

Einfache unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff

Teil 1: Druckbehälter für allgemeine Zwecke
Deutsche Fassung EN 286-1 : 1998

DIN
EN 286-1

ICS 23.020.30

Deskriptoren: Druckbehälter, Luftbehälter, Stickstoff, Konstruktion, Herstellung

Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen —
Part 1: Pressure vessels for general purposes;
German version EN 286-1 : 1998

Réceptifs à pression simples, non soumis à la flamme, destinés à contenir
de l'air ou de l'azote — Partie 1: Réceptifs pour usage général;
Version allemande EN 286-1 : 1998

Ersatz für
Ausgabe 1991-08
und
Ber 1 : 1992-07,
Ber 2 : 1995-09

Die Europäische Norm EN 286-1 : 1998 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm enthält die vom CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ (Sekretariat: BSI British Standards Institution, London) in dessen Arbeitsgruppe 1 „Luftbehälter, allgemein“ (Sekretariat: UNM Union de Normalisation de la Mécanique, Paris) erstellte Überarbeitung der Europäischen Norm EN 286-1 : 1991, in Deutschland veröffentlicht als DIN EN 286-1 : 1991-08.

Die Europäische Norm EN 286 besteht aus vier Teilen. Sie wurde aufgrund eines Mandates der Europäischen Kommission an CEN erstellt. Entsprechend der Entschließung des EG-Rates vom 7. Mai 1985 über die neue Konzeption auf dem Gebiet der technischen Harmonisierung und der Normung soll diese Norm dazu dienen, unter Berücksichtigung des Standes der Technologie technische Spezifikationen zu beschreiben, die die Beteiligten benötigen, um einfache unbefeuerte Druckbehälter herstellen und in den Verkehr bringen zu können, die den in der EG-Richtlinie 87/404/EWG vom 25. Juni 1987 für diese Erzeugnisse festgelegten grundlegenden Anforderungen entsprechen.

Für die im Abschnitt 2 der EN zitierten Internationalen Normen wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen, sofern die DIN-Nummer von der ISO-Nummer abweicht:

ISO 3057 siehe DIN 54150
ISO 7005-1 (keine DIN-Norm vorhanden)
ISO 7253 siehe DIN 53167

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe August 1991 und Ber 1 : 1992-07, Ber 2 : 1995-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel geändert
- b) Inhalt dem Stand der Technik angepaßt

Frühere Ausgaben

DIN EN 286-1: 1991-08

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 54150

Zerstörungsfreie Prüfung — Abdruckverfahren für die Oberflächenprüfung (Replica-Technik)

DIN 53167

Lacke, Anstrichstoffe und ähnliche Beschichtungsstoffe — Salzsprühnebelprüfung an Beschichtungen

Fortsetzung 58 Seiten EN

Normenausschuß Chemischer Apparatebau (FNCA) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Überwachungsbedürftige Anlagen (NÜA)

— Leerseite —

Deskriptoren: Druckbehälter, Druckgasbehälter, Tank, Luft, Stickstoff, Klassifikation, Material, Stahl, Aluminium, Aluminiumlegierung, Ausführung, Herstellung, Schweißen, Befähigung, Arbeitsweise, Prüfung, technische Unterlage, Kennzeichnung, Konformitätsbescheinigung

Deutsche Fassung

Einfache unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff

Teil 1: Druckbehälter für allgemeine Zwecke

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

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

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 30. November 1997 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	8 Qualifikation von Schweißern und Bedienern von Schweißgeräten	44
1 Anwendungsbereich	3	9 Schweißverfahrensprüfung	44
2 Normative Verweisungen	4	9.1 Allgemeines	44
3 Definitionen, Symbole und Einheiten	5	9.2 Zusätzliche Anforderungen für Stahlbehälter	44
3.1 Definitionen	5	9.3 Vorhandene Schweißverfahren	44
3.2 Allgemeine Symbole und Einheiten	6	10 Prüfungen	44
4 Klassifizierung und Bescheinigungsverfahren	7	10.1 Kalibrierung	44
5 Werkstoffe	7	10.2 Durch das Berechnungsverfahren konstruierte Behälter	44
5.1 Wesentliche druckbeanspruchte Teile (siehe auch 5.2)	7	10.3 Durch das Versuchsverfahren konstruierte Behälter	49
5.2 Zubehörteile, die zur Festigkeit der Behälter beitragen	8	10.4 Prüfberichte	49
5.3 Nicht drucktragende Teile	8	10.5 Druckprüfung	50
5.4 Schweißnahtzusatzstoffe	8	11 Behälterbegleitdokumentation	50
6 Konstruktion	8	12 Kennzeichnung	50
6.1 Allgemeines	8	Anhang A (normativ) Konformitätsprüfung	51
6.2 Schweißnahtausbildung	8	Anhang B (normativ) Konformitätserklärung — Überwachung	52
6.3 Bestimmung der Wanddicken	11	Anhang C (normativ) Technische Bauunterlagen	54
6.4 Berechnungsverfahren	12	Anhang D (normativ) Baumusterprüfung	54
6.5 Versuchsverfahren	36	Anhang E (normativ) Inhalt des Herstellungsberichtes	55
6.6 Einsteige- und Besichtigungsöffnungen	37	Anhang F (normativ) Prüfung des Korrosionsschutzes	55
6.7 Entwässerungsöffnungen	37	Anhang G (informativ) Wesentliche Sicherheitsanforderungen	57
6.8 Halterungen	37		
7 Herstellung	41		
7.1 Herstellungs- und Prüfeinrichtung	41		
7.2 Formen von Böden und Mänteln	41		
7.3 Typische Verbindungen für den Hauptkörper	41		
7.4 Schweißen	44		

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 286-1 : 1991.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 1998, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 1998 zurückgezogen werden.

Sie ist die Überarbeitung der 1991 von CEN angenommenen Norm. Die wesentlichen Änderungen betreffen:

- Anwendungsbereich;
- Werkstoffe;
- Schweißnahtausführung;
- Berechnungskoeffizient;
- Flanschberechnungen;
- Öffnungsverstärkungen;
- Halterungen;
- Prüfung und Überwachung;
- Dokumentation und Kennzeichnung;
- Korrosionszuschläge.

Obwohl die Anforderungen dieser Norm die grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen der Richtlinie für einfache Druckbehälter (Richtlinie 87/404/EWG) unterstützen, gibt diese Richtlinie die Einhaltung dieser Norm nicht zwingend vor. Diese Norm beinhaltet eine Interpretation der Anforderungen der Richtlinie in Bezug auf die Konformitätsbewertung und damit auf die Pflicht zur nationalen Implementierung. Aus diesen Interpretationen kann kein formeller Status abgeleitet werden, und sie beinhalten das Risiko der Fehldeutung. Anwender der Norm sollten sich daher bezüglich der maßgeblichen Anforderungen an die Konformitätsbewertung auf die entsprechenden nationalen Gesetze beziehen. Eine weitere Revision dieser Norm wird vorbereitet zur Ausschaltung irgendwelcher mißverständlicher Vorgaben.

