

**Geschlossene Ausdehnungsgefäße mit eingebauter
Membrane für den Einbau in Wassersystemen**
Deutsche Fassung prEN 13831:2000

DIN
EN 13831

ICS 91.140.10

Einsprüche bis 2000-09-30

Closed expansion vessels with built in diaphragm for installation in water systems;
German version prEN 13831:2000

Vorgesehen als Ersatz für
DIN 4807-1:1991-05 und
DIN 4807-3:1993-10;
vorgesehen als teilweiser
Ersatz für
DIN 4807-5:1997-03

Vases d'expansion fermés avec membrane incorporée pour installation dans les systèmes à eau;
Version allemande prEN 13831:2000

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten an den Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Kamekestraße 8, 50672 Köln.

Nationales Vorwort

Der Europäische Norm-Entwurf EN 13831 ist vom Technischen Komitee CEN/TC 54 "Unbefeuerte Druckbehälter" (Sekretariat: Deutschland) ausgearbeitet worden. Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war hierfür der Gemeinschaftsausschuss "Druckbehälter" des Normenausschusses Chemischer Apparatebau (FNCA) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN 4807-1:1991-05, DIN 4807-03:1993-10 und DIN 4807-5:1997-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Europäische Norm EN 13831 übernommen.

Fortsetzung 65 Seiten prEN

Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS) im DIN
Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN

– Leerseite –

ICS 91.140.10

Deskriptoren:

Deutsche Fassung

Geschlossene Ausdehnungsgefäße mit eingebauter Membrane für den Einbau in Wassersystemen

Closed expansion vessels with built in diaphragm
for installation in water systems

Vases d'expansions fermés avec membrane
incorporée pour installation dans des systèmes d'eau

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zur CEN-Umfrage vorgelegt.
Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder 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.

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde von CEN in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. 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	Anhang B (informativ) Bewährte Membranwerkstoff	62
Einleitung	3	Anhang C (informativ) Kategorien von Ausdehnungsgefäßen mit Verweisung auf Module für die Konformitätsbewertung	63
1 Anwendungsbereich	4	Anhang D (informativ) Zusammenfassung von Tätigkeiten im Hinblick auf Konformitätsbewertungsmodule	64
2 Normative Verweisungen	4	Anhang ZA (informativ) Abschnitte in dieser Europäischen Norm, die grundlegende Anforderungen oder andere Vorgaben von EU-Richtlinien betreffen	65
3 Definitionen	6		
4 Symbole und Einheiten	9		
5 Werkstoffe (ohne Membranen)	9		
6 Konstruktion und Berechnung	11		
7 Herstellung und Schweißen	40		
8 Membranen	53		
9 Prüfung und Inspektion	57		
Anhang A (informativ) Konformitätserklärung ..	61		

Vorwort

Auf der Grundlage einer BTS 2-Entscheidung entschloss sich CEN/TC 54 auf einer Sitzung vom 8. — 10. April 1992, den neuen Arbeitsbereich "Ausdehnungsgefäße für die Wärmetechnik: Anforderungen, Kennzeichnung, Prüfverfahren" der neu zu schaffenden Arbeitsgruppe (Working Group 4) zu übertragen (Resolution 153).

Auf ihrer ersten Sitzung am 27./28. Januar 1993 kam WG 4 zu dem Schluss, dass dieser Titel zu eng gefasst war und nicht den technischen Gegebenheiten entsprach. Demzufolge wurde auf dem Treffen vom 20. — 22. April 1993 dem CEN/TC 54 vorgeschlagen, den Arbeitstitel folgendermaßen abzuändern:

"Geschlossene Ausdehnungsgefäße mit eingebauter Membrane zur Trennung von Wasser und Luft/Inertgas (Stickstoff)".

Bei der darauffolgenden schriftlichen Abstimmung der nationalen Delegationen des CEN/TC 54 sprach sich die Mehrheit für die Änderung des Arbeitstitels nach dem Vorschlag von WG 4 aus.

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde von Fachleuten aus Deutschland, Italien, den Niederlanden, der Schweiz und dem Vereinigten Königreich im Rahmen eines Mandates erarbeitet, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone übertragen wurde und unterstützt grundlegende Anforderungen von EU-Richtlinie(n).

Zusammenhang mit EU-Richtlinie(n) siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieser Norm ist.

Im Hinblick auf etwaige nachteilige Auswirkungen auf die Qualität des für den menschlichen Gebrauch bestimmten Wassers, verursacht durch das in vorliegender Norm festgelegte Produkt, gilt nach der überarbeiteten Resolution BT 32/1993:

- 1) Diese Norm enthält keine Angaben darüber, ob das Produkt ohne Einschränkung in allen EU- oder EFTA-Mitgliedsstaaten verwendet werden darf;
- 2) Es sollte beachtet werden, dass bis zur Übernahme nachweisbarer europäischer Kriterien bestehende nationale Regelungen über die Verwendung und/oder die Eigenschaften dieses Produktes gültig bleiben.

Einleitung

Geschlossene Ausdehnungsgefäße werden erstmalig in einem Bericht über Hafentechnik erwähnt, der 1880 in Edinburgh veröffentlicht wurde. Zu jener Zeit befand sich das Gaspolster in direktem Kontakt zum Wasser.

Geschlossene Ausdehnungsgefäße mit eingebauter Membrane kamen zum ersten Mal in den frühen 50er Jahren in den Handel. In Europa wurden sie zumeist in Heizungssysteme eingebaut, in den USA vorwiegend in Trinkwasserversorgungssysteme.

Damals war Stand der Technik, insbesondere, was kleine und mittlere Heizungssysteme anbetraf, das Gefäß am höchstgelegenen Punkt des Systems anzubringen. Es war zur Atmosphäre hin offen und besaß einen Überlauf ins Freie. Das Gefäß nahm die Ausdehnung des erwärmten Heizungswassers auf, wodurch der Wasserpegel anstieg. Wenn sich das Heizungssystem wieder abkühlte und das Volumen des Wassers sich dadurch verringerte, so wirkte das Gefäß ausgleichend und sein Wasserspiegel sank ab.

So einfach diese Technik auch war, sie wies doch gravierende Nachteile auf:

- Da das Gefäß am höchstgelegenen Punkt des Systems angebracht werden musste, befand es sich häufig nicht im beheizten Gebäudebereich, sondern unter dem Dach. Da hierbei Frostgefahr bestand, wurde das Gefäß in den Heizkreislauf integriert, was wiederum lange und teure Rohrleitungen erforderlich machte, die zudem zu großen Wärmeverlusten führten.
- Der sich ständig ändernde Wasserpegel sowie das Vorhandensein atmosphärischen Sauerstoffs stellten ideale Bedingungen für Korrosionsbefall der Gefäßwände dar.

