Betriebsbedingung in Betracht kommen) als auch für den Einbauzustand ausgeführt werden.

Empfohlene Werte für die Dichtungskennwerte m und y werden in Tabelle 3 für verschiedene Dichtungen angegeben. Wenn Normflansche bis einschließlich 250 mm Durchmesser nach ISO 7005-1:2011 verwendet werden, ist die Berechnung des Flansches nicht erforderlich.

Tabelle 3 — Empfohlene Dichtungskennwerte (m) für die Betriebsbedingungen und minimale Flächenpressung (y) der Dichtung

Dichtungsmaterial	Dichtungskennwert m	Minimale Flächen-pressung der Dichtung y N/mm ²	Skizzen
Gummi ohne Fasereinlage bzw. mit hohem Prozentanteil an Asbestfasern: — unter 75° IRH — 75° IRH oder mehr	0,50 1,00	0 1,4	
Pressfaser mit für die Betriebsbedingungen geeignetem Bindemittel 3,2 mm dick 1,6 mm dick 0,8 mm dick	2,0 2,75 3,50	11,0 25,5 44,8	
Gummiring mit Baumwolleinlage	1,25	2,8	
Gummiring mit Fasereinlage mit oder ohne Drahtverstärkung 3-lagig 2-lagig 1-lagig	2,25 2,50 2,75	15,2 20,0 25,5	
Pflanzlicher Faserstoff	1,75	7,6	
Gummi O-Ringe: — unter 75° IRH — zwischen 75° und 85° IRH	0 0,25	0,7 1,4	
Gummiringe mit quadratischem Querschnitt: — unter 75° IRH — zwischen 75° und 85° IRH	0 0,25	1,0 2,8	
Gummiringe mit T-Querschnitt: — unter 75° IRH — zwischen 75° und 85° IRH	0 0,25	1,0 2,8	
ANMERKUNG Die Verwendung von Asbest ist in einigen Ländern verboten.			



Legende

- 1 Darstellung ohne Ansatz
- 2 vollständige Durchschweißung

ANMERKUNG 1 Diese Zeichnungen zeigen die Werte von B , g_0 und g_1 , die bei den Berechnungen zu verwenden sind.

ANMERKUNG 2 Für Flansche ohne Ansatz (gepunktete Linien), Konstruktionen d), e) und f): $g_1 = g_0 = 0$.

ANMERKUNG 3 Diese sechs Konstruktionen können für Flansche mit durchgehender Dichtung, innenliegende Flansche mit innenliegender Dichtung und innenliegende Flansche mit durchgehender Dichtung verwendet werden.

Bild 13 — Typische Schweißkonstruktionen für Flansche

5.4.5.2 Flansche mit innenliegender Dichtung

5.4.5.2.1 Allgemeines

Die folgenden Berechnungen gelten für Flansche mit innenliegender Dichtung wie in Bild 14 dargestellt. Bild 13 zeigt typische Konstruktionen von Integralflanschen (Konstruktionen a), b), c)) und losen Flanschen (Konstruktionen d), e), f)).

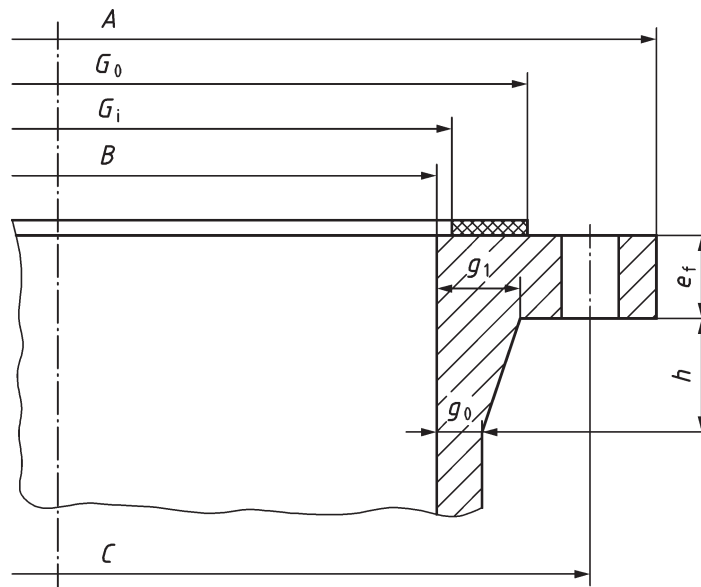


Bild 14 — Flansch mit innenliegender Dichtung

Die Festlegung gilt für kreisrunde Flansche. Sie kann jedoch, wie in Bild 15 gezeigt, auf nicht kreisrunde Flansche erweitert werden, wenn der Innendurchmesser weniger als 80 mm (Bild 15a)) oder 120 mm (Bild 15b)) beträgt. Der bei der Berechnung zu verwendende Außendurchmesser A wird in Bild 15 dargestellt.

5.4.5.2.2 Symbole

Zusätzlich zu den in 3.2 angegebenen Bezeichnungen werden für die Berechnungen folgende Bezeichnungen verwendet. Alle Maße sind für den korrodierten Zustand angegeben.

ANMERKUNG Weitere und modifizierte Bezeichnungen sind in 5.4.5.3, 5.4.5.4 und 5.4.5.5 angegeben.

A Außendurchmesser eines Flansches

A_m Insgesamt erforderliche Querschnittsfläche von Schrauben

$A_{m,op}$ Gesamte Querschnittsfläche von Schrauben, die für die Betriebsbedingungen erforderlich ist

$A_{m,b}$ Gesamte Querschnittsfläche von Schrauben, die für den Einbauzustand erforderlich ist

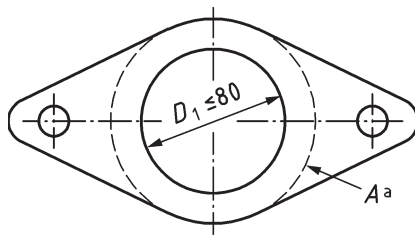
b Wirksame Dichtungssitzbreite,

$$b = \frac{G_0 - G_i}{4} \quad (22)$$

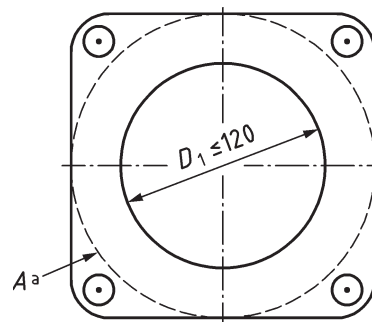
B Innendurchmesser eines Flansches, in mm (siehe Bild 13a), Bild 13b), Bild 13c) für Integralflansche und Bild 13d), Bild 13e), Bild 13f) für lose Flansche)

