

DIN EN 12516-2



ICS 23.060.01

Ersatz für
DIN 3840:1982-09

**Industriearmaturen –
Gehäusefestigkeit –
Teil 2: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von
Armaturen aus Stahl;
Deutsche Fassung EN 12516-2:2004**

Industrial valves –
Shell design strength –
Part 2: Calculation method for steel valve shells;
German version EN 12516-2:2004

Robinetterie industrielle –
Résistance mécanique des enveloppes –
Partie 2: Méthode de calcul relative aux enveloppes d'appareils de robinetterie en acier;
Version allemande EN 12516-2:2004

Gesamtumfang 92 Seiten

Normenausschuss Armaturen (NAA) im DIN

Die Europäische Norm EN 12516-2:2004 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm ist vom Technischen Komitee CEN/TC 69 „Industriearmaturen“ (Sekretariat: Frankreich) unter deutscher Mitwirkung ausgearbeitet worden.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NAA-69/1 „Grundnormen“ des Normenausschusses Armaturen (NAA).

Änderungen

Gegenüber DIN 3840:1982-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung der Bestimmung des Prüfdrucks (Abschnitt 5.2);
- b) Ermittlung der zulässigen Spannzangen in Übereinstimmung mit der EU-Richtlinie 97/23/EG (Abschnitt 6);
- c) Erweiterung der Dimensionierung ovaler Flansche (Abschnitt 10.3);
- d) Neuaufnahme eines Berechnungsverfahrens für Stopfbuchsen (Abschnitt 11);
- e) Änderung des Ermüdungsnachweises (Abschnitt 12);
- f) Überarbeitung der Kennwerte für Dichtungen und Verbindungen (Anhang B);
- g) Vollständige redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgabe

DIN 3840: 1982-09

Deutsche Fassung

**Industriearmaturen - Gehäusefestigkeit - Teil 2:
Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von
Armaturen aus Stahl**

Industrial valves - Shell design strength - Part 2:
Calculation method for steel valve shells

Robinetterie industrielle - Résistance mécanique des
enveloppes - Partie 2: Méthode de calcul relative aux
enveloppes d'appareils de robinetterie en acier

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. April 2004 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 Management-Zentrum 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 Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Symbole und Einheiten	6
4 Allgemeine Bedingungen für die Festigkeitsberechnung	7
5 Auslegungsdruck	7
6 Zulässige Spannungen für drucktragende Teile außer Schrauben	8
6.1 Allgemeines.....	8
6.2 Andere Stähle und Gussstücke als in 6.3, 6.4 oder 6.5 festgelegt.....	8
6.3 Austenitischer Stahl und austenitischer Stahlguss mit einer Mindestbruchdehnung nicht unter 30 %.....	8
6.4 Austenitischer Stahl und austenitischer Stahlguss mit einer Mindestbruchdehnung nicht unter 35 %.....	9
6.5 Unlegierter und niedriglegierter Stahlguss.....	9
6.6 Kriechbedingungen.....	9
7 Berechnungsverfahren für die Wanddicke von Gehäusekörpern	9
7.1 Allgemeines.....	9
7.2 Gehäusekörper.....	10
8 Berechnungsverfahren für verschraubte Oberteile und Deckel	30
8.1 Allgemeines.....	30
8.2 Oberteile aus ebenen Platten.....	30
8.3 Deckel aus einer Kugelschale und einem anschließenden Flanschring.....	48
8.4 Gewölbte Böden.....	52
9 Berechnungsverfahren für druckdichtende Oberteile und Deckel	57
10 Berechnungsverfahren für Flansche	59
10.1 Allgemeines.....	59
10.2 Runde Flansche.....	59
10.3 Ovale Flansche.....	67
10.4 Rechteckige oder quadratische Flansche.....	70
10.5 Berechnungsverfahren für Schraubendurchmesser.....	72
10.6 Auslegungstemperatur.....	73
11 Berechnungsverfahren für Stopfbuchsen	73
11.1 Belastungen.....	73
11.2 Stopfbuchsschrauben.....	74
11.3 Stopfbuchsbrillen.....	74
11.4 Sonstige Bauteile.....	74
12 Ermüdung	74
13 Kennzeichnung	74
Anhang A (informativ) Zulässige Spannungen	75
Anhang B (informativ) Kennwerte für Dichtungen und Verbindungen	79
Anhang C (informativ) Berechnungsverfahren	88
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 97/23/EG (DGRL)	89
Literaturhinweise	90

Vorwort

Dieses Dokument (EN 12516-2:2004) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 69 „Industriearmaturen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2004 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

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

EN 12516, *Industriearmaturen — Gehäusefestigkeit*, besteht aus vier Teilen:

- *Teil 1: Tabellenverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl*
- *Teil 2: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl*
- *Teil 3: Experimentelles Verfahren*
- *Teil 4: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus anderen metallischen Werkstoffen als Stahl*

Die Anhänge A, B und C sind informativ.