Es überrascht daher wenig, dass die geschlossenen Ausdehnungsgefäße mit eingebauter Membrane bald weit verbreitet waren. Diese Gefäße konnten im Heizraum angebracht werden, die Frostgefahr war gebannt und das gleichzeitige Vorhandensein von Wasser und Sauerstoff wurde durch die trennende Membrane verhindert. Heute gehören geschlossene Ausdehnungsgefäße mit eingebauter Membrane zum absoluten Standard in der europäischen Heizungstechnik. Jahr für Jahr werden einige Millionen gefertigt.

Beim Einsatz in Frischwasserkreisläufen dienen die Gefäße mit eingebauter Membrane zur Aufnahme des zusätzlichen Wasservolumens auf Grund der Erwärmung durch Warmwasserbereiter und verhindern somit, dass wertvolles Trinkwasser durch den Abfluss verloren geht. Die andere Hauptanwendung ist das Speichern von Wasser unter Druck in Verbindung mit Druckerhöhungsanlagen, wodurch ein energetisch effizienter Pumpeneinsatz ermöglicht wird. Bisher sind schon viele Millionen dieser Gefäße eingebaut worden.

Obwohl diese Entwicklung des geschlossenen Ausdehnungsgefäßes mit eingebauter Membrane eine regelrechte Revolution im Bereich Heizungstechnik und Trinkwasser darstellte, so nahm die Industrie doch nur begrenzt Notiz davon. Dennoch hat dies die Hersteller nicht davon abgehalten, das Produkt und die Fertigungstechnik in den letzten 40 Jahren zu verbessern und häufig auch ganz neue Wege zu beschreiten. Aus diesem Grunde unterscheidet sich auch die Herstellung von geschlossenen Ausdehnungsgefäßen in bestimmten Punkten beträchtlich von der herkömmlichen Druckbehälterproduktion. Dies gilt insbesondere für die hochentwickelte Tiefziehtechnik.

Anfang der 80er Jahre begannen die deutschen Hersteller damit, sich regelmäßig zum Erfahrungsaustausch zu treffen und ihre Interessen gegenüber Dritten zu vertreten. Bei späteren Zusammenkünften waren auch italienische Hersteller anwesend. Hierbei war ein wichtiges Thema die Entwicklung Europäischer Normen. Diese Überlegungen führten dazu, dass das DIN ein Normprojekt für Ausdehnungsgefäße beim CEN fordern sollte. Nachdem diese Anfrage von BTS 2 positiv beantwortet wurde, übertrug man die Aufgabe, solch eine Norm zu schaffen, dem CEN/TC 54.

1 Anwendungsbereich

Dieser Europäische Norm-Entwurf umfasst die Konstruktion, Herstellung und Prüfung geschlossener Ausdehnungsgefäße mit eingebauter Membrane, die im folgenden "Gefäße" genannt werden und

- a) deren Membranen zur Trennung von Wasser einerseits und Luft/Stickstoff andererseits in Heizungs-/Kühlsystemen oder Wasserkreisläufen dienen;
- b) die in Einzel- oder Serienfertigung hergestellt werden;
- c) die teilweise oder ganz aus (kalt) tiefgezogenen Teilen bestehen;
- d) deren Einzelteile durch Schweißen, Klemmen oder Flansche verbunden werden können;
- e) deren Größe nicht begrenzt ist;
- f) deren zulässiger Druck mehr als 0,5 bar beträgt,
- g) deren zulässiger Druck 30 bar nicht überschreitet;
- h) deren Mindest-Betriebstemperatur nicht unter -10 °C und deren maximale Betriebstemperatur nicht über 70 °C liegt.

ANMERKUNG Die maximale Betriebstemperatur von 70 °C hängt von den Eigenschaften des Membranenwerkstoffes ab. Sie kann höher sein, wenn die Eignung des Membranenwerkstoffes nachgewiesen ist.

Wie hoch die Temperatur des Heizungssystems auch sein mag, der entscheidende Faktor für den Gefäßbetrieb ist die maximale Betriebstemperatur der Membrane. Der Konstrukteur des Systems ist verantwortlich dafür, notwendige Maßnahmen vorzuschreiben, um die Membrane vor ungeeigneten Temperaturen zu schützen (z. B. Anschluss an den kältesten Teil des Systems bei einer Heizung oder an den wärmsten in einem Kühlkreislauf, thermostatische Überwachung des Anschlusses an das Gefäß oder Zwischengefäß).

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 sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

2.1 Allgemeine normative Verweisungen

EN 287-1, *Prüfung von Schweißern; Schmelzschweißen; Teil 1: Stähle.*

EN 288-1, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe; Teil 1: Allgemeine Regeln für das Schmelzschweißen.*

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 764, *Druckgeräte — Terminologie und Symbole — Druck, Temperatur, Volumen.*

EN 473, *Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen.*

EN 10025, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen — Technische Lieferbedingungen.*

EN 10028-2, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte warmfeste Stähle.*

prEN 10028-7, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 7: Nichtrostende Stähle.*

EN 10111, *Kontinuierlich warmgewalztes Blech und Band aus weichen Stählen zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen.*

EN 10130, *Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen.*

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen.*

EN 10207, *Stähle für einfache Druckbehälter — Teil 1: Technische Lieferbedingungen für Bleche, Bänder und Stäbe.*

EN 26520, *Einteilung von Unregelmäßigkeiten in Schmelzschweißungen.*

EN 25817, *Lichtbogenschweißverbindungen an Stahl — Richtlinie für die Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten.*

prEN 288-8, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 8: Anerkennung durch eine Schweißprüfung vor Fertigungsbeginn.*

prEN 764-2, *Druckgeräte — Teil 2: Größen, Symbole und Einheiten.*

prEN 764-3, *Druckgeräte — Teil 3: Definition der beteiligten Parteien.*

prEN 875, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Kerbschlagbiegeversuch — Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung.*

prEN 895, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Querkzugversuch.*

prEN 910, *Zerstörende Prüfung von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Biegeprüfungen.*

prEN 970, *Schweißen — Sichtprüfung von schmelzgeschweißten Verbindungen.*

prEN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen.*

prEN 1435, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen.*

prEN 1708-1, *Schweißen — Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl — Teil 1: Druckbeanspruchte Bauteile.*

prEN 10216-1, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Unlegierte Stähle mit festgelegten Raumtemperatureigenschaften.*

prEN 10216-2, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen.*

prEN 10216-5, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 5: Edelstahlrohre.*

prEN 10217-1, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Unlegierte Stähle mit festgelegten Raumtemperatureigenschaften.*

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

prEN 10217-7, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 7: Edelstahlrohre.*