C Schraubenlochkreisdurchmesser

e_f Flanschdicke an der dünnsten Stelle
 f_{op} Berechnungsnennspannung von Schrauben bei Betriebstemperatur



a)



b)

Legende

^a Der Außendurchmesser A wird für die Berechnung verwendet

Bild 15 — Nicht kreisrunde Flansche

f_b Berechnungsnennspannung von Schrauben bei Einbautemperatur
 $f_{F,op}$ Berechnungsnennspannung des Flanschwerkstoffes bei Betriebstemperatur
 $f_{F,b}$ Berechnungsnennspannung des Flanschwerkstoffes bei Einbautemperatur
 g_o Dicke des Ansatzes am kleinen Ende
 g_i Dicke des Ansatzes an der Flanschrückseite
 G Mittlerer Durchmesser der Dichtfläche

$$G = \frac{G_i + G_o}{2} \quad (23)$$

wobei

G_i Innendurchmesser der Dichtfläche
 G_o Außendurchmesser der Dichtfläche $B \cdot g_o$

$$h_o = \sqrt{B \cdot g_o} \quad (24)$$

h Ansatzlänge
 h_D Radialer Abstand vom Lochkreisdurchmesser zum Durchmesser, wo H_D wirkt
 h_T Radialer Abstand vom Lochkreisdurchmesser zum Durchmesser, wo H_T wirkt
 h_G Radialer Abstand von der Dichtungsreaktionskraft zum Lochkreisdurchmesser
 H_D Hydrostatische Endkraft, die über dem Mantel am Flansch anliegt

H_T Hydrostatische Endkraft für den Druck auf die Flanschvorderseite

H_G Drucklast auf die Dichtung

$$K = \frac{A}{B} \quad (25)$$

m Dichtungskennwert aus Tabelle 3 oder vom Dichtungslieferanten

M_{op} Gesamtmoment, das unter Betriebsbedingungen auf den Flansch wirkt

M_b Gesamtmoment, das im Einbauzustand auf den Flansch wirkt

$$T = \frac{K^2(1 + 8,552\,46 \log_{10}K) - 1}{(1,047\,2 + 1,944\,8 K^2)(K - 1)} \quad (26)$$

$$U = \frac{K^2(1 + 8,552\,46 \log_{10}K) - 1}{1,361\,36 (K^2 - 1)(K - 1)} \quad (27)$$

W Flanschschraubenberechnungskraft

$W_{m,op}$ Mindest erforderliche Schraubenkraft für die Betriebsbedingungen

$W_{m,b}$ Mindest erforderliche Schraubenkraft im Einbauzustand

y Flächenpressung der Dichtung aus Tabelle 6.4.5-1 oder vom Dichtungslieferanten

$$Y = \frac{1}{K - 1} (0,668\,45 + 5,716\,90 \frac{K^2 \log_{10}K}{K^2 - 1}) \quad (28)$$

$$Z = \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \quad (29)$$

5.4.5.2.3 Schraubenkräfte und -flächen

Es wird empfohlen, dass Schrauben und Stehbolzen einen Nenndurchmesser von mindestens 12 mm, aber auf keinen Fall weniger als 8 mm haben.

Die Berechnungsnennspannung der Schrauben darf nicht mehr als $0,6 R_{eT}$ oder $0,3 R_m$ sein. In Tabelle 4 sind Werte für Berechnungsnennspannungen angegeben für Fälle, für die die Schraubennorm keine R_{eT} - und R_m -Werte enthält.

Die Gewindesteigung zwischen der Schrauben-/Bolzenmitte sollte nicht größer sein als:

$$2d_b + \frac{6e}{m + 0,5} \quad (30)$$

Dabei ist

d_b der Nenndurchmesser der Schrauben;

e die Nenndicke des Flansches.

Die Mindestschraubenkräfte und -flächen sind gegeben durch:

Für die Betriebsbedingungen:

$$W_{m,op} = H_D + H_T + H_G \quad (31)$$

$$A_{m,op} = \frac{W_{m,op}}{f_{op}} \quad (32)$$

Für den Einbauzustand:

$$W_{m,b} = \pi b G y \quad (33)$$

$$A_{m,b} = \frac{W_{m,b}}{f_b} \quad (34)$$

Die tatsächliche Schraubenfläche A_{act} darf nicht kleiner als A_m sein:

$$A_{act} \geq A_m \quad (35)$$

Dabei ist

$$A_m = \max [(A_{m,op}); (A_{m,b})] \quad (36)$$

5.4.5.2.4 Flanschbelastung und -momente

Tabelle 5 gibt Belastungen, Hebelarme und Momente für die Betriebsbedingungen an.

Tabelle 4 — Werte der Berechnungsnennspannung für Schraubenwerkstoffe für Flanschverbindungen

Werkstoff	Verweisung	Empfohlene Berechnungsnennspannung (N/mm ²)				
unlegierter Stahl	EN 20898 Festigkeitsklasse	50 °C	100 °C	200 °C	250 °C	300 °C
	8.8	192	174	139	129	119
	5.6	150	125	105	95	80

Tabelle 5 — Belastungen, Hebelarme und Momente für Betriebsbedingungen

Belastungen	Hebelarme
$H_D = \frac{\pi}{4} B^2 \cdot P \quad (37)$	$h_D = \frac{C - B - g_1}{2} \quad (38)$
$H_T = \frac{\pi}{4} (G^2 - B^2) \cdot P \quad (39)$	$h_T = \frac{2C - B - G}{4} \quad (40)$
$H_G = \pi (2b) G \cdot m \cdot P \quad (41)$	$h_G = \frac{C - G}{2} \quad (42)$
$M_{op} = H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_G \cdot h_G \quad (43)$	
ANMERKUNG Für lose Flansche gilt: $g_1 = 0$ in Gleichung 38.	