Diese Norm „Einfache unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff“ ist eine aus einer Reihe von vier Normen. Die anderen Normen behandeln:

Teil 2: Druckbehälter für Druckluftbremsanlagen und Hilfseinrichtungen in Kraftfahrzeugen und deren Anhängerfahrzeugen;

Teil 3: Druckbehälter aus Stahl für Druckluftbremsanlagen und pneumatische Hilfseinrichtungen in Schienenfahrzeugen;

Teil 4: Druckbehälter aus Aluminiumlegierungen für Druckluftbremsanlagen und pneumatische Hilfseinrichtungen in Schienenfahrzeugen.

Dieser Teil dieser Europäischen Norm wurde erstellt, um zusammen mit dem informativen Anhang G dieser Europäischen Norm angewendet zu werden.

Herstellungsregeln können nicht bis ins einzelne so niedergeschrieben werden, daß sie eine gute Ausführung und Herstellung sicherstellen. Jeder Hersteller muß selbst alle notwendigen Schritte unternehmen, um sicherzustellen, daß die Güte der Herstellung und die Ausführung einen Stand erreichen, der mit einer guten ingenieurmäßigen Praxis vereinbar ist. Aspekte der Qualitätssicherung werden in verschiedenen Abschnitten und Anhängen dieser Norm behandelt, z. B. in Abschnitt 10, Prüfung, und in den Anhängen A, Konformitätsprüfung, B, Konformitätserklärung — Überwachung, C, technische Bauunterlagen, D, Baumusterprüfung, E, Inhalt des Herstellungsberichtes, die alle Bestandteil dieser Norm sind. Sie enthalten Mindestanforderungen, die EN ISO 9002 *Qualitätsmanagementsysteme — Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Produktion, Montage und Wartung* und EN ISO 9003 *Qualitätsmanagementsysteme — Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung bei der Endprüfung* berücksichtigen, aber das bedeutet nicht, daß ein Qualitätssicherungssystem nach EN ISO 9002 und EN ISO 9003 erforderlich ist.

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Der allgemeine Aufbau der Norm wurde nicht geändert und ist dementsprechend nicht in voller Übereinstimmung mit den neuesten CEN-Regeln für harmonisierte Normen.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

1 Anwendungsbereich

1.1 Dieser Teil dieser Europäischen Norm behandelt die Konstruktion und Herstellung von geschweißten, einfachen, serienmäßig hergestellten, aus einem Druckraum bestehenden unbefeuerten Druckbehältern, die nachfolgend als Behälter bezeichnet werden, deren wesentliche Sicherheitsanforderungen in Anhang G enthalten sind.

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;
- c) Stützen besitzen, deren Durchmesser nicht größer als das 0,5fache des Durchmessers des Zylinders ist, an den sie angeschweißt sind.

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 dieser Norm 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.

Dieser Teil 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.

Diese Norm 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 Anhängerfahrzeuge siehe auch EN 286-2. Für Druckluftbehälter in Bremsanlagen von Schienenfahrzeugen siehe auch EN 286-3 und EN 286-4.

1.3 Diese Norm gilt für den Behälter selbst, vom Einlaßanschluß bis zum Auslaßanschluß und für alle anderen erforderlichen Anschlüsse für Ventile und Armaturen. Bei der Verwendung von Anschlüssen/Rohren gelten die hierin angegebenen Anforderungen nur bis zur Schweißnaht, an der die Flansche gegebenenfalls angeschlossen werden.

1.4 Für nach dieser Norm 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

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet worden sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

- EN 287-1
Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle
- EN 287-2
Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen
- EN 288-2
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 2: Schweißanweisung für das Lichtbogenschweißen
- EN 288-3
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 3: Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Stählen
- EN 288-4
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 4: Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Aluminium und seinen Legierungen
- EN 473
Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen
- EN 485-2
Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bänder, Bleche und Platten — Teil 2: Mechanische Eigenschaften
- EN 573-3
Aluminium und Aluminiumlegierungen — Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug — Teil 3: Chemische Zusammensetzung

- EN 573-4
Aluminium und Aluminiumlegierungen — Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug — Teil 4: Erzeugnisformen
- EN 754-2
Aluminium und Aluminiumlegierungen — Gezogene Stangen und Rohre — Teil 2: Mechanische Eigenschaften
- EN 755-2
Aluminium und Aluminiumlegierungen — Stranggepreßte Stangen, Rohre und Profile — Teil 2: Mechanische Eigenschaften
- EN 875
Zerstörende Prüfung an Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Kerbschlagbiegeprüfungen — Probenlage, Kerbrichtung und Prüfung
- EN 910
Zerstörende Prüfung an Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Biegeversuch
- EN 1418
Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen
- EN 1435
Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen
- EN 10002-1
Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren
- EN 10028-2
Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte warmfeste Stähle
- EN 10204
Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen
- EN 10207
Stähle für einfache Druckbehälter — Technische Lieferbedingungen für Blech, Band und Stabstahl
- EN 10216-1
Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Raumtemperatureigenschaften
- EN 10217-2
Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei höheren Temperaturen
- EN 10222-4
Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 4: Nickelstähle mit festgelegten Eigenschaften bei niedrigen Temperaturen
- EN 10226-1
Rohrgewinde für im Gewinde dichtende Verbindungen — Teil 1: Bezeichnung, Maße und Toleranzen

- EN 20898-1
Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen — Teil 1: Schrauben (ISO 898-1 : 1988)
- EN 20898-2
Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen — Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkraften — Regelgewinde (ISO 898-2 : 1992)
- EN 25817
Lichtbogenschweißverbindungen an Stahl — Richtlinie für Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten (ISO 5817 : 1992)
- EN 30042
Lichtbogenschweißverbindungen an Aluminium und seinen schweißgeeigneten Legierungen — Richtlinie für die Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 10042 : 1992)
- EN ISO 2409 : 1994
Lacke und Anstrichstoffe — Gitterschnittprüfung (ISO 2409 : 1992)
- ISO 228-1
Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads — Part 1: Dimensions, tolerances and designation
- ISO 3057
Non-destructive testing — Metallographic replica techniques of surface examination
- ISO 7005-1
Metallic flanges — Part 1: Steel flanges
- ISO 7253 : 1996
Paints and varnishes — Determination of resistance to neutral salt spray

3 Definitionen, Symbole und Einheiten

3.1 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

- 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:** Ein 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 fünf Bedingungen erfüllen:
- Sie haben eine ähnliche geometrische Form (d. h. Schüsse und Böden oder nur Böden, in beiden Fällen Böden derselben Form);
 - sie gehören zur selben Klasse (siehe Abschnitt 4);
 - 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 Konformitätserklärung: Vorgang, bei dem der Hersteller bestätigt, daß Behälter mit dieser Europäischen Norm übereinstimmen (siehe Anhang B).

3.1.6 Konformitätsprüfung: Verfahren zur Prüfung und Bescheinigung, daß die hergestellten Behälter dieser Norm entsprechen (siehe Anhang A).

3.1.7 Überwachung: Das Verfahren, das von einer anerkannten Prüfstelle während der Fertigung durchgeführt wird, um sicherzustellen, daß der Hersteller die Anforderungen dieser Europäischen Norm ordnungsgemäß erfüllt (siehe B.3.2).

3.1.8 Baumusterprüfung: Der Vorgang, bei dem eine anerkannte Prüfstelle sicherstellt und bescheinigt, daß ein Muster des Behälters die Bestimmungen dieser Norm erfüllt (siehe Anhang D).

3.1.9 Technische Bauunterlagen: Diese sind vom Hersteller aufzustellen. Sie haben den Zweck, Konstruktion, Werkstoffe und Herstellung einschließlich Bescheinigungen zu beschreiben (siehe Anhang C).