EN 10222-2, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 2: Ferritische und martensitische Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhter Temperatur.*

prEN 10222-6, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 6: Nichtrostende austenitische, martensitische und Duplexstähle.*

UPVS, *Künftige Europäische Norm für Unbefeuerte Druckbehälter.*

2.2 Besondere normative Verweisungen für Membranen

DIN 53479, *Prüfung von Kunststoffen und Elastomeren; Bestimmung der Dichte (Juli 1976).*

DIN 53504, *Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung der Zerreißfestigkeit, Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Beanspruchungswerte im Zugversuch (März 1985).*

DIN 53505, *Prüfung von Kautschuk, Elastomeren und Kunststoffen; Härteprüfung nach Shore A und Shore D (Juni 1987).*

DIN 53517, *Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung des Druckverformungsrestes nach konstanter Verformung (April 1987).*

DIN 53521, *Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung des Verhaltens gegen Flüssigkeiten, Dämpfe und Gase (November 1987).*

DIN 53534, *Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung der linearen Abmessungen von Probekörpern und Fertigteilen.*

3 Definitionen

3.1

Druck, Temperatur, Volumen

Definitionen über Druck, Temperatur und Volumen sind EN 764 zu entnehmen.

3.2

Beteiligte Parteien

Definitionen über beteiligte Parteien sind prEN 764-3 zu entnehmen.

3.3

auf diese Norm bezogene Definitionen.

3.3.1

Automatisches Schweißen

Schweißverfahren, bei dem alle Parameter automatisch gesteuert werden, wobei die Möglichkeit der begrenzten Einstellung einiger dieser Parameter (manuell oder automatisch mit mechanischen oder elektronischen Mitteln) während des Schweißvorganges zur Einhaltung der spezifischen Schweißbedingungen besteht.

3.3.2

Klemmverbindung

einzelner Metallring, der die beiden Gefäßteile zusammenhält oder gewalztes Verbindungsteil, das die beiden Gefäßteile zusammenhält.

3.3.3

Ausdehnungsgefäß

Gefäß zur Aufnahme der Volumenänderungen einer Flüssigkeit aufgrund von Temperaturänderungen. Das Ausdehnungsgefäß ist "geschlossen", wenn die darin enthaltene Flüssigkeit nicht in Kontakt mit einem gasförmigen oder flüssigen Medium kommt.

3.3.4

Tiefziehen

Formung von Gefäßteilen aus einer flachen Form in eine dreidimensionale Form mittels einer Presse und Werkzeugen, wobei Material weder entfernt noch zugegeben wird.

3.3.5

Membrane

flexible und/oder elastische Trennwand, die im Gefäß gasdicht befestigt wird, und die das Gefäß in einen Wasser- und einen Gasraum unterteilt.

3.3.6

Serienfertigung

Fertigung von mehr als einem Gefäß desselben Typs in einem vorgegebenen Zeitraum nach einer gemeinsamen Konstruktion und unter Verwendung des gleichen Fertigungsverfahrens.

3.3.7

Baumusterprüfung

Verfahren, durch das sichergestellt und bestätigt wird, dass ein Muster einer Gefäßkonstruktion oder einer Familie von Gefäßkonstruktionen die Voraussetzungen dieser Norm erfüllt.

3.3.8

Experimentelle Prüfung

jede Prüfung, die anstelle der Berechnung eines Gefäßteiles oder des gesamten Gefäßes durchgeführt wird.

3.3.9

Prüfzeugnis

Dokument nach EN 10204/2.2 mit der Bestätigung, dass die gelieferten Produkte den Anforderungen der Bestellung entsprechen.

3.3.10

Verbindungsgruppe

Schweißverbindungen, die durch ein bestimmtes Dokument der Schweißverfahrenszulassung erfasst werden.

3.3.11

Charge

eine Gruppe identischer oder ähnlicher Objekte, die auf der Grundlage z. B. der Herstellung, des Versandes, einer vorgegebenen Serie etc. zusammengehören.

3.3.12

Gefäßfamilie

Gefäße gehören zu einer Gefäßfamilie, wenn sie ähnliche geometrische Proportionen, dieselbe Konstruktion, Temperaturgrenzen, dieselbe Gefahrenkategorie nach der DGRL aufweisen und unter die Gültigkeit einer Schweißverfahrenszulassung fallen.

3.3.13

Konformitätserklärung

Verfahren, durch das der Hersteller bestätigt, dass die Gefäße mit dieser Norm übereinstimmen.

3.3.14

Modul der Konformitätsbewertung

eine Reihe von Verfahren zur Definition des Kontrollniveaus und der Verfahren des Qualitätssystems.

3.3.15

Frischwasser

Wasser aus einem Versorgungssystem (Wasserleitung, Brunnen etd.), das bis auf eventuelle Hygienemaßnahmen unbehandelt ist und einen natürlichen Sauerstoffgehalt aufweist.

3.3.16

Europäische Werkstoffzulassungen (EAM)

technische Zulassungen für Werkstoffe, die nicht in einer Europäischen Norm für Druckgeräte oder in bestehenden Spezifikationen eines CEN-Mitgliedslandes oder eines Landes enthalten sind, das nicht zu den CEN-Mitgliedsländern zählt.

3.4

Wanddicken

e_n Nennwanddicke des Bauteils

δ_e Absolutwert der negativen Toleranz aus der Werkstoffnorm des Bauteils

δ_m mögliche Wanddickenabnahme des Bauteils während der Herstellung

c Korrosionszuschlag

e_a Wanddicke des Bauteils nach Analyse = $e_n - \delta_e - \delta_m - c$

e erforderliche Wanddicke des Bauteils ($e_a \geq e$)

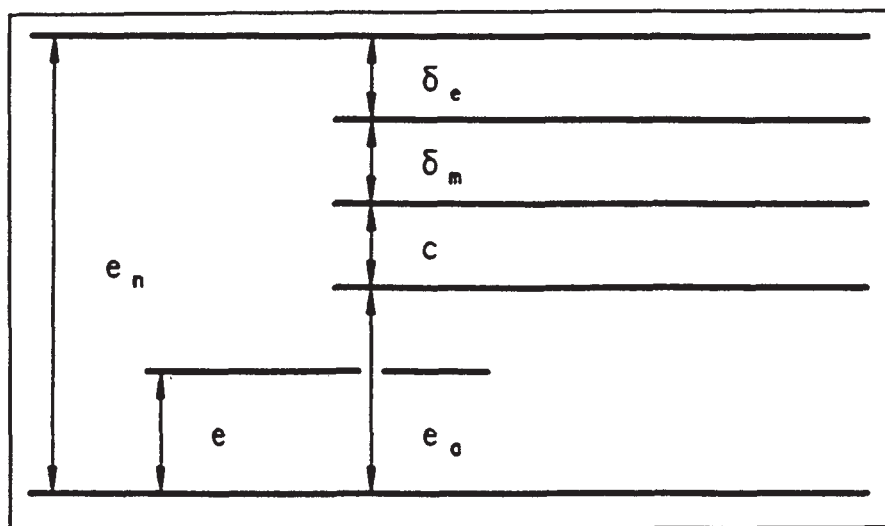


Bild 3.3-1 — Wanddicken

4 Symbole und Einheiten

Die nachstehenden Symbole und Einheiten sind für die Anwendung in dieser Norm aus UPVS Teil 1, EN 764 und prEN 764-2 entnommen.