Für den Einbauzustand:

$$W_b = \frac{A_m + A_{act}}{2} \cdot f_b \quad (44)$$

$$M_b = W_b h_G \quad (45)$$

5.4.5.2.5 Flanschspannungen

Das Moment M ist

— für die Betriebsbedingungen:

$$M = \frac{M_{op}}{B} \quad (46)$$

— für den Einbauzustand:

$$M = \frac{M_b}{B} \quad (47)$$

Die Flanschspannungen müssen wie folgt bestimmt werden:

a) Für Integralflansche sind die maximalen Spannungen gegeben durch

— die Längsspannung im Ansatz:

$$\sigma_H = \frac{f_I}{\lambda_I \cdot g_1^2} \cdot M \quad (48)$$

— die radiale Flanschspannung:

$$\sigma_R = \frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{F_I}{h_o} \cdot e_f + 1}{\lambda_I \cdot e_f^2} \cdot M \quad (49)$$

— die tangentielle Flanschspannung:

$$\sigma_T = \frac{Y}{e_f^2} \cdot M - Z \cdot \sigma_R \quad (50)$$

Dabei ist

$$\lambda_I = \frac{\frac{F_I}{h_o} e_f + 1}{T} + \frac{V_I}{U} \cdot \frac{e_f^3}{h_o \cdot g_o^2} \quad (51)$$

F_I , V_I und f_I sind Faktoren für Integralflansche, die in Bild 16, Bild 17 und Bild 18 angegeben werden.

b) Für lose Flansche sind die maximalen Spannungen gegeben durch

— die Längsspannung im Ansatz:

$$\sigma_H = \frac{1}{\lambda_L \cdot g_1^2} \cdot M \quad (52)$$

— die radiale Flanschspannung:

$$\sigma_R = \frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{F_L}{h_0} \cdot e_f + 1}{\lambda_L \cdot e_f^2} \cdot M \quad (53)$$

— die tangentielle Flanschspannung:

$$\sigma_T = \frac{Y}{e_f^2} \cdot M - Z \cdot \sigma_R \quad (54)$$

— dabei ist

$$\lambda_L = \frac{\frac{F_L}{h_0} e_f + 1}{T} + \frac{V_L}{U} \cdot \frac{e_f^3}{h_0 \cdot g_0^2} \quad (55)$$

F_L und V_L sind Faktoren für lose Flansche, die in Bild 19 bzw. Bild 20 angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Falls kein Ansatz vorhanden ist:

$$\sigma_H = 0 \quad (56)$$

$$\sigma_R = 0 \quad (57)$$

$$\sigma_T = \frac{Y}{e_f^2} \cdot M \quad (58)$$

ANMERKUNG 2 Wenn kein Ansatz vorhanden ist, wird $\frac{g_1}{g_0} = 1$ verwendet.

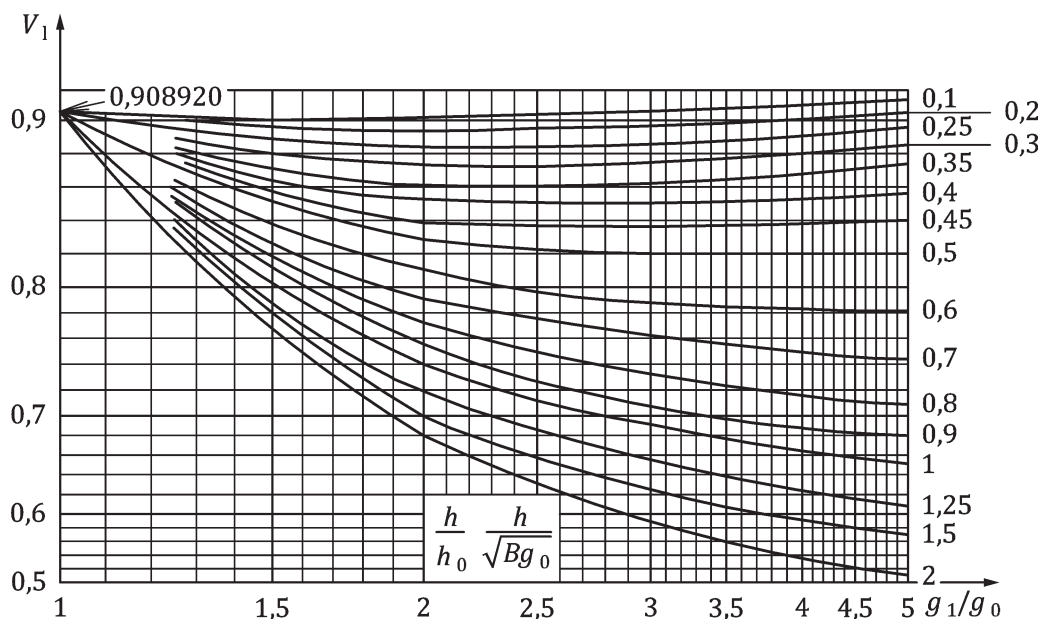


Bild 16 — F_1 -Werte, gültig für Integralflansche mit Ansatz (Bild 13a), Bild 13b) und Bild 13c))

ANMERKUNG 3 Wenn kein Ansatz vorhanden ist, wird $\frac{g_1}{g_0} = 1$ verwendet.

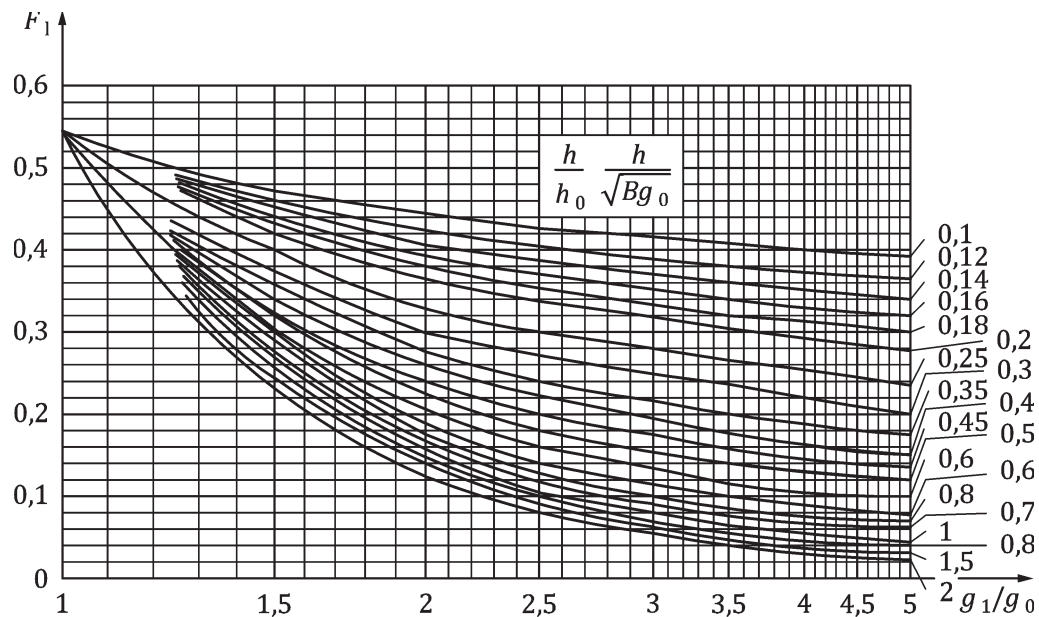


Bild 17 — V_1 -Werte, gültig für Integralflansche mit Ansatz (Bild 13a), Bild 13b) und Bild 13c))

ANMERKUNG 4 $f = 1$ für Flansche gleicher Dicke ($\frac{g_1}{g_0} = 1$)

ANMERKUNG 5 Wenn kein Ansatz vorhanden ist, wird $\frac{g_1}{g_0} = 1$ verwendet.