3.1.10 Herstellungsbericht: Vom Hersteller angefertigter Bericht mit allen erforderlichen Angaben über Behälter, die nach dieser Norm angefertigt worden sind.

3.1.11 Berechnungstemperatur

3.1.11.1 Höchste Berechnungstemperatur: Temperatur, die der Berechnung zugrunde gelegt wird und die nicht kleiner sein darf als die maximale Betriebstemperatur.

3.1.11.2 Mindestberechnungstemperatur: Niedrigste Temperatur, die der Wahl der Werkstoffe zugrunde gelegt wird und die nicht größer sein darf als die minimale Betriebstemperatur.

3.1.12 Minimale Betriebstemperatur, $T_{\min}$: Niedrigste stabilisierte Temperatur in der Behälterwand unter normalen Anwendungsbedingungen.

3.1.13 Maximale Betriebstemperatur, $T_{\max}$: Höchste stabilisierte Temperatur, die in der Behälterwand unter normalen Anwendungsbedingungen auftreten kann.

3.1.14 Berechnungsdruck, P : Druck, der der Berechnung zugrunde gelegt wird und der den zulässigen Betriebsdruck PS nie unterschreitet.

3.1.15 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.)

3.1.16 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).

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.

3.1.17 Bericht über Prüfungen und Kontrollen: Ein vom Hersteller verfaßter Bericht über die von ihm durchgeführten Prüfungen und Kontrollen.

3.1.18 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 [2.2 in EN 10204].

ANMERKUNG 1: Entspricht dem Werkszeugnis der Richtlinie.

ANMERKUNG 2: In dieser Definition ist mit Hersteller der Werkstoff-Hersteller gemeint.

3.1.19 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.

3.1.20 Hauptkörper: Hauptkörper bedeutet der Hauptmantel und/oder die Böden.

3.2 Allgemeine Symbole und Einheiten

In dieser Norm werden SI-Einheiten wie folgt verwendet:

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

ANMERKUNG: Um ein zusammenhängendes Einheitensystem für die Gleichung zu erreichen, wird im gesamten Abschnitt 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 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 Nenndicke eines Stutzens
- e_p Nenndicke 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 6.4.2)
- K_s Mantelbeiwert, abhängig vom Prüfumfang (siehe 6.4.2)
- 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/mm² (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 Klassifizierung und Bescheinigungsverfahren

Diese Norm legt drei Klassen von Behältern fest, für die das jeweilige Bescheinigungsverfahren in Tabelle 4-1 angegeben ist.

Tabelle 4-1: Behälterklassifizierung

Klassifizierung	PS·V	Bescheinigungsverfahren ¹⁾	
		Konstruktionsschritt	Herstellungsschritt
Klasse 1	Über 3 000 bar·l bis einschließlich 10 000 bar·l	Nach Wahl des Herstellers: Baumusterprüfung (siehe Anhang D)	Konformitätsprüfung (siehe Anhang A)
Klasse 2	Über 200 bar·l bis einschließlich 3 000 bar·l	oder Begutachtung der tech- nischen Bauunterlagen (siehe Anhang C.2)	Nach Wahl des Herstellers: Konformitätsprüfung ²⁾ (siehe Anhang A) oder Konformitätserklärung und Überwachung (siehe Anhang B) und besondere Dokumente
Klasse 3	Über 50 bar·l bis einschließlich 200 bar·l		Nach Wahl des Herstellers: Konformitätsprüfung ²⁾ (siehe Anhang A) oder Konformitätserklärung (siehe Anhang B) und be- sondere Dokumente
	Bis 50 bar·l	Siehe Anmerkung	

¹⁾ Diese Anforderung ist nicht Bestandteil der EG-Richtlinie und deshalb auch nicht Bestandteil der Harmonisierten Norm.

²⁾ Bei den Behältern, die einer Konformitätsprüfung unterzogen werden, muß das Kennzeichen der anerkannten Prüfstelle auf dem Kennzeichnungsschild angebracht werden (siehe Abschnitt 12).

ANMERKUNG: Die Verwendung dieser Norm berücksichtigt die Erfüllung der Anforderungen einer guten ingenieurmäßigen Praxis. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers, sich nach den Regeln dieser Norm zu richten und die Behälter gemäß Abschnitt 12 zu kennzeichnen mit Ausnahme des CE-Kennzeichens und des Kennzeichens der anerkannten Prüfstelle.

5 Werkstoffe

5.1 Wesentliche druckbeanspruchte Teile (siehe auch 5.2)

5.1.1 Allgemeines

Die wesentlichen Anforderungen an die Werkstoffe sind in Anhang G angegeben.

Die Werkstoffe müssen zusammen mit mindestens einem Prüfbericht (entsprechend 2.2 in EN 10204) geliefert werden.

Abnahmeprüfzeugnisse nach 3.1.A, 3.1.B oder 3.1.C sind ebenfalls zulässig.

5.1.2 Stahlbehälter

Folgende Werkstoffe sollten verwendet werden:

- a) Blech, Bandstahl und Stangen: Stahlsorten P 235 S, P 265 S und P 275 SL nach EN 10207; Stahlsorten P 275 N, P 275 NH, P 275 NL 1 und P 275 NL 2 nach EN 10028-2;
- b) Rohre: Stahlsorten P 235 T 2, P 265 T 2 nach EN 10216-1 und EN 10217-2;
- c) Schmiedestücke: Stahlsorte P 285 QH nach EN 10222-4.

5.1.3 Aluminiumbehälter

Die in Tabelle 5-2 festgelegten Werkstoffe nach EN 573-4 sollten verwendet werden:

- a) Bleche nach EN 485-2;
- b) Stangen nach EN 755-2.

Tabelle 5-2: Aluminiumwerkstoffe nach EN 573-4

Werkstoffbezeichnung		Maximale Betriebstemperatur
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

5.1.4 Weitere genormte Werkstoffe

Alle Werkstoffe, die nicht in 5.1.2 und 5.1.3 enthalten sind und die nach einer Nationalen oder Internationalen Norm für Qualitätsstähle, Aluminium oder Aluminiumlegierung hergestellt werden, sind zulässig, wenn sie 5.1.1 entsprechen.

5.2 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).

Bolzen und Schrauben nach EN 20898-1, Festigkeitsklasse 5.6 oder 8.8, und Muttern nach EN 20898-2, Festigkeitsklasse 5 oder 8, jedoch mit einer Dehnung von mindestens 12 %, werden als geeignet angesehen.

Stahlschrauben für Betriebstemperaturen unter -10 °C müssen eine mittlere Bruchenergie KCV von mindestens 35 J/cm^2 an drei Längsproben bei der minimalen Betriebstemperatur aufweisen. Dabei darf höchstens einer der drei Werte unter 35 J/cm^2 liegen, jedoch nicht unter 25 J/cm^2 . Der entsprechende Werkstoff muß zusammen mit mindestens einem Prüfbericht (nach 2.2 in EN 10204) geliefert werden. Abnahmeprüfzeugnisse nach 3.1.A, 3.1.B oder 3.1.C sind auch zulässig.