Symbol	Benennung	Einheit
t	Zeit	s, min, h, d
beliebiger lateinischer Buchstabe	Maße (allgemein)	mm
l	Länge	mm
e	Dicke	mm
c	Korrosionszuschlag	mm
d, D	Durchmesser	mm
r, R	Radius	mm
A	Fläche	mm ²
V	Volumen, Fassungsvermögen	m ³ , L, (l)
p	Druck	bar, MPa, N/mm ²
t	Temperatur	°C, K
t_c	Berechnungstemperatur	°C
t_d	Auslegungstemperatur	°C
t_t	Prüftemperatur	°C
A	Bruchdehnung	%
f	zulässige Spannung für Auslegungsbedingungen	MPa oder N/mm ²
f_{test}	zulässige Spannung für Prüfbedingungen	MPa oder N/mm ²
p_d	Auslegungsdruck	MPa oder N/mm ² ¹⁾
p_c	Berechnungsdruck	MPa oder N/mm ² ¹⁾
PS	maximal zulässiger Druck	MPa oder N/mm ² ¹⁾
t_p	Prüfdruck	MPa oder N/mm ² ¹⁾
R_e	Streckgrenze	MPa oder N/mm ² ¹⁾
R_{eH}	obere Streckgrenze	MPa oder N/mm ²
R_m	Zugfestigkeit	MPa oder N/mm ²
$R_{m,t}$	Zugfestigkeit bei Temperatur t °C	MPa oder N/mm ²
$R_{p\ 0,2}$	0,2%-Dehngrenze	MPa oder N/mm ²
$R_{p\ 0,2,t}$	0,2%-Dehngrenze bei Temperatur t °C	MPa oder N/mm ²
$R_{p\ 1,0}$	1,0%-Dehngrenze	MPa oder N/mm ²
$R_{p\ 1,0,t}$	1,0%-Dehngrenze bei Temperatur t °C	MPa oder N/mm ²
z	Schweißnahtfaktor	[]

Die Einheit bar kann für die Anwendung der allgemeinen Terminologie erforderlich sein und dementsprechend auf Typenschildern, Bescheinigungen, Zeichnungen, Druckmessgeräten und Messeinrichtungen verwendet werden.

5 Werkstoffe

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt basiert auf Teil 2 der UPVS.

Die Werkstoffe für drucktragende Teile müssen

- für das angewendete Fertigungsverfahren geeignet sein;
- eine ausreichend hohe Duktilität und Zähigkeit besitzen.

1) MPa oder N/mm² nur für Berechnungen

Diese Norm basiert auf Werkstoffen, die den Festlegungen für die Stahlgruppen 1, 1.1 und 8.1 entsprechen.

Tabelle 5.1-1 — Festlegung der Stahlgruppen

Stahlgruppe	Stahlsorte ^{a b}																								
1 ^c	Stähle mit einer Mindest-Streckgrenze $R_{eH} \leq 360 \text{ N/mm}^2$ und folgenden maximalen Analysenwerten in %: <table><tr><td>C</td><td>$\leq 0,25$</td><td>Cu</td><td>$\leq 0,35$</td></tr><tr><td>Si</td><td>$\leq 0,60$</td><td>Ni</td><td>$\leq 0,5$</td></tr><tr><td>Mn</td><td>$\leq 1,70$</td><td>Cr</td><td>$\leq 0,3$ (0,4 für Gussstücke)</td></tr><tr><td>Mo</td><td>$\leq 0,70$</td><td>Nb</td><td>$\leq 0,05$</td></tr><tr><td>S</td><td>$\leq 0,045$</td><td>V</td><td>$\leq 0,12$</td></tr><tr><td>P</td><td>$\leq 0,045$</td><td>Ti</td><td>$\leq 0,85$</td></tr></table>	C	$\leq 0,25$	Cu	$\leq 0,35$	Si	$\leq 0,60$	Ni	$\leq 0,5$	Mn	$\leq 1,70$	Cr	$\leq 0,3$ (0,4 für Gussstücke)	Mo	$\leq 0,70$	Nb	$\leq 0,05$	S	$\leq 0,045$	V	$\leq 0,12$	P	$\leq 0,045$	Ti	$\leq 0,85$
C	$\leq 0,25$	Cu	$\leq 0,35$																						
Si	$\leq 0,60$	Ni	$\leq 0,5$																						
Mn	$\leq 1,70$	Cr	$\leq 0,3$ (0,4 für Gussstücke)																						
Mo	$\leq 0,70$	Nb	$\leq 0,05$																						
S	$\leq 0,045$	V	$\leq 0,12$																						
P	$\leq 0,045$	Ti	$\leq 0,85$																						
1.1 ^c	Stähle mit einer Mindest-Streckgrenze $R_{eH} \leq 275 \text{ N/mm}^2$ und einer chemischen Zusammensetzung nach 1																								
8	Austenitische Stähle																								
8.1	Austenitische nichtrostende Stähle mit $\text{Cr} \leq 19 \%$																								

^a Die Legierung bezieht sich auf die Nennwerte der Schmelzenanalyse.

^b Nach der Definition in der Werkstoffnorm kann R_{eH} durch $R_{p\ 0,2}$ ersetzt werden.

^c In 5.2 sind Stähle nach einer Norm angegeben, in der keine chemische Analyse mit allen in Tabelle 5.1-1 angegebenen Elementen gefordert wird. Sie gelten als 1 und 1.1 zugeordnete Stähle, wenn der für diese Elemente in den jeweiligen Normen geforderte prozentuale Anteil den Angaben in Tabelle 5.1-1 entspricht.