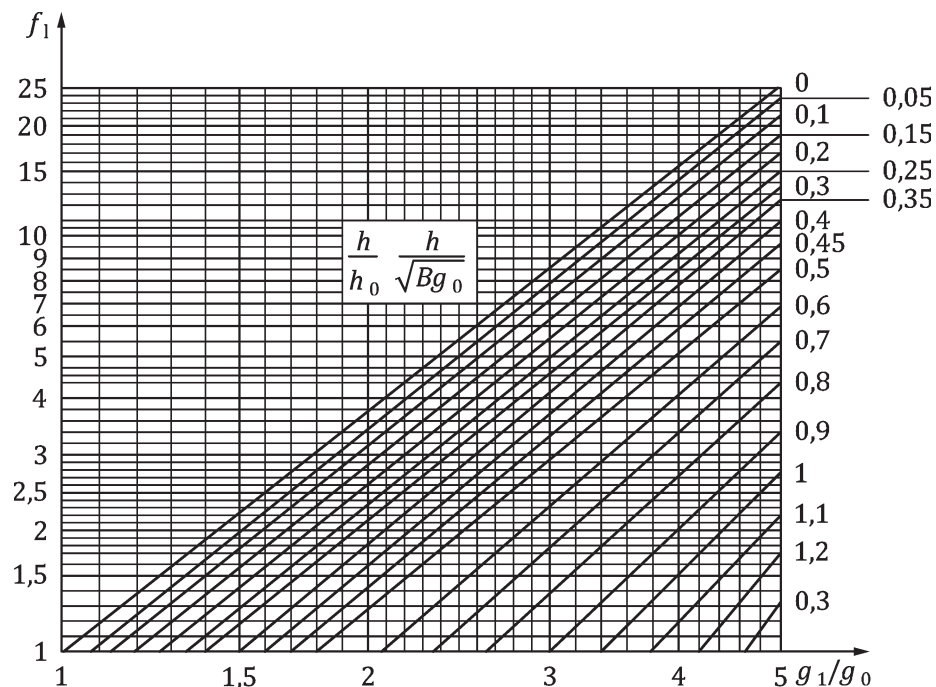


Bild 18 — f_1 -Werte, gültig für Integralflansche (Bild 13a), Bild 13b) und Bild 13c))

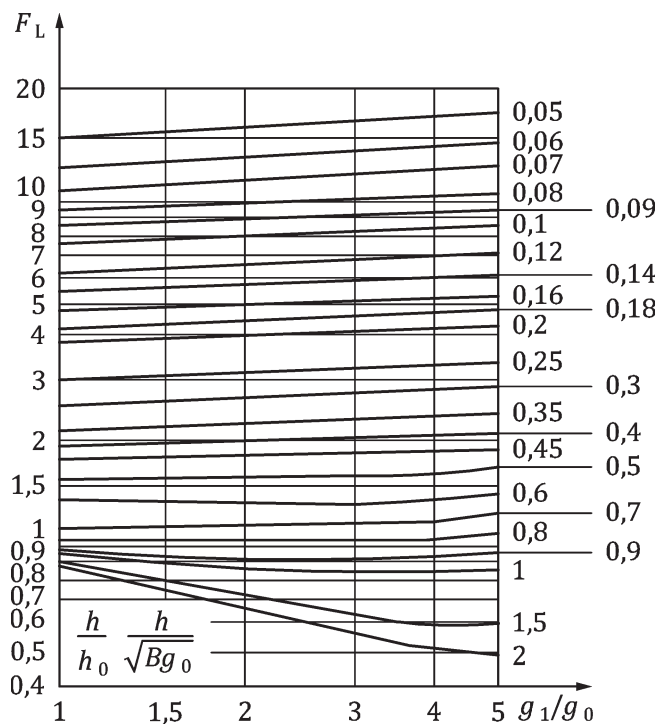


Bild 19 — F_L -Werte, gültig für lose Flansche mit Ansatz (Bild 13d), Bild 13e), Bild 13f))

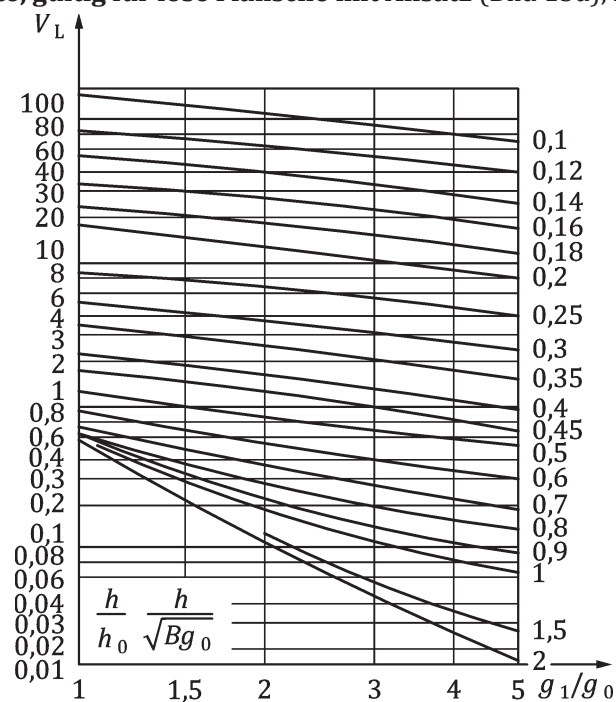


Bild 20 — V_L -Werte, gültig für lose Flansche mit Ansatz (Bild 13d), Bild 13e), Bild 13f))

- a) Für Integralflansche und lose Flansche sind diese maximalen Spannungen wie folgt begrenzt:

$$\sigma_H \leq 1,5 f_F \quad (59)$$

$$\sigma_R \leq f_F \quad (60)$$

$$\sigma_T \leq f_F \quad (61)$$

$$\frac{\sigma_H + \sigma_R}{2} \leq f \quad (62)$$

$$\frac{\sigma_H + \sigma_T}{2} \leq f \quad (63)$$

Dabei ist

$$f_F = f_{F,op} \text{ für Betriebsbedingungen} \quad (64)$$

$$f_F = f_{F,b} \text{ für den Einbauzustand} \quad (65)$$

5.4.5.3 Flansch mit durchgehender Dichtung

5.4.5.3.1 Allgemeines

Die folgenden Berechnungen gelten für Flansche mit durchgehenden nichtmetallischen Dichtungen, die dicker als 1,5 mm sind und die über den Lochkreis hinausreichen, wie in Bild 21 dargestellt. Es sind Konstruktionen von Flanschen nach Bild 13 zugelassen.