5.3 Nicht drucktragende Teile

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

Zu diesem Zweck müssen Halterungen und Zubehörteile von Stahlbehältern, die an den Mantel geschweißt werden,

aus beruhigtem unlegiertem Stahl hergestellt werden, der folgenden Anforderungen genügt:

$$C \leq 0,25\text{ \%}; S \leq 0,05\text{ \%}; P \leq 0,05\text{ \%} \text{ und } R_{m\text{ max}} < 580\text{ N/mm}^2$$

Aluminium und Aluminiumlegierungen müssen 5.1.3 genügen.

5.4 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.

6 Konstruktion

6.1 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.

6.2 Schweißnahtausbildung

6.2.1 Nähte mit Teildurchschweißung sind nicht zulässig, außer bei Stützen, ebenen Böden und Flanschen, die mit dem Druckbehältermantel mittels zweier Schweißnähte von ausreichender Dicke verbunden werden, siehe 6.2.5. Die Art der Kantenvorbereitung hängt vom verwendeten Schweißverfahren ab.

Wenn für Stützen nicht volldurchgeschweißte Nähte verwendet werden, müssen die Schweißnähte den Bildern 6.2-1a bis 6.2-1d entsprechen, wobei jede Naht eine Schweißnahtdicke g von mindestens dem 0,7fachen der Dicke des dünnsten Teils hat.

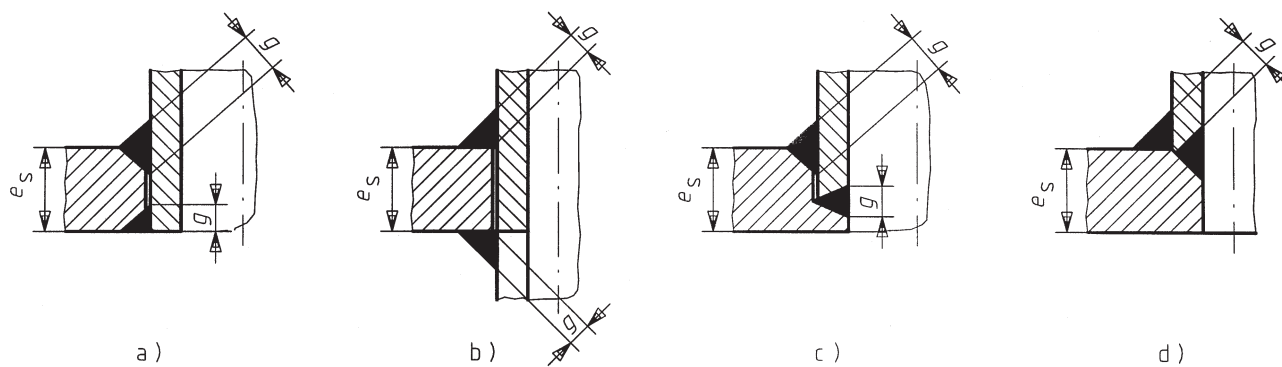
Stützen dürfen als Verstärkung des Hauptkörpers herangezogen werden, wenn die Schweißnähte, wie in den Bildern 6.2-1a bis 6.2-1d, 6.2-2a und 6.2-2b gezeigt, hergestellt werden.

6.2.2 Eine einzelne, teildurchgeschweißte Naht ist bei Sammelanschlüssen und Muffen erlaubt, wenn deren Außendurchmesser 65 mm nicht überschreitet. Die Schweißnahtdicke g muß mindestens das 1,5fache der Dicke des dünnsten Teils betragen (siehe Bilder 6.2-1e, 6.2-1f, 6.2-1g und 6.2-1h).

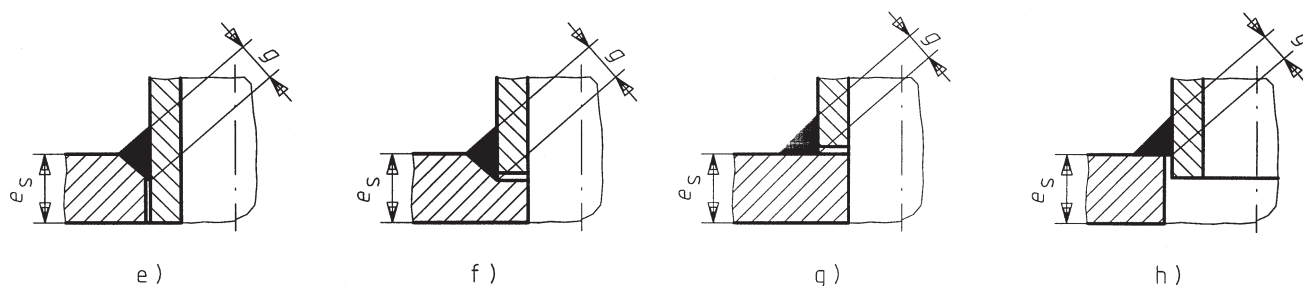
Stützen dürfen nicht als Verstärkung herangezogen werden, wenn die Schweißnähte, wie in den Bildern 6.2-1e bis 6.2-1h gezeigt, hergestellt werden und die Dicke des Hauptkörpers, an dem der Abzweig befestigt ist, größer als 6 mm ist.

6.2.3 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 6.2.3-1).



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



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

Bild 6.2-1: Mögliche Schweißverbindungen für Rohre, Stutzen und Muffen

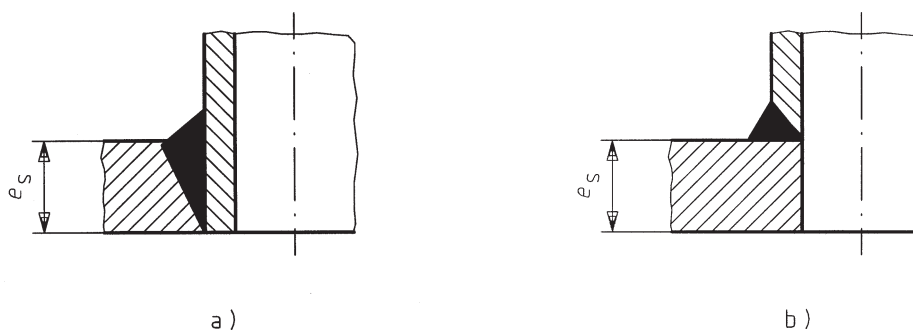
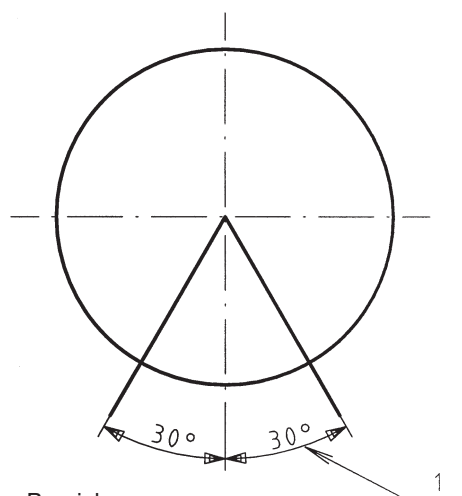