5.2 Derzeit verwendete Werkstoffe für drucktragende Teile

a) Flachzeuge, Bänder, Bleche Unlegierter Stahl:

- EN 10207.1 Stahlsorten SPH 235, SPH 265, SPHL 275
- EN 10028.2 Stahlsorten P235 GH, P265 GH
- EN 10025 Stahlsorten S 235 J2 G3, S 235 J2 G4, S 235 JR G2C
- EN 10130* Stahlsorten Fe P03, Fe P04
- EN 10111* Stahlsorten DD11, DD12, DD13

Nichtrostender Stahl

- prEN 10028.7

b) Rohre Unlegierter Stahl:

- prEN 10216.1/2 (nahtlos) Stahlsorten SP T360, SP T410
- prEN 10217.1/2 (geschweißt) Stahlsorten SP T360, SP T410

Nichtrostender Stahl

- prEN 10216.5 (nahtlos)
- prEN 10217.7 (geschweißt)

* Eingeschränkte Verwendung, siehe 6.3.1

** Siehe Hinweis in 6.3.1.5

c) Schmiedestücke
Unlegierter Stahl:

– prEN 10222.2

Nichtrostender Stahl

– prEN 10222.6

5.3 Zusätzliche Werkstoffe

Werkstoffe, die in 5.1 bzw. 5.2 nicht aufgeführt sind, sind in Abhängigkeit einer EAM oder einem Werkstoff-Einzelgutachten zulässig.

5.4 Zubehöerteile für die Gefäßverstärkung

Zubehöerteile (Schrauben, Muttern, Rohre, Stützen etc.) sind aus Stahl zu fertigen, der mit den für die Herstellung der hauptdrucktragenden Teile verwendeten Werkstoffen kompatibel ist. Diese Teile müssen bei in Längsrichtung angeordneten Proben eine Bruchdehnung A von mindestens 14 % aufweisen. Schrauben nach ISO 898-1, Festigkeitsklassen 5.6 bzw. 8.8 und Muttern nach ISO 898-2, Festigkeitsklassen 5 bzw. 8, jedoch mit einer Bruchdehnung von mindestens 12 %, gelten als geeignet.

5.5 Nicht drucktragende Teile

Alle mit den Gefäßen verschweißten nicht drucktragenden Teile sind aus Werkstoffen zu fertigen, die mit den Werkstoffen der Teile, mit denen sie verschweißt werden, kompatibel sind.

6 Konstruktion und Berechnungen

6.1 Konstruktion

6.1.1 Anforderungen bezüglich der Membrane

Scharfe Ecken und Kanten (Rillen, Schweißraupen etc.) sind an den Stellen des Gefäßinnenraumes unzulässig, die mit der Membrane in Kontakt kommen.

In das Gefäß reichende Teile, die zu einer Beschädigung der Membrane führen können, sind nicht zulässig.

Örtliche Wölbungen der Innenfläche sind nur zulässig, wenn die maximal mögliche lineare Dehnung der in die Wölbung gepressten Membrane nicht mehr als 10 % der Bruchdehnung des Membranenwerkstoffes beträgt.

Öffnungen in der Gefäßwand müssen so ausgeführt sein, dass die Membrane nicht durch Kontakt mit der Öffnung beschädigt werden kann.

Die Fugengröße bei Überlappstößen darf an keiner Stelle die doppelte Membranendicke übersteigen.

Die Abmessungen von Gefäß und Membrane sind so aufeinander abzustimmen, dass die Membrane in keinem Betriebszustand bis zur Beschädigung gedehnt werden kann.

6.1.2 Anforderungen an den Einsatz in Frischwassersystemen

Metallteile, die während des normalen Gefäßbetriebes in Kontakt mit Wasser kommen, müssen aus nichtrostendem Stahl gefertigt und korrosionsbeständig sein oder über einen entsprechenden Korrosionsschutz verfügen.

6.1.3 Außenflächen

Das Gefäß und seine Außenteile sind so zu gestalten, dass Beschädigungen vermieden werden (z. B. durch Grate und scharfe Kanten). Gefäße aus unlegiertem Stahl müssen vor äußeren Korrosionseinflüssen geschützt werden.

6.1.4 Öffnungen

6.1.4.1 Gefäße mit nicht austauschbaren Membranen brauchen keine Öffnungen aufzuweisen.

6.1.4.2 Gefäße mit austauschbaren Membranen müssen eine ausreichend große Öffnung aufweisen, damit die Membrane gewechselt werden kann. Diese Öffnung dient zu Prüfzwecken.

6.1.4.3 Gefäße mit austauschbaren Membranen mit zusätzlichen Zwischenräumen müssen eine Prüföffnung mit einem Innendurchmesser von ≥ 30 mm in dem zusätzlichen Zwischenraum aufweisen, damit das Gefäß innen geprüft werden kann.

6.1.5 Anschlüsse

6.1.5.1 Mindestgröße der Wasseranschlüsse für Ausdehnungsgefäße

Gefäßvolumen [l]	Anschluss
$V \leq 12$	DN 12 (3/8")
$12 < V \leq 25$	DN 15 (1/2")
$25 < V \leq 600$	DN 20 (3/4")
$600 < V \leq 1000$	DN 25 (1")
$1000 < V \leq 2000$	DN 32 (1 1/4")
$2000 < V$	DN 40 (1 1/2")

DN = Nenndurchmesser

ANMERKUNG Bei Gefäßen in Frischwassersystemen können größere Anschlüsse erforderlich sein, dies ist abhängig von der Durchflussmenge.

6.1.5.2 Falls der Wasseranschluss mit einem Sieb beliebiger Art versehen ist, muss sein gesamter freier Querschnitt mindestens gleich dem freien Querschnitt des Anschlussrohres nach den Festlegungen in 6.1.5.1 sein.

6.1.6 Klemmverbindungen

Gefäße mit Klemmverbindungen werden verwendet, wenn die experimentelle Auslegungsmethode zur Ermittlung der Mindestwanddicke eingesetzt wird; daher beinhaltet diese Norm kein Berechnungsverfahren für diese Gefäße.

6.1.7 Volumentoleranzen der Gefäße

Das tatsächliche Gefäßvolumen ohne die Membrane muss bei Gefäßen bis 100 l mindestens 95 % und bei Gefäßen über 100 l mindestens 97 % des vom Hersteller angegebenen (Nenn-)Volumens betragen.

6.1.8 Ermüdung

Ausdehnungsgefäße nach dieser Europäischen Norm sind nur begrenzten Druckänderungen und Druckzyklen ausgesetzt. Die Ermüdung ist deshalb hier nicht berücksichtigt.

6.1.9 Belastungen

Ausdehnungsgefäße sind üblicherweise innen angebracht, äußere Belastungen sind daher nicht von Bedeutung. Bei Gefäßen, bei denen das Gewicht oder die Druckhöhe des Fluids berücksichtigt werden muss, sollte auf Teil 3 der UPVS verwiesen werden. Das gleiche gilt, wenn in den Anforderungen an das Gefäß Bedingungen festgelegt sind, die zu besonderen Belastungen führen.