5.4.5.3.2 Symbole

Für die Berechnungen gelten folgende Bezeichnungen zusätzlich oder verändert zu den Bezeichnungen von 3.2 und 5.4.5.2.2:

b' wirksame Dichtungssitzbreite

$$b' = 4\sqrt{G_0 - C} \quad (66)$$

$2b''$ wirksame Dichtungsdruckbreite

$$2b'' = 5\text{mm} \quad (67)$$

d_h Durchmesser des Schraubenloches

e_{cf} berechnete Flanschdicke

G Durchmesser an der Stelle der Dichtungslastreaktion

$$G = C - d_h - 2b'' \quad (68)$$

H_R Ausgleichsreaktionskraft außerhalb des Lochkreisdurchmessers entgegengesetzt zu den Momenten, die aufgrund von Belastungen innerhalb des Lochkreisdurchmessers wirken

h_r radialer Abstand vom Lochkreisdurchmesser zum Durchmesser, wo H_R wirkt

n Anzahl der Schrauben

5.4.5.3.3 Schraubenkräfte und -flächen

Die Schrauben sind nach 5.4.5.2.3 zu berechnen mit folgenden Modifikationen:

$$W_{m,op} = H_D + H_T + H_G + H_R \quad (69)$$

$$W_{m,b} = \pi b' \cdot C \cdot y \quad (70)$$

5.4.5.3.4 Flanschbelastung und -momente

Belastungen, Hebelarme und Momente sind nach 5.4.5.2.4 zu berechnen mit den in Tabelle 6 angegebenen Modifikationen.

5.4.5.3.5 Flanschdicke

Die Flanschdicke wird durch folgende Gleichung berechnet:

$$e_{cf} = \sqrt{\frac{6M_{op}}{f_{F,op} \cdot (\pi C - n \cdot d_h)}} \quad (71)$$

5.4.5.4 Innenliegender Flansch mit innenliegender Dichtung

5.4.5.4.1 Allgemeines

Die folgenden Berechnungen gelten für innenliegende Flansche mit innenliegender Dichtung nach Bild 22 „Konstruktionen von Flanschen“ nach Bild 13 sind zugelassen.

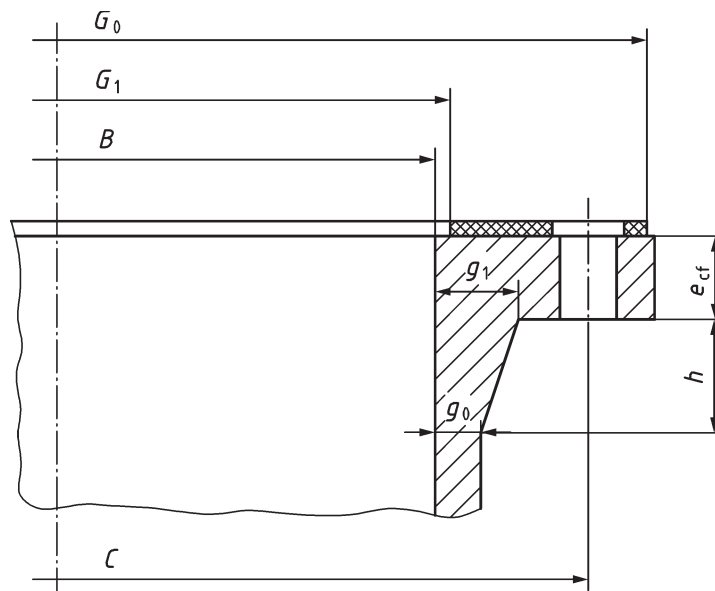


Bild 21 — Flansch mit durchgehender Dichtung

Tabelle 6 — Belastungen und Hebelarme für Betriebsbedingungen

Belastungen	Hebelarme
$H_T = \frac{\pi}{4} (G^2 - B^2) \cdot P$ (unverändert)	$h_T = \frac{C + d_h + 2b - B}{4}$
$H_G = \pi (2b'') \cdot G \cdot m \cdot P$	$h_G = \frac{d_h + 2b}{2}$
$H_R = \frac{M_{op}}{h_R}$	$h_R = \frac{G_o - C + d_h}{4}$

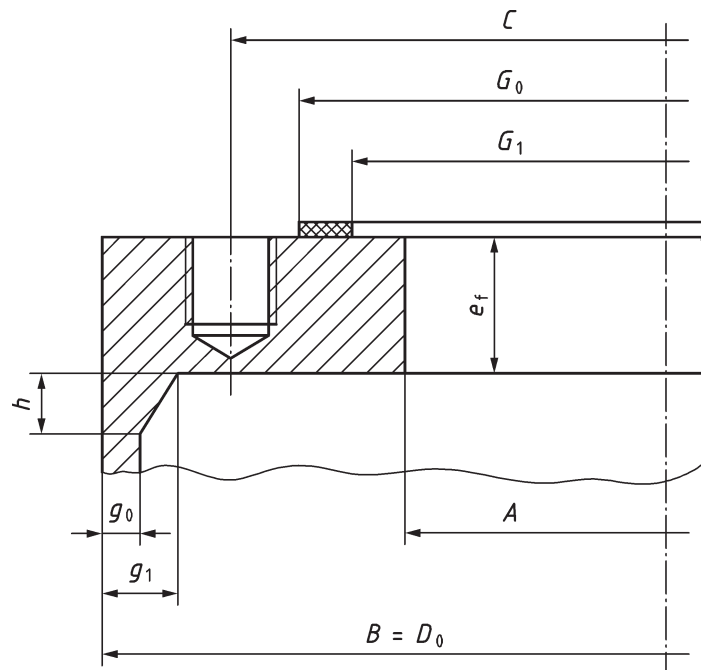


Bild 22 — Innenliegender Flansch mit innenliegender Dichtung

Wenn der Innendurchmesser des Mantels D_i kleiner als 300 mm ist, kann die Konstruktion nach Bild 13e) ohne hinterfüllte Schweißnaht verwendet werden (siehe Bild 23). In diesem Fall muss bei den Berechnungen die Flanschdicke e_f nach Bild 23 verwendet werden.