Bild 6.2-2: Voldurchgeschweißte Verbindungen für Rohre, Stutzen und Muffen

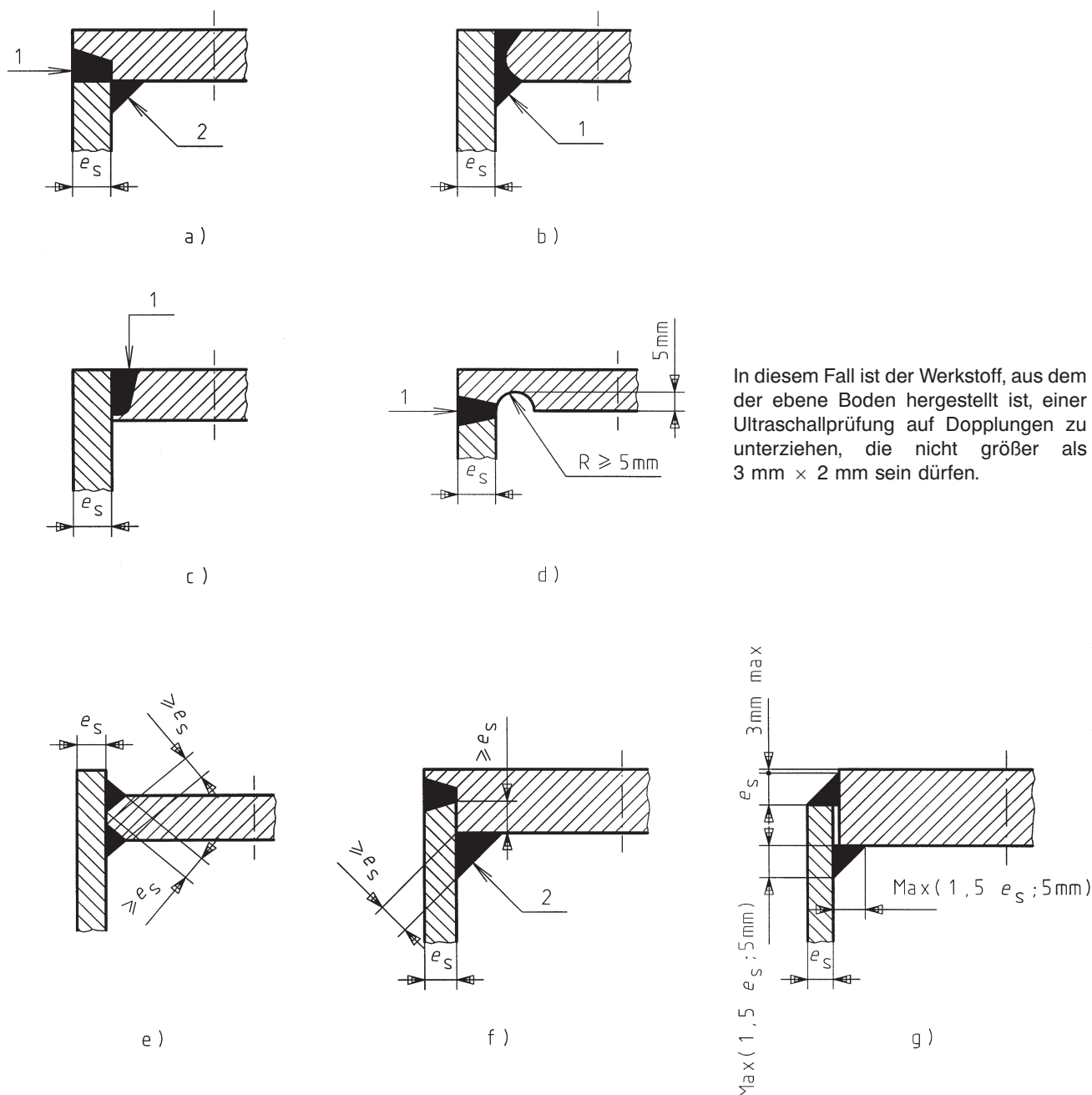


1 Keine Längsschweißnähte in diesem Bereich

Bild 6.2.3-1: Lage von Längsschweißnähten

6.2.4 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 4fache der tatsächlichen Mantelwanddicke e_{as} . In keinem Fall darf der Abstand zu einer Rundnaht kleiner sein als $0,5 \sqrt{D_o e_s}$.

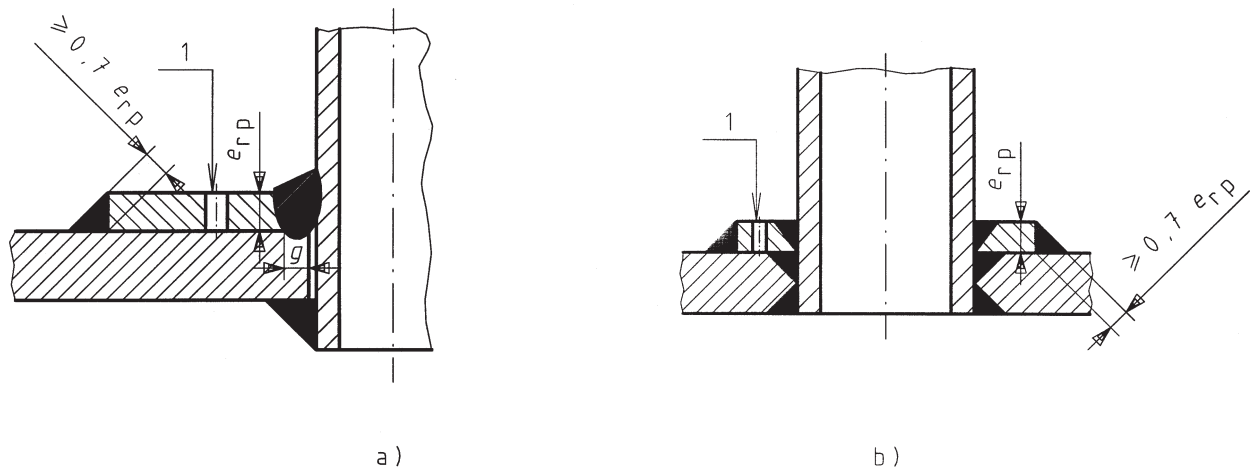
6.2.5 Schweißverbindungen für ebene Böden und Flansche müssen Bild 6.2.5-1 entsprechen.



- 1 Vollständige Durchschweißung
- 2 Diese Naht kann weggelassen werden, wenn der Innendurchmesser kleiner als 300 mm ist.

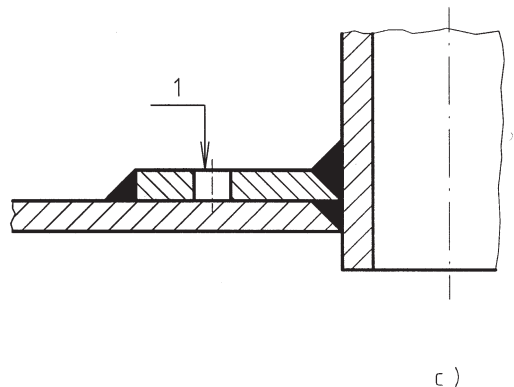
Bild 6.2.5-1: Typische Schweißverbindungen für ebene Böden und Flansche

6.2.6 Schweißungen an Verstärkungsblechen müssen nach Bild 6.2.6-1 ausgeführt werden.



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

wobei e_{rp} die Dicke des Verstärkungsbleches ist



1 Prüfbohrung

Bild 6.2.6-1: Schweißen von Verstärkungsblechen

6.3 Bestimmung der Wanddicken

6.3.1 Auswahl des Verfahrens

Vom Hersteller müssen die Wanddicken im korrodierten Zustand mit Hilfe des Berechnungsverfahrens (siehe 6.4) oder des Versuchsverfahrens (siehe 6.5) nach folgenden Kriterien bestimmt werden:

- Wenn das Produkt aus PS und V größer als 3 000 bar·l ist oder wenn die maximale Betriebstemperatur 100 °C überschreitet, muß das Berechnungsverfahren angewendet werden;
- Wenn das Produkt aus PS und V nicht größer als 3 000 bar·l ist oder wenn die maximale Betriebstemperatur 100 °C nicht überschreitet, darf nach Wahl des Herstellers das Berechnungsverfahren oder das Versuchungsverfahren angewendet werden.