6.2 Experimentelle Auslegungsmethode

6.2.1 Allgemeines

Die Ermittlung der geeigneten Wanddicke kann bei Gefäßen mit $PS \times V < 6\,000 \text{ bar l}$ durch die experimentelle Auslegungsmethode erfolgen.

Die Mindestwanddicke darf an keiner Stelle weniger als 0,8 mm betragen.

6.2.2 Vorbereitung

Die experimentelle Prüfung wird bei der Gefäßgröße innerhalb einer Familie durchgeführt, bei der unter Druck die schlechtesten Ergebnisse auftreten (normalerweise bei Gefäßen mit dem größten Durchmesser). Gefäße, die der Prüfung unterzogen werden, müssen der üblichen Produktion entsprechen, jedoch mit der Ausnahme, dass sie keine komplette Membrane enthalten dürfen.

Falls aus fertigungstechnischen Gründen die gesamte Membrane in das Gefäß eingebaut werden muss, sind in die Membrane Löcher zu schneiden, um sicherzustellen, dass sich auf beiden Seiten der Membrane Wasser befindet, so dass Undichtheiten ungeachtet ihrer Position zur Membrane sichtbar werden.

Besteht das ausgewählte Gefäß die Prüfung nicht, müssen zwei weitere Gefäße derselben Größe derselben Prüfung unterzogen werden. Die Konstruktion ist nur dann zulässig, wenn nun beide Gefäße die Prüfung bestehen. Das für die Prüfung verwendete Wasser muss Umgebungstemperatur haben. Die bleibende Verformung (Dehnung des Mantels) muss über den kleinsten Gefäßumfang gemessen werden.

Ein Prüfbericht muss erstellt werden, der alle notwendigen Informationen enthält, um den Prüfergebnissen Gültigkeit zu verleihen, einschließlich der Werkstoffbescheinigungen für die wichtigsten Teile des Gefäßes.

6.2.3 Gefäße mit $PS \times V \leq 1\,000 \text{ bar l}$

Die zu prüfenden Gefäße müssen vollständig mit Wasser gefüllt werden und anschließend mit einem Druck bis zu $2 \times PS$ (– 0 % + 5 %) beaufschlagt werden, wobei dieser Druck 5 Minuten lang gehalten wird. Während dieser Zeit dürfen keine Leckagen auftreten. Die bleibende Verformung darf nicht mehr als 1 % betragen.

6.2.4 Gefäße mit $1\,000 \text{ bar l} < PS \times V < 6\,000 \text{ bar l}$

Die zu prüfenden Gefäße müssen vollständig mit Wasser gefüllt werden und anschließend mit einem Druck bis zu $3 \times PS$ (– 0 % + 5 %) beaufschlagt werden, wobei dieser Druck 5 Minuten lang gehalten wird. Während dieser Zeit dürfen keine Leckagen auftreten. Die bleibende Verformung darf nicht mehr als 1 % betragen.

6.2.5 Gefäßteile und Bauteile

Bei Anwendung der experimentellen Auslegungsmethode für drucktragende Gefäßteile und Bauteile müssen diese einer experimentellen Prüfung bei $3 \times PS$ (– 0 % + 5 %) unterzogen werden, ungeachtet des $PS \times V$ des Gefäßes, wobei dieser Druck 5 Minuten lang gehalten wird. Während dieser Zeit dürfen keine Leckagen auftreten.

6.3 Berechnungsverfahren

6.3.1 Allgemeines

Die Stahlsorten Fe P03 und Fe P04 nach EN 10130 sowie die Stahlsorten DD11, DD12, DD13 nach EN 10111 dürfen nicht verwendet werden, wenn die Konstruktion nach diesem Abschnitt geprüft wird. Da diese Stahlsorten für Tiefziehverfahren bestimmt sind, eignen sich die in den jeweiligen Normen festgelegten mechanischen Werte nicht für das Berechnungsverfahren.

6.3.1.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt behandelt die Berechnung der üblicherweise für Ausdehnungsgefäße verwendeten Bauteile. Er basiert auf Teil 3 der UPVS.

Für Fälle, die durch diesen Abschnitt nicht abgedeckt sind, sollte auf die UPVS verwiesen werden.

6.3.1.2 Symbole

Für allgemeine Symbole sollte auf Abschnitt 4 der vorliegenden Norm verwiesen werden. Symbole, die nur in bestimmten Abschnitten verwendet werden, sind am Beginn des jeweiligen Abschnittes aufgeführt.

6.3.1.3 Auslegungsdruck

Der Auslegungsdruck wird vom Gefäßhersteller bestimmt.

6.3.1.4 Auslegungstemperatur

Die für die Auslegung des Gefäßes einzusetzende Temperatur muss vom Gefäßhersteller innerhalb der Grenzwerte - 10 °C bis + 110 °C bestimmt werden.

ANMERKUNG 1 Der obere Grenzwert von 110 °C ist nur aus rein rechnerischen Gründen festgelegt. Er ist für den Gefäßbetrieb nicht relevant, da bis auf sehr spezielle Gummiwerkstoffe die Membrane im Gefäß nicht bei Temperaturen über 70 °C betrieben werden darf.

ANMERKUNG 2 Der obere Grenzwert von 110 °C kann bei Warmwasserheizsystemen mit einer Zulassungstemperatur bis 120 °C formale Probleme bereiten. Die Sicherheit des Gefäßes wird davon jedoch nicht betroffen.

6.3.1.5 Zulässige Spannungen

Andere als austenitische Stähle

$$f = \text{MIN} \left(\frac{R_{p0,2t}}{1,5}, \frac{R_{m/20}}{2,4} \right) \quad \dots(6.3-1)$$

Wenn $R_{p0,2t}$ in der Werkstoffnorm nicht festgelegt ist, $f = \frac{R_{m/20}}{2,8}$

Austenitische Stähle mit $A \geq 30 \%$

$$f = \frac{R_{p1,0t}}{1,5} \quad \dots(6.3-2)$$

Austenitische Stähle mit A ≥ 35 %

$$f = \frac{R_{p1,0H}}{1,5} \text{ oder } \text{MIN} \left(\frac{R_{p1,0H}}{1,2}, \frac{R_{mH}}{3} \right) \quad \dots(6.3-3)$$

6.3.1.6 Schweißnahtfaktor

Der Schweißnahtfaktor muss vom Hersteller gewählt werden.

$z = 1$ ZfP an jedem Gefäß

$z = 0,85$ Punktweise ZfP

$z = 0,7$ nur Sichtprüfung

Einzelheiten siehe 7.8.5.