5.4.5.4.2 Bezeichnungen

Für die Berechnungen gelten folgende Bezeichnungen zusätzlich oder verändert zu den Bezeichnungen von 3.2 und 5.4.5.2.2:

A Innendurchmesser eines Flansches

B Außendurchmesser eines Flansches

D_i Innendurchmesser eines Mantels:

$$D_i = B - 2g_0 \text{ für Integralflansche} \quad (78)$$

$$D_i = B \text{ für lose Flansche} \quad (79)$$

$$K = \frac{B}{A} \quad (80)$$

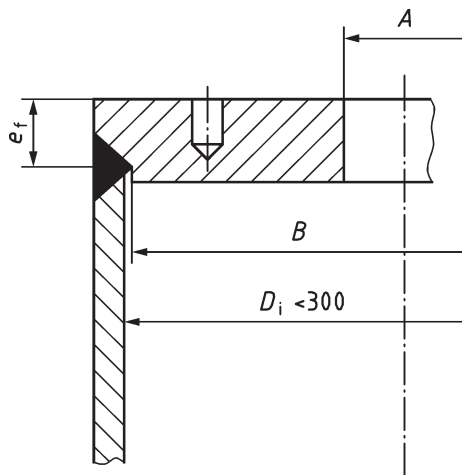


Bild 23 — Alternative Konstruktion eines innenliegenden Flansches, wenn der Innendurchmesser kleiner als 300 mm ist

Tabelle 7 — Belastungen und Hebelarme — Betriebsbedingungen

Belastungen	Hebelarme
$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2 \cdot P \quad (81)$	$h_D = \frac{B - C - g_1}{2} \quad (82)$ (unverändert)
$H_T = \frac{\pi}{4} \cdot (D_i^2 - G^2) \cdot P \quad (83)$	$h_T = \frac{2C - G - D_i}{4} \quad (84)$
ANMERKUNG 1 Für lose Flansche gilt: $g_1 = 0$ in Gleichung 82. Das Vorzeichen von h_T (Gleichung 84), das negativ sein kann, ist zu berücksichtigen.	

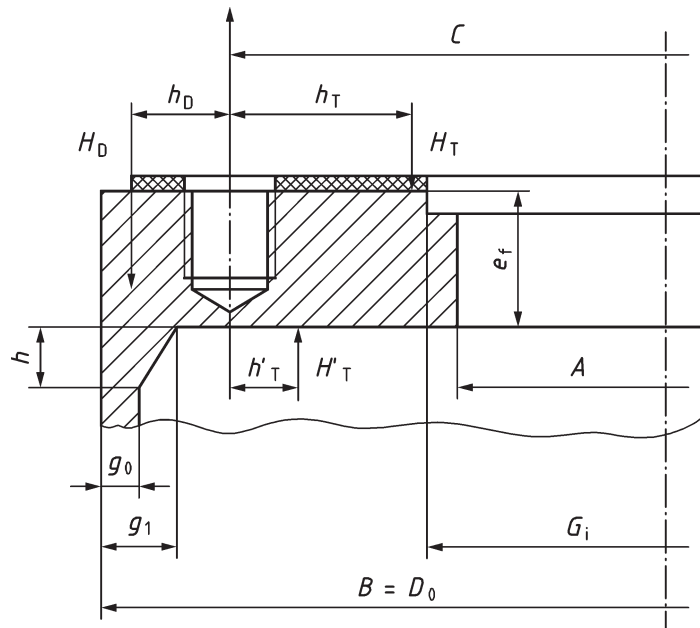


Bild 24 — Innenliegender Flansch mit durchgehender Dichtung

5.4.5.4.3 Schraubenkräfte und -dicken

Schrauben sind nach 5.4.5.2.3 zu berechnen.

5.4.5.4.4 Flanschbelastungen und -momente

Belastungen, Hebelarme und Momente sind nach 5.4.5.2.4 zu berechnen mit den folgenden, in Tabelle 7 angegebenen Modifikationen.

5.4.5.4.5 Flanschspannungen

Spannungen sind nach 5.4.5.2.5 zu berechnen unter Verwendung für das Moment M :

— Für die Betriebsbedingungen:

$$M = \frac{M_{op}}{A} \quad (85)$$

— Für den Einbauzustand:

$$M = \frac{M_b}{A} \quad (86)$$

5.4.5.5 Innenliegender Flansch mitdurchgehender Dichtung

5.4.5.5.1 Allgemeines

Die folgenden Berechnungen gelten für innenliegende Flansche mit durchgehender Dichtung nach Bild 24. Konstruktionen von Flanschen nach Bild 13 sind zugelassen.

Wenn der Innendurchmesser des Mantels D_i kleiner als 300 mm ist, kann die Konstruktion nach Bild 13e) ohne hinterfüllte Schweißnaht verwendet werden (siehe Bild 23). In diesem Fall muss bei den Berechnungen die Flanschdicke e_f nach Bild 23 verwendet werden.

5.4.5.5.2 Symbole

Für die Berechnungen gelten folgende Bezeichnungen zusätzlich oder verändert zu den Bezeichnungen von 3.2 und 5.4.5.2.2:

A Innendurchmesser eines Flansches

B Außendurchmesser eines Flansches

Tabelle 8 — Belastungen und Hebelarme — Betriebsbedingungen

Belastungen	Hebelarme
$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2 \cdot P$ (87)	$h_D = \frac{B - C - g_1}{2}$ (88) (unchanged)
$H_T = \frac{\pi}{8} \cdot [(C - d_h)^2 - G_i^2] P$ (89)	$h_T = \frac{2C + d_h - 2G_i}{6}$ (90)
$H_G = \pi \cdot 2b \cdot C \cdot m \cdot P$ (91)	$h_G = 0$ (92)
$H'_T = \frac{\pi}{84} \cdot [(D_i^2 - G_i^2)] P$ (93)	$h'_T = \frac{2C - D_i - G_i}{4}$ (94)
$M_{op} = H_T \cdot h_T + H_D \cdot h_D + H'_T \cdot h'_T$ (95)	
ANMERKUNG 1 Für lose Flansche: $g_1 = 0$ in Gleichung 88. Das Vorzeichen von h_T (Gleichung 90), das negativ sein kann, ist zu berücksichtigen.	