Das Dokument enthält Literaturhinweise.

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

Einleitung

EN 12516, *Industriearmaturen — Gehäusefestigkeit*, umfasst vier Teile. Die Teile 1 und 2 legen Verfahren zur Bestimmung der Wanddicke der drucktragenden Gehäuse von Armaturen aus Stahl nach dem Tabellen- bzw. Berechnungsverfahren fest. Teil 3 legt ein experimentelles Verfahren zur Bewertung der Festigkeit von drucktragenden Armaturengehäusen aus Stahl, Gusseisen und Kupferlegierung fest, indem ein erhöhter hydrostatischer Prüfdruck bei Umgebungstemperatur aufgebracht wird. Teil 4 legt Verfahren für die Berechnung der Wanddicke von drucktragenden Gehäusen von Armaturen aus anderen metallischen Werkstoffen als Stahl fest.

Das Berechnungsverfahren nach Teil 2 ist insoweit mit DIN 3840 vergleichbar, dass der Konstrukteur die Wanddicke für jeden Punkt auf der Druck/Temperatur-Kurve berechnet, wobei er die für die Werkstoffe zulässige Spannung bei der von ihm gewählten Temperatur einsetzt (vgl. Literaturhinweise [1]). Die zulässige Spannung wird auf der Grundlage der Werkstoffeigenschaften mit den in Teil 2 festgelegten Sicherheitsfaktoren errechnet. Nach den Gleichungen in Teil 2 gilt die Armatur als Druckbehälter, und es wird sichergestellt, dass keine übermäßige Verformung oder plastische Instabilität auftritt.

Das Tabellenverfahren nach Teil 1 ist insoweit mit ASME B 16.34 vergleichbar, dass der Konstrukteur die geforderte Mindestwanddicke des Armaturengehäuses aus einer Tabelle entnehmen kann (vgl. Literaturhinweise [2]). Der Innendurchmesser des geraden Rohres, in das die Armatur eingebaut wird, ist das Bezugsmaß, aus dem die Tabellenwerte der Gehäusewanddicken errechnet werden.

Die Tabellenwerte der Wanddicken nach Teil 1 sind die Mindest-Wanddicken im Abzweigbereich. Sie werden errechnet, indem eine zulässige Spannung gleich 118 N/mm^2 und ein Berechnungsdruck, p_c , in N/mm^2 eingesetzt werden. Die Werte für den Berechnungsdruck, p_c , und die zur Berechnung der Wanddicke angewendete Gleichung sind in Teil 1 enthalten.

Teil 1 legt Druck/Temperatur-Zuordnungen für drucktragende Armaturengehäuse als Standard- und Spezial-Zuordnungen fest, mit den in den Tabellen festgelegten Wanddicken. Diese tabellarisch dargestellten Druck/Temperatur-Zuordnungen gelten für eine Gruppe von Werkstoffen und werden mit einer gewählten Spannung errechnet, die nach den für diese Gruppe repräsentativen Werkstoffeigenschaften unter Verwendung der in Teil 1 festgelegten Sicherheitsfaktoren bestimmt wird.

Jede tabellarisch dargestellte Druck/Temperatur-Zuordnung erhält als Kennung eine Referenz-Druckbezeichnung. Die Bezeichnung B (Gehäuse) für den Druck wird zur Unterscheidung der für Flansche geltenden PN-Bezeichnung verwendet, da die Richtlinien zur Bestimmung der Druck/Temperatur-Zuordnungen für die B- und PN-Bezeichnungen unterschiedlich sind.

Wenn ein Armaturengehäuse nach Teil 1 mit PN-bezeichneten Flanschenden versehen ist, wird der Konstrukteur die in Teil 1 festgelegten Anforderungen beachten, um sicherzustellen, dass das Armaturengehäuse nicht schwächer ist als der Flansch.

Die maximal zulässigen Drücke für Special-Zuordnungen sind höher als die für Standard-Zuordnungen, da es mit einer zusätzlichen zerstörungsfreien Prüfung des Gehäuses für die Spezial-Zuordnung ermöglicht wird, bei der Berechnung des zulässigen Druckes niedrigere Sicherheitsfaktoren einzusetzen.

Der Vorteil des Berechnungsverfahrens liegt darin, dass es für einen speziellen Anwendungsfall die effizienteste Auslegung ermöglicht, indem die zulässigen Spannungen für den tatsächlich für diesen Anwendungsfall gewählten Werkstoff eingesetzt werden.