6.3.2 Tatsächliche Wanddicken

Die tatsächliche Wanddicke e_a eines Bauteils (Mantel, Boden oder Flansch) ist die Nenndicke des Bauteils mit einer Korrektur für die Toleranz, Materialverdünnung und Korrosion (siehe Bild 6.3.2-1):

$$e_a = e - t - m - c \quad (6.3.2-1)$$

Dabei ist:

- e die Nenndicke des Bauteils;
- c der Korrosionszuschlag (siehe 6.3.3);
- t der Absolutwert der Minus-Toleranz, der sich aus der Werkstoffnorm ergibt;
- m die Materialverdünnung während des Herstellungsprozesses.

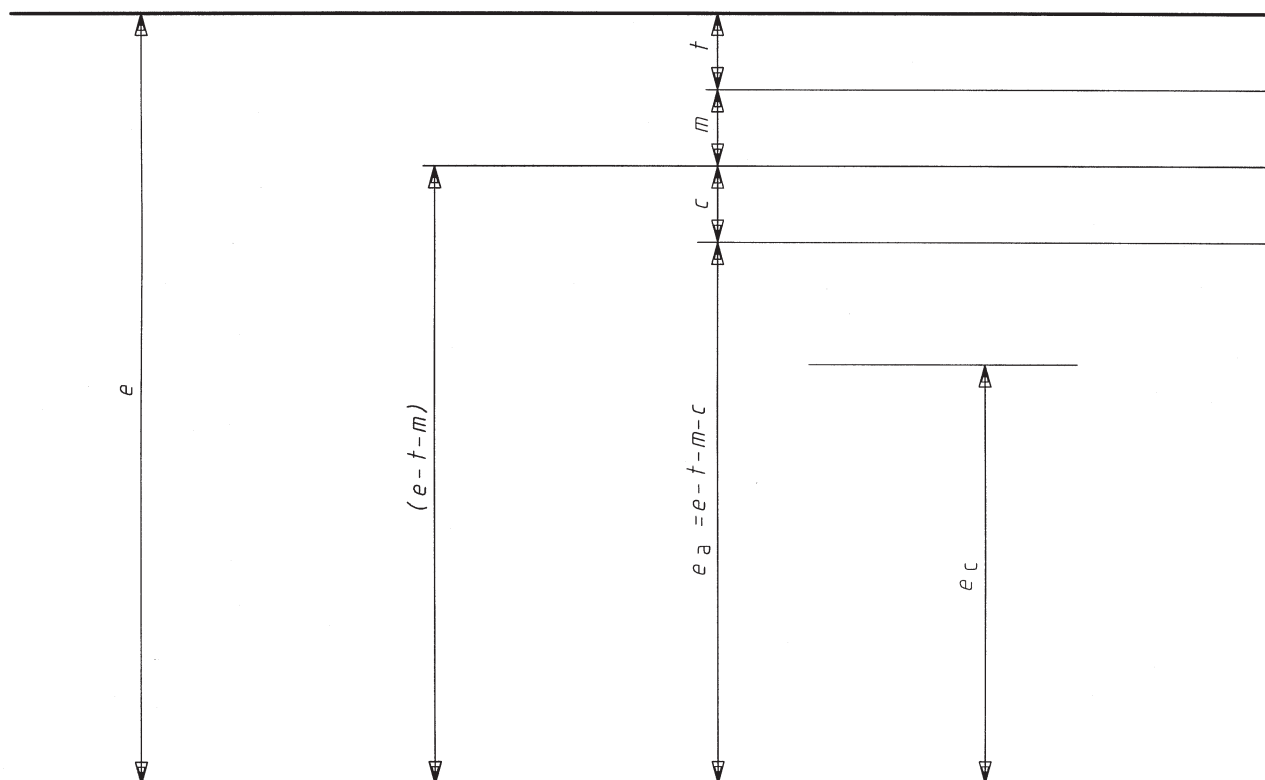


Bild 6.3.2-1: Nenndicken, tatsächliche und berechnete Dicke eines Bauteils

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.

$$e_a \geq 2 \text{ mm für Stahlbehälter} \quad (6.3.2-2)$$

$$e_a \geq 3 \text{ mm für Aluminiumbehälter} \quad (6.3.2-3)$$

Die Wanddicke des Mantels, die auf dem Datenschild anzugeben ist (siehe Abschnitt 12), ist die tatsächliche Dicke e_a .

6.3.3 Korrosionszuschlag

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

6.3.3.1 Stahlbehälter sind ausreichend gegen Korrosion geschützt, wenn

- entweder ein zuverlässiger und haltbarer Innenbelag vorhanden ist, der nach Anhang F geprüft und von der anerkannten Prüfstelle nachgeprüft werden muß, die die Eignung des Behälters durch das Aufprägen eines „F“ auf dem Datenschild anzeigen muß (siehe Abschnitt 12); oder
- ein ausreichender Korrosionszuschlag festgelegt wird, der nicht kleiner als 0,5 mm sein darf,

außer wenn während der Lebensdauer des Behälters keine Korrosionsgefahr zu erwarten ist.

Der übernommene Korrosionszuschlag muß auf dem Datenschild (siehe Abschnitt 12) angegeben werden.

6.3.3.2 Aluminiumbehälter benötigen weder einen Korrosionsschutz noch einen Korrosionszuschlag.

6.4 Berechnungsverfahren

6.4.1 Allgemeines

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

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

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

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

$$e_a \geq e_c \quad (6.4.1.4-1)$$

Dabei ist e_c die berechnete Dicke.

6.4.2 Errechnete Mantelwanddicke e_{cs}

$$e_{cs} = \frac{PD_0}{2f + P} \cdot K_c \cdot K_s \quad (6.4.2-1)$$

wobei

K_c der Berechnungsbeiwert abhängig vom Schweißverfahren:

$K_c = 1$ für Schweißungen, die durch einen automatischen Schweißvorgang ausgeführt werden (siehe Tabellen 10.2.1-1 und 10.2.1-3)

$K_c = 1,15$ für Schweißungen, die durch einen nicht-automatischen Schweißvorgang ausgeführt werden (siehe Tabellen 10.2.1-2 und 10.2.1-4)