6.3.1.7 Zuschläge

6.3.1.7.1 Zuschläge zur Berücksichtigung der Wanddickenunterschreitung und Fertigungstoleranzen

Bei ferritischen Stählen ist als Toleranz für die Wanddicke δ_c die nach den einschlägigen Maßnormen zulässige Minustoleranz für das fertige Bauteil in die Berechnung einzusetzen. Bei austenitischen Stählen müssen die Blechtoleranzen nicht in Betracht gezogen zu werden. Bedingt der Fertigungsprozess Wanddickenminderungen, muss die mit $\delta_c = 0$ errechnete Wanddicke in der Zeichnung vermerkt werden.

6.3.1.7.2 Korrosionszuschläge

In dieser Norm werden keine Korrosionszuschläge angegeben.

6.3.2 Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck

6.3.2.1 Besondere Symbole

D_e Außendurchmesser der Schale

e erforderliche Wanddicke der Schale

z Schweißnahtfaktor (Längsnaht)

6.3.2.2 Zylinderschalen

Die erforderliche Wanddicke e ergibt sich durch

$$e = \frac{p_c \cdot D_e}{2f \cdot z + p_c} \quad \dots(6.3-4)$$

6.3.2.3 Kugelschalen

Die erforderliche Wanddicke e ergibt sich durch

$$e = \frac{p_c \cdot D_e}{4f \cdot z + p_c} \quad \dots(6.3-5)$$

6.3.3 Gewölbte Böden unter Innendruck

6.3.3.1 Anwendungsbereich

Diese Berechnungsregeln gelten für gewölbte Böden in torisphärischer, elliptischer und Halbkugelform, ungeschweißt (d. h. aus einem Stück aus Blech gefertigt).

6.3.3.2 Besondere Symbole

β Funktion von e/R und r/D_i für torisphärische Böden nach Bild 6.3-2

e erforderliche Wanddicke der Krempe

D_e Außendurchmesser des Bodens

D_i Innendurchmesser des Bodens

h_i Innenhöhe des elliptischen Bodens

$K = D_i/2h_i$, Formfaktor für einen elliptischen Bodens

R Kugelinnenradius im Mittelbereich des torisphärischen Bodens

r Innenradius der Krempe

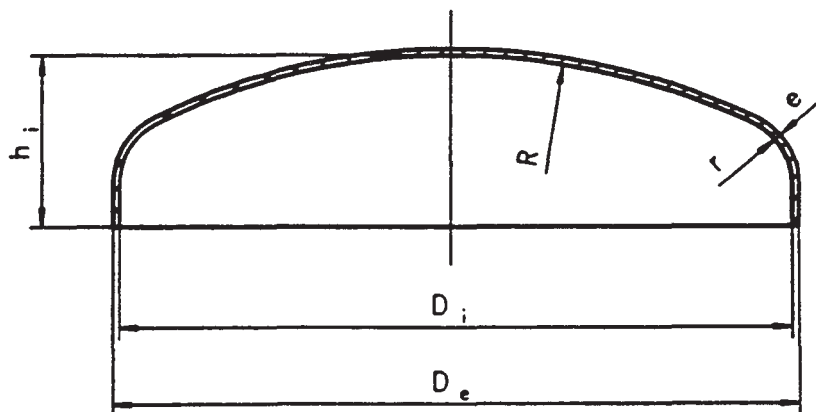


Bild 6.3-1 — Gewölbter Boden

6.3.3.3 Halbkugelboden

Die erforderliche Dicke eines Halbkugelbodens ergibt sich aus Gleichung 6.3-5.

6.3.3.4 Torisphärische Böden

Ein torisphärischer Boden besteht aus einer Kugelkalotte, einer torusförmigen Krempe und einer zylindrischen Schale. Die drei Teile haben an den Berührungslinien gemeinsame Tangenten.

Die nachstehenden Regeln gelten nur für Böden, die die folgenden Bedingungen erfüllen:

- a) $r \leq 0,2 D_i$;
- b) $r \geq 0,06 D_i$
- c) $r \geq 2 e$
- d) $e \leq 0,08 D_e$
- e) $e > 0,005 D_i$ (falls diese Bedingung nicht erfüllt wird, muss e zusätzlich auf plastisches Beulen überprüft werden (siehe Teil 3 der UPVS))
- f) $R \leq D_e$

Die erforderliche Wanddicke e ergibt sich aus

$$e = \frac{\beta \cdot p_e \cdot (0,75 \cdot R + 0,2 \cdot D_i)}{f} \quad \dots(6.3-6)$$

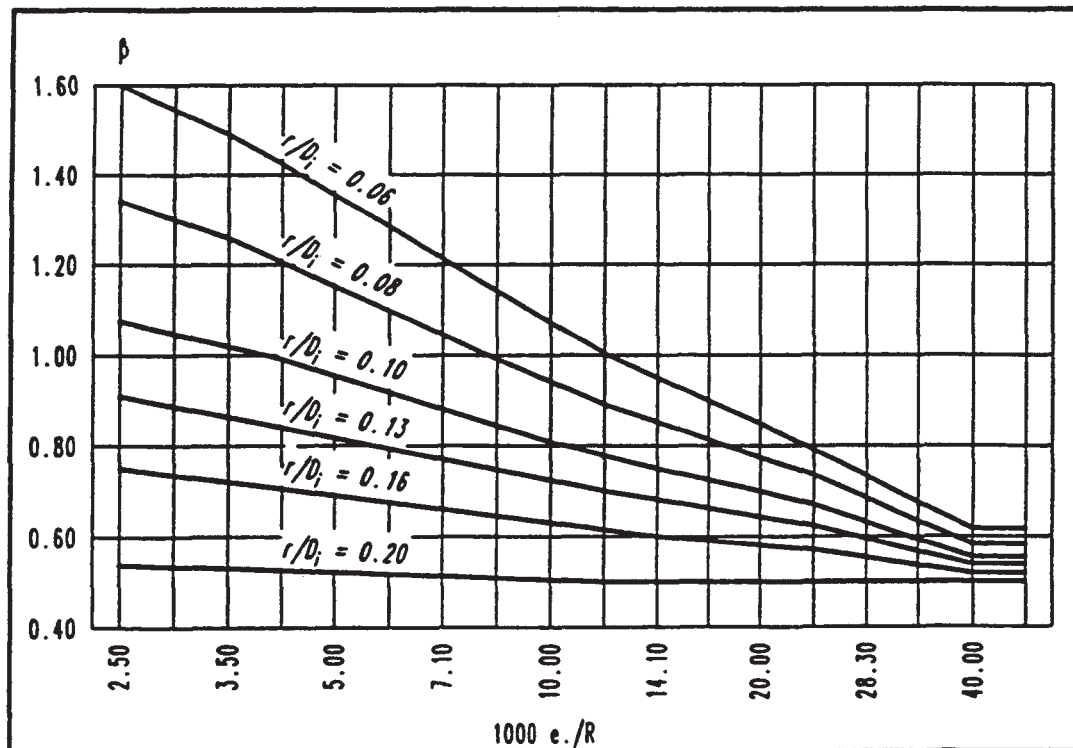


Bild 6.3-2 — Auslegung für torisphärische Böden (Berechnungsbeiwert β)

6.3.3.5 Elliptische Böden

Ein elliptischer Boden wird mit einer elliptischen Vollform gefertigt.