D_i Innendurchmesser eines Mantels:

$$D_i = B - 2g_0 \text{ für Integralflansche} \quad (96)$$

$$D_i = B \text{ für lose Flansche} \quad (97)$$

d_h Durchmesser der Schraubenlöcher

d'_T Radialer Abstand vom Lochkreisdurchmesser zu Durchmesser, wo H'_T wirkt

H'_T Hydrostatische Endkraft für den Druck auf die Flanschvorderseite

$$K = \frac{B}{A} \quad (98)$$

5.4.5.5.3 Schraubenkräfte und -dicken

Schrauben sind nach 5.4.5.2.3 zu berechnen.

5.4.5.5.4 Flanschbelastungen und -momente

Belastungen, Hebelarme und Momente sind nach 5.4.5.2.4 zu berechnen mit den folgenden, in Tabelle 8 angegebenen Modifikationen.

5.4.5.5.5 Flanschspannungen

Spannungen sind nach 5.4.5.2.5 zu berechnen unter Verwendung für das Moment M :

$$M = \frac{M_{op}}{A} \quad (99)$$

5.4.6 Berechnung der Ausschnittsverstärkung für zylindrische Mäntel, Kugelschalen und gewölbte Böden

5.4.6.1 Allgemeines

Das in 5.4.6.4 bis 5.4.6.7 beschriebene Berechnungsverfahren gilt für zylindrische Mäntel, Kugelschalen und gewölbte Böden mit runden oder elliptischen Öffnungen, wobei die in 5.4.6.2 bis 5.4.6.3.6 angegebenen Voraussetzungen und Bedingungen erfüllt sein müssen.

Stutzen dürfen nicht größer sein als 0,5 des Durchmessers des Mantels, an den sie angeschweißt sind. Der größte Abstand von der Mitte der gewölbten Böden zur äußeren Kante einer Anbringung der Verstärkung oder einer Öffnung darf nicht größer als 0,4 D_o sein (siehe Bild 25).

5.4.6.2 Abstand zwischen Öffnungen

Der Abstand zwischen Öffnungen oder Stutzen, gemessen von der Außenseite der Stutzen, Blechflansche oder Verstärkungsbleche, darf nicht kleiner als $2 \times l_m$ sein, wobei

$$l_m = \sqrt{(2r_{im} + e_{am})e_{am}} \quad (100)$$

und e_{am} die Dicke des Hauptkörpers im korrodierten Zustand ist, d. h. e_{as} bzw. e_{ah} und r_{im} sind der Innenradius der Rundung des Hauptkörpers, d. h.

$$r_{im} = \frac{D_o}{2} - e_{as} \quad (101)$$

für Mäntel und

$$r_{im} = r_{ih} \quad (102)$$

für Halbkugelböden oder Kugeltorus-Böden und

$$r_{im} = \frac{d_{is}^2}{4h} \quad (103)$$

für elliptische Böden.

Trotzdem dürfen Abstände, die kleiner als $2 \times l_m$, aber nicht kleiner als das 5-fache der Nennwanddicke sind, zugelassen werden, wenn die Berechnung der Verstärkung, die in den folgenden Abschnitten angegeben ist, unter Verwendung reduzierter Werte für die Längen für jede Öffnung durchgeführt wird, die zur Verstärkung beitragen, so dass die Summe dieser Längen nicht den tatsächlichen Abstand zwischen den Öffnungen überschreitet

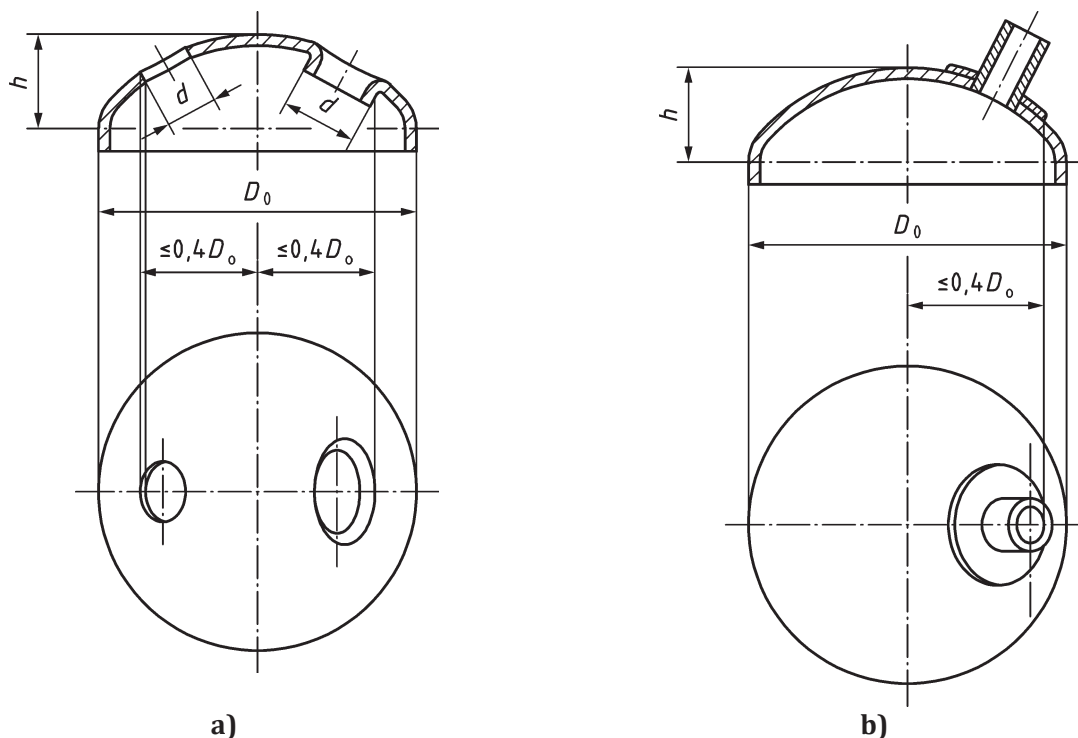


Bild 25 — Lage von Öffnungen in gewölbten Böden

5.4.6.3 Verstärkung

5.4.6.3.1 Allgemeines

Mäntel und gewölbte Böden mit Öffnungen sind, wenn notwendig, zu verstärken. Die Verstärkung des Hauptkörpers kann durch folgende Maßnahmen erfolgen:

- durch eine größere Wanddicke des Hauptkörpers im Vergleich zu der Dicke, die für einen Hauptkörper ohne Öffnungen erforderlich ist (siehe Bild 26a) und Bild 26b));
- durch aufgeschweißte Verstärkungsbleche (siehe Bild 26c) und Bild 26d));
- durch eingeschweißte Verstärkungsplatten (siehe Bild 26e) und Bild 26f));
- durch auf- oder eingeschweißte Stützen (siehe Bild 26g) und Bild 26h));
- durch Kombination obengenannter Maßnahmen (siehe Bild 26i) und 26j));
- durch geformte und ausgehalste Stützen (siehe Bild 26k) und Bild 26l)).