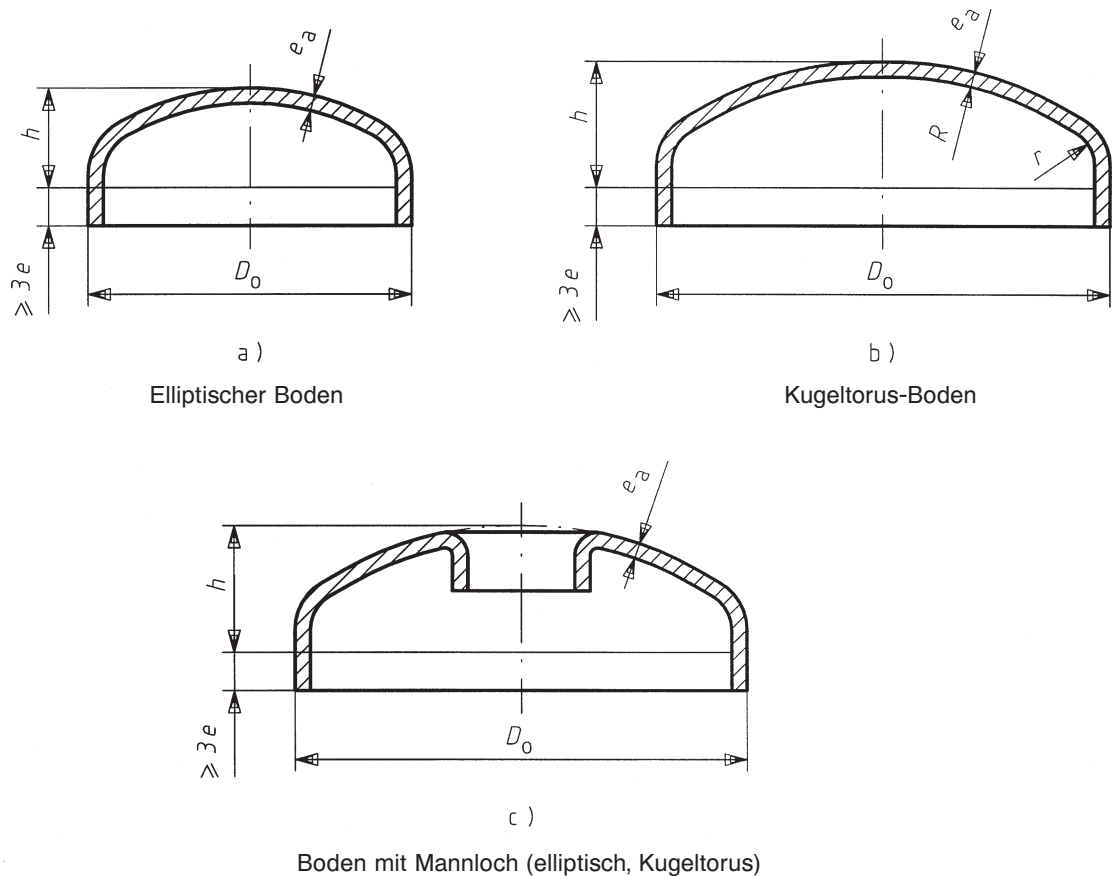


Bild 6.4.3-1: Gewölbte Böden

K_s der Mantel-Berechnungsbeiwert abhängig vom Umfang der Prüfungen:

$K_s = 1$ für eine normale Menge von Prüfungen (siehe Tabellen 10.2.1-1 und 10.2.1-3)

$K_s = 1,25$ für eine andere Menge von Prüfungen (siehe Tabellen 10.2.1-2 und 10.2.1-4).

6.4.3 Errechnete Dicke von gewölbten Böden e_{ce}

Gewölbte Böden müssen folgende Bedingungen erfüllen:

a) Halbkugelböden:

$$0,002 D_0 \leq e_a \leq 0,16 D_0 \quad (6.4.3-a1)$$

b) elliptische Böden:

$$0,002 D_0 \leq e_a \leq 0,08 D_0 \quad (6.4.3-b1)$$

$$h \geq 0,18 D_0 \quad (6.4.3-b2)$$

c) Kugeltorus-Böden:

$$0,002 D_0 \leq e_a \leq 0,08 D_0 \quad (6.4.3-c1)$$

$$r \geq 0,06 D_0 \quad (6.4.3-c2)$$

$$r \geq 3e_a \quad (6.4.3-c3)$$

$$R \leq D_0 \quad (6.4.3-c4)$$

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 6.4.3-1).

Die zwei unter 6.4.3b) angegebenen Bedingungen oder die vier unter 6.4.3c) angegebenen Bedingungen sind gleichzeitig zu erfüllen.

Auf keinen Fall darf die Dicke des zylindrischen oder glatten Flansches (siehe Bilder 6.4.3-1a und 6.4.3-1b) 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.

6.4.3.1 Halbkugelböden

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

$$e_{ce} = \frac{PD_0}{4f + P} \quad (6.4.3.1-1)$$

ANMERKUNG: Wenn zwei Halbkugelböden ohne glatten Flansch zusammengeschweißt werden, muß die Gleichung mit dem entsprechenden K_c -Wert multipliziert werden (das ist der in den Tabellen 10.2.1-1 bis 10.2.1-4 angegebene Berechnungsbeiwert).

6.4.3.2 Elliptische Böden und Kugeltorus-Böden

Typische Konstruktionen sind in Bild 6.4.3-1 dargestellt.

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

- Berechnen von P/f .
- Diesen Wert in Bild 6.4.3.2-1 eintragen, senkrecht nach oben bis zu der der vorgesehenen Bodenform entsprechenden h_e/D_o -Kurve gehen und dann waagrecht nach links bis zur e_{ce}/D_o -Achse, um den entsprechenden e_{ce}/D_o -Wert abzulesen,

wobei h_e die Berechnungshöhe des Bodens ist:

$$h_e = \min \left[(h); \left(\frac{D_o^2}{4(R + e_a)} \right); \left(\sqrt{\frac{D_o(r + e_a)}{2}} \right) \right] \quad (6.4.3.2-b1)$$

ANMERKUNG: Für elliptische Böden ist $h_e = h$. (6.4.3.2-b2)

- Wenn man mit D_o multipliziert, erhält man die errechnete Bodenwanddicke.

Anstelle der Kurven von Bild 6.4.3.2-1 können die Zahlenwerte aus Tabelle 6.4.3.2-1 angewendet werden.

Interpolation zwischen h_e/D_o -Kurven ist zulässig, oder man kann die Werte der nächsthöheren h_e/D_o -Kurve verwenden.

ANMERKUNG: In Bild 6.4.3.2-1 können für h_e und D_o Innenmaße verwendet werden, wenn $h_e/D_o < 0,27$ ist; andernfalls sind Außenmaße zu verwenden.