Diese Regeln gelten nur für Böden mit $1,7 < K < 2,2$.

Elliptische Böden müssen wie nominell äquivalente torisphärische Böden berechnet werden mit:

$$r / D_i = 0,5 / K - 0,08 \text{ und} \quad \dots(6.3-7)$$

$$R / D_i = 0,44 K + 0,02 \quad \dots (6.3-8)$$

6.3.3.6 Stützen im Krepfenbereich

Für die Berechnung von Stützen im Krepfenbereich siehe UPVS Teil 3.

6.3.4 Ausschnitte in Zylinderschalen, Kugelschalen und gewölbten Böden

6.3.4.1 Anwendungsbereich

Das Berechnungsverfahren in diesem Abschnitt gilt für Zylinderschalen, Kugelschalen und gewölbte Böden mit kreisrunden oder elliptischen Ausschnitten. Es gilt nicht für benachbare Ausschnitte, schräg angeordnete Stützen oder Ausschnitte in der Nähe von Störstellen (z.B.: Schweißnähte). Dazu sollte auf Teil 3 der UPVS verwiesen werden.

6.3.4.2 Allgemeines

Das Verhältnis zwischen der maximalen Breite eines Ausschnitts (oder dem Innendurchmesser eines Stützens) und dem Innendurchmesser der Schale muss im allgemeinen die folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{d}{2 \cdot r_{is}} \leq 0,3 \quad \dots(6.3-9)$$

Ferner darf bei Kugelschalen und gewölbten Böden das Verhältnis d/D_e den Wert 0,6 nicht überschreiten. In allen anderen Fällen sollte auf Teil 3 der UPVS verwiesen werden.

Zylinderschalen, Kugelschalen und gewölbte Böden mit Ausschnitt müssen ausreichend verstärkt werden. Der verstärkte Bereich einer Schale mit Ausschnitt kann nicht direkt berechnet werden, sondern muss zunächst geschätzt werden. Dieser angenommene Wert muss überprüft werden. Ist das Ergebnis der Überprüfung nicht ausreichend, muss die Berechnung mit einem abgeänderten Annahmewert wiederholt werden. Stützen, Verstärkungsringe und Verstärkungsscheiben können nur dann als Ausschnittverstärkungen gelten, wenn sie mit entsprechenden Schweißnähten mit der Schale verbunden sind. Sie können zusammen oder einzeln verwendet werden.

Eine Verstärkung muss in allen Ebenen durch die Achse des Ausschnitts oder Stützens ausreichend bemessen sein. Bei elliptischen Ausschnitten dürfen elliptische Stützen bei der Berechnung der Verstärkung nicht berücksichtigt werden und das Verhältnis zwischen dem größeren und kleineren Maß darf den Wert 2 nicht überschreiten. Bei elliptischen Ausschnitten in Zylinderschalen muss das Maß in Richtung der Mantellinie als der Durchmesser für die Berechnung eingesetzt werden, während in Kugelschalen und gewölbten Böden das größte Maß des Ausschnitts eingesetzt werden muss.

Wenn ein Ausschnitt einen Durchmesser (oder maximale Breite) d hat, der die folgende Bedingung erfüllt:

$$d \leq \sqrt{(2 \cdot r_{is} + e_{a,s})} \cdot e_{as} \quad \dots(6.3-10)$$

gilt er als "kleiner Ausschnitt" und braucht keine Verstärkung.

6.3.4.3 Symbole und Einheiten

a	Abstand zwischen dem Ausschnittmittelpunkt und der Außenkante eines Stutzens oder Ringes, gemessen entlang des Schalenabschnitts mittlerer Dicke, für den die Verstärkung eines Ausschnitts berechnet werden muss; falls kein Stutzen oder Ring vorhanden ist, ist a der Abstand zwischen der Mitte und der Innenkante des Ausschnitts	mm
A_f	spannungsbeanspruchte Querschnittsfläche, die als Verstärkung wirkt	mm ²
A_{fb}	A_f des Stutzens	mm ²
A_{fp}	A_f der Verstärkungsscheibe	mm ²
A_{fr}	A_f des Verstärkungsringes	mm ²
A_{fs}	A_f der Schalenwand (Grundkörper)	mm ²
A_p	druckbeanspruchte Fläche	mm ²
A_{ps}	A_p der Schale (Grundkörper)	mm ²
A_{pb}	A_p des Stutzens	mm ²
A_{pr}	A_p des Verstärkungsringes	mm ²
d	Durchmesser (oder maximale Breite) des Ausschnitts oder Innendurchmesser eines Stutzens	mm
d_e	Außendurchmesser	mm
d_{eb}	d_e des Stutzens	mm
d_{ep}	d_e der Verstärkungsscheibe	mm
d_{er}	d_e des Verstärkungsringes	mm
d_i	Innendurchmesser	mm
d_{ib}	d_i des Stutzens (d des Einschweißstutzens)	mm
d_{ip}	d_i der Verstärkungsscheibe	mm
d_{ir}	d_i des Verstärkungsringes	mm
D_c	mittlerer Durchmesser einer Zylinderschale an der Verbindungsstelle mit einem anderen Bauteil	mm
D_e	Außendurchmesser einer Zylinder- oder Kugelschale im Ausschnittmittelpunkt	mm
D_i	Innendurchmesser einer Zylinder- oder Kugelschale im Ausschnittmittelpunkt	mm
e_l	erforderliche Mindest-Wanddicke einer Zylinderschale an der Verbindungsstelle mit einem anderen Bauteil	mm
e_b	erforderliche Wanddicke eines Stutzens (oder mittlere Wanddicke über die Länge l_{bo} oder l_{bio})	mm
$e_{a, b}$	Berechnungswanddicke eines zur Verstärkung dienenden Stutzens	mm
e_p	erforderliche Wanddicke einer Verstärkungsscheibe	mm
$e_{a, p}$	Berechnungswanddicke einer Verstärkungsscheibe zur Verstärkungsberechnung	mm
e_r	erforderliche Wanddicke eines Verstärkungsringes	mm
$e_{a, r}$	Berechnungswanddicke eines Verstärkungsringes zur Verstärkungsberechnung	mm