5.4.6.3.2 Die Verstärkungsfläche des Hauptkörpers mit Öffnungen kann nicht direkt berechnet werden, sondern muss zunächst geschätzt werden. Diese Schätzung kann mit Hilfe des in den folgenden Absätzen festgelegten Verfahrens überprüft werden. Das angewendete Verfahren geht aus von Gleichung (5) für zylindrische Mäntel und von Gleichung (13) für Kugelschalen bzw. Kugelkalotten von gewölbten Böden und führt zu Beziehungen zwischen einer druckbeaufschlagten Fläche A_p und einem Spannungsquerschnitt A_f (siehe Bild 26). Unter bestimmten Bedingungen kann es erforderlich werden, die Berechnung mit einer korrigierten Schätzung der Verstärkungsfläche zu wiederholen.

5.4.6.3.3 Erforderlichenfalls muss in allen Ebenen der Öffnungs- oder Stützenachsen für ausreichende Verstärkung gesorgt werden.

5.4.6.3.4 Bei elliptischen Öffnungen ohne Stutzen darf das Verhältnis von großer zu kleiner Achse höchstens 1,5 betragen. Bei elliptischen Öffnungen in zylindrischen Mänteln ist der Durchmesser in axialer Richtung als Durchmesser bei den Berechnungen zugrunde zu legen. Bei elliptischen Öffnungen in gewölbten Böden ist die größere Achse zugrunde zu legen.

5.4.6.3.5 Aufgeweitete Stutzen dürfen nicht als Verstärkung betrachtet werden und sind nach 5.4.6.4 zu berechnen. Auf- oder eingeschweißte Stutzen dürfen gemäß der Schweißnahtausführung von 5.2 als Verstärkung betrachtet werden.

5.4.6.3.6 Öffnungsverstärkungen mittels Verstärkungsblechen sind nur unter folgender Bedingung zulässig:

$$\frac{d_{ib}}{d_{is}} \leq 3 \quad (104)$$

5.4.6.4 Verstärkung durch größere Wanddicke

Die Verstärkung kann durch eine größere Wanddicke des Hauptkörpers im Vergleich zu einem Hauptkörper ohne Öffnungen erreicht werden. Diese Wanddicke muss zumindest bis zu einem Abstand l_m (siehe Gleichung 100), gemessen ab Öffnungskante, vorliegen, wie es in Bild 26a) und Bild 26b) dargestellt ist.

Darüber hinaus muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$P \left[\frac{A_p}{A_f} + 0,5 \right] \leq f \quad (105)$$

Dabei ist

A_p die druckbeaufschlagte Fläche;

A_f die als Verstärkung wirksame Querschnittsfläche (siehe Bild 26).

5.4.6.5 Verstärkung durch Verstärkungsbleche

Verstärkungsbleche müssen am Hauptkörper eng anliegen und aus einem Werkstoff nach 4.1 bestehen.

Die verstärkungswirksame Breite der Verstärkungsbleche l_p darf höchstens l_n betragen:

$$l_p \leq l_n \quad (106)$$

entsprechend Bild 26c) und Bild 26d).

Der zur Bestimmung von A_{fp} in Gleichung (108) eingesetzte Wert für e_{ap} darf e_{am} nicht überschreiten, und die Nenndicke der Verstärkungsbleche darf das 1,5-fache der Nenndicke des Hauptkörpers nicht überschreiten:

$$e_p \leq 1,5 e_m \quad (107)$$

Darüber hinaus muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$P \left[\frac{A_p}{A_{fm} + 0,7 A_{fp}} + 0,5 \right] \leq f \quad (108)$$

dabei sind A_{fm} und A_{fp} die Querschnittsflächen des Hauptkörpers und die verstärkungswirksame Querschnittsfläche des Verstärkungsbleches.

5.4.6.6 Verstärkung durch Blechflansche

Es dürfen nur eingeschweißte Typen nach Bild 26e) und Bild 26f) verwendet werden.

Die verstärkungswirksame Breite der Blechflansche l_p darf höchstens l_m betragen:

$$l_p \leq l_m \quad (109)$$

Der zur Bestimmung von A_{fp} in Gleichung (110) eingesetzte Wert für e_{ap} darf $2e_{am}$ nicht überschreiten. Darüber hinaus muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$P \left[\frac{A_p}{A_{fm} + A_{fp}} + 0,5 \right] \leq f \quad (110)$$

5.4.6.7 Verstärkung durch Stutzen

5.4.6.7.1 Allgemeines

Die Wanddicke von Stutzen muss größer sein als die für den Innendruck errechnete Wanddicke, und zwar über eine Länge l_b (siehe Gleichung 113), gemessen ab Außenwand des Hauptkörpers. Diese Anforderung gilt unabhängig von Verstärkungen, die durch eine größere Wanddicke des Hauptkörpers oder durch Anbringen von Verstärkungsblechen erreicht worden sind (siehe Bild 26g), Bild 26h), Bild 26i) und Bild 26j)).

Wenn die Stutzen ein Gewinde tragen, darf die Dicke des Gewindes bei den Berechnungen für die Verstärkung nicht berücksichtigt werden.

Stutzen dürfen nur zylindrisch sein; das gilt jedoch nicht für elliptische Besichtigungsöffnungen.

5.4.6.7.2 Zum Mantel senkrechte Stutzen

Für zum Mantel senkrechte Stutzen ohne Verstärkungsblech(e) muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$P \left[\frac{A_p}{A_{fm} + A_{fb}} + 0,5 \right] \leq f \quad (111)$$

und mit Verstärkungsblech(en)

$$P \left[\frac{A_p}{A_{fm} + A_{fb} + 0,7A_{fp}} + 0,5 \right] \leq f \quad (112)$$

Die Flächen A_p , A_{fm} , A_{fb} und A_{fp} sind nach Bild 26g) bis Bild 26l) zu bestimmen, wobei die verstärkungswirksamen Längen höchstens l_m für den Mantel betragen dürfen (siehe Gleichung 100) und

$$l_b = 0,8\sqrt{(d_{ob} - e_{ab})e_{ab}} \quad (113)$$

für den Stutzen.