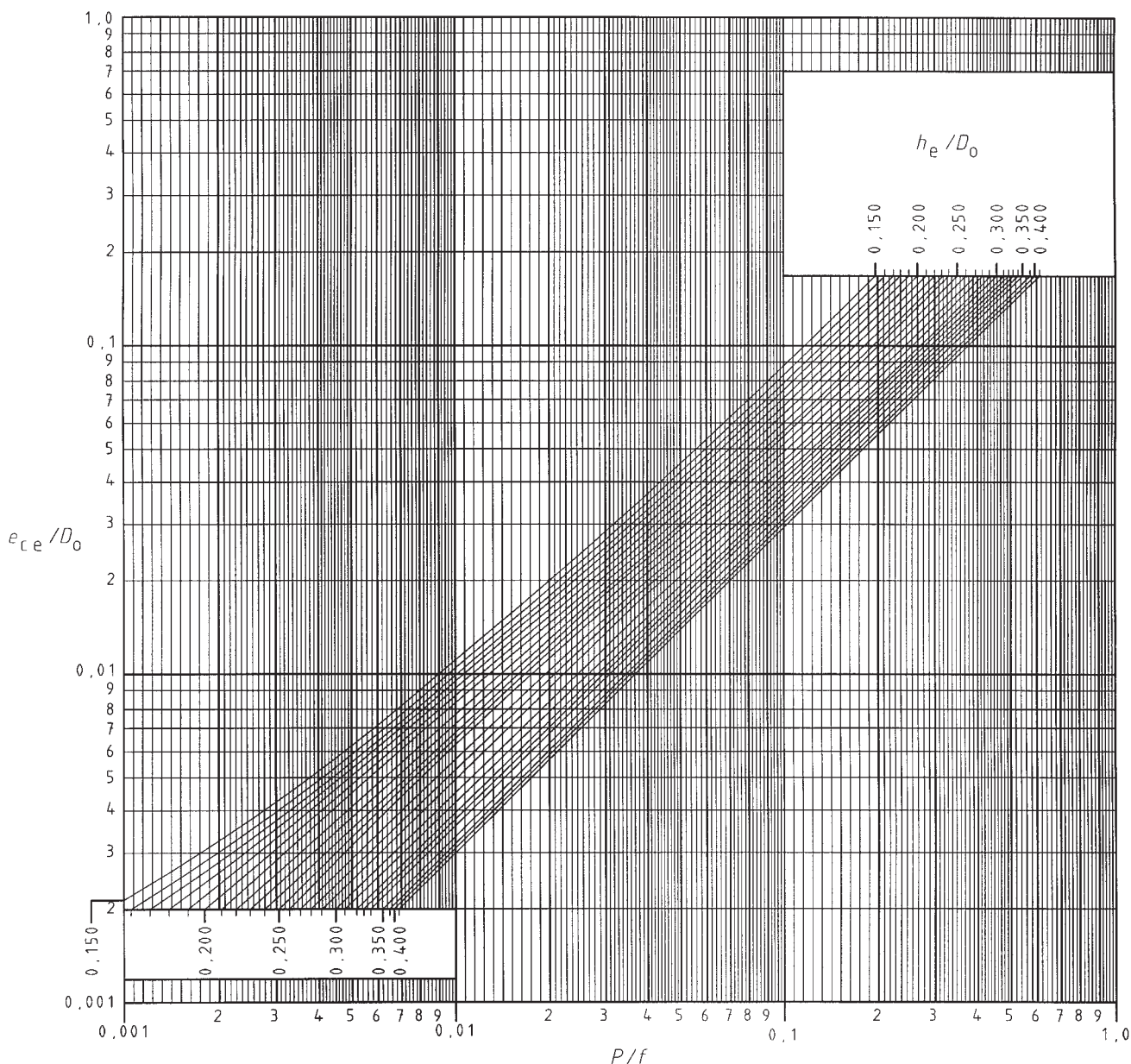


Bild 6.4.3.2-1: Berechnungsdiagramm für elliptische und Kugeltorus-Böden

Tabelle 6.4.3.2-1: 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	0,0015	0,0025	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 $e_{ce}/D_o \cdot 10^3 < 2,00$.

ANMERKUNG 2: Zwischenwerte dürfen durch logarithmische Interpolation ermittelt werden.

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

6.4.4 Errechnete Wanddicke von ebenen Böden und Deckeln**6.4.4.1 Ebene Böden ohne Öffnungen**

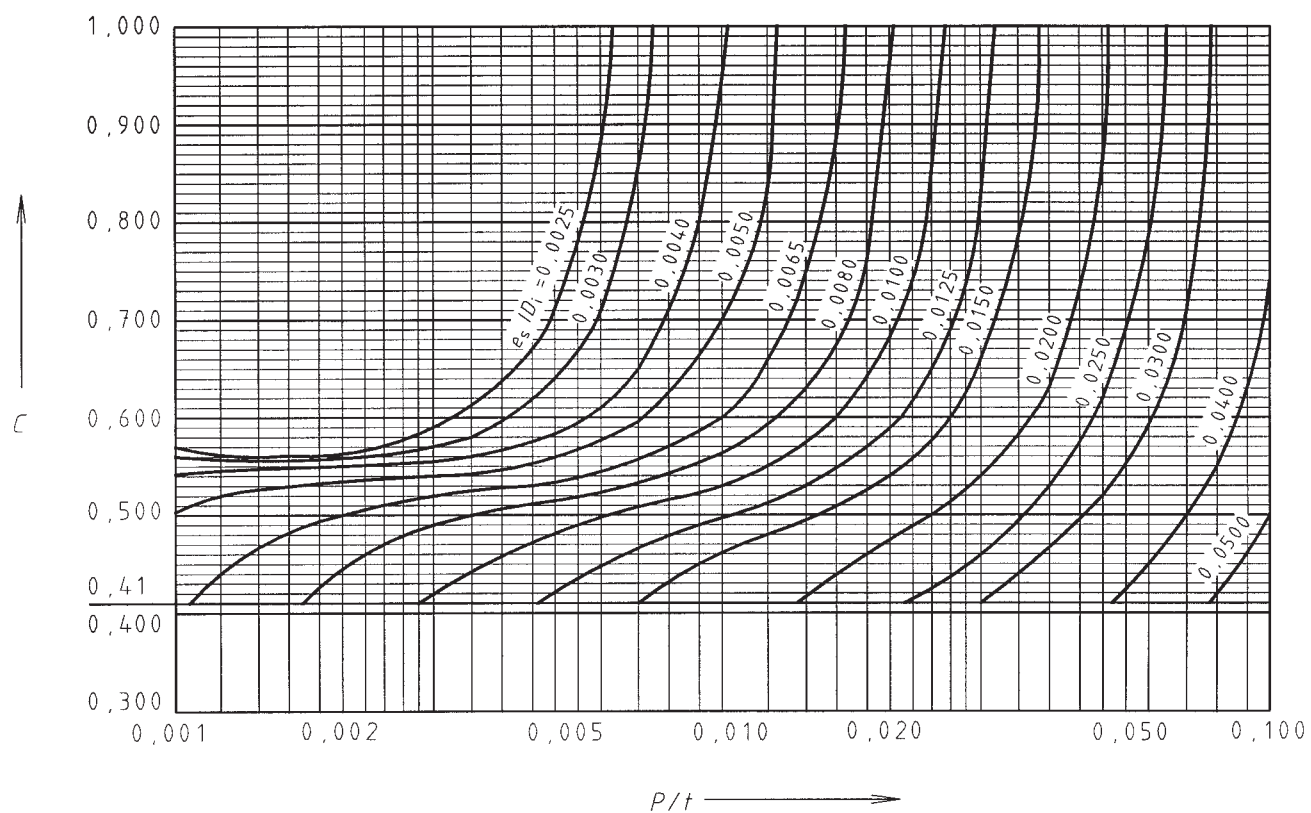
Die errechnete Wanddicke eines ebenen Bodens ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$e_{cd} = CD_i \sqrt{\frac{P}{f}} \quad (6.4.4.1-1)$$

Dabei ist:

C aus Bild 6.4.4.1-1 zu erhalten;

D_i der Innendurchmesser des Bodens (siehe Bild 6.4.4.1-2c).



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

Bild 6.4.4.1-1: C-Werte für eingeschweißte ebene Böden