Der Vorteil des Tabellenverfahrens, das ungeachtet des Gehäusewerkstoffes eine festgelegte Reihe von Gehäuseabmessungen beinhaltet, ist die Möglichkeit, über gemeinsame Modelle und Schmiedegesenke zu verfügen. Die zulässige Druck/Temperatur-Zuordnung des jeweiligen Werkstoffes variiert proportional zu den für die zugehörige Werkstoffgruppe gewählten Spannungen.

Die beiden Verfahren beruhen auf unterschiedlichen Annahmen und deshalb ist die detaillierte Analyse unterschiedlich (siehe Literaturhinweise [7]). Beide Verfahren bieten eine sichere und erprobte Methode, drucktragende Teile für Armaturengehäuse zu konstruieren.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von EN 12516 legt das Verfahren zur Berechnung der Festigkeit des drucktragenden Gehäuses gegen den Innendruck der Armatur fest.

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 (einschließlich Änderungen).

EN 19, *Industriearmaturen — Kennzeichnung von Armaturen aus Metall.*

EN 1092-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile nach PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche.*

EN 1515-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern — Teil 1: Auswahl von Schrauben und Muttern.*

EN 1591-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 1: Berechnungsmethode.*

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

3 Symbole und Einheiten

Die folgenden Symbole werden verwendet:

Tabelle 1 — Symbole und Einheiten

Symbol	Benennung	Einheit
A	Bruchdehnung	%
B_n	Berechnungsbeiwert für ovalen Querschnitt	—
E	Elastizitätsmodul	MPa oder N/mm ²
e	Dicke	mm
f	Zulässige Spannung	MPa oder N/mm ²
f_d	Höchstwert der zulässigen Spannung für normale Lastfälle	MPa oder N/mm ²
$f_{d/t}$	Zulässige Spannung für Auslegungsbedingungen bei Temperatur t °C	MPa oder N/mm ²
f_{exp}	Zulässige Spannung für Ausnahmebedingungen	MPa oder N/mm ²
k_c	Schweißfaktor	—
p	Druck	MPa oder N/mm ²
p_c	Berechnungsdruck	MPa oder N/mm ²
p_d	Auslegungsdruck	MPa oder N/mm ²
PS	Zulässiger Druck des Systems	MPa oder N/mm ²
R_e	Streckgrenze	MPa oder N/mm ²
$R_{eH/t}$	Obere Streckgrenze bei Temperatur t °C	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
$R_{m/T/t}$	Zeitstandfestigkeit über T Stunden bei Temperatur t °C	MPa oder N/mm ²
$R_{p0,2}$	0,2 %-Dehngrenze	MPa oder N/mm ²
$R_{p0,2/t}$	0,2 %-Dehngrenze bei Temperatur t °C	MPa oder N/mm ²
$R_{p1,0}$	1,0 %-Dehngrenze	MPa oder N/mm ²
$R_{p1,0/t}$	1,0 %-Dehngrenze bei Temperatur t °C	MPa oder N/mm ²
$R_{p1,0/T/t}$	1,0 %-Dehngrenze im Zeitstandversuch (Zeitdehngrenze) über T Stunden bei t °C	MPa oder N/mm ²
SF	Sicherheitsfaktor	—
T	Zeit	h
t	Temperatur	°C
t_c	Berechnungstemperatur	°C
t_d	Auslegungstemperatur	°C
α	linearer Wärmeausdehnungsfaktor	K ⁻¹
β	Kegel-Berechnungsbeiwert	—
ε	Dehnung	%
μ	Poissonsche Zahl	—

4 Allgemeine Bedingungen für die Festigkeitsberechnung

Die Gleichungen 1 und 2 gelten hauptsächlich für statische Beanspruchungen durch Innendruck. Inwieweit diese Gleichungen auch bei schwellender Innendruckbeanspruchung zu Grunde gelegt werden können, wird in Abschnitt 12 beschrieben.

Die gesamte Wanddicke ergibt sich durch Hinzunahme der folgenden Zuschläge:

$$e_0 = e_{c0} + c_1 + c_2 \quad (1)$$

$$e_1 = e_{c1} + c_1 + c_2 \quad (2)$$

Dabei ist

e_{c0}, e_{c1} nach den Gleichungen dieser Norm berechnete Wanddicken an unterschiedlichen Stellen (siehe Bilder 1, 2, 5 und 8 bis 20);

c_1 Toleranzzuschlag des Herstellers;

c_2 Abnutzungszuschlag;

Die Werte für Abnutzungszuschlag sind:

$c_2 = 1 \text{ mm}$ für ferritische und ferritisch-martensitische Stähle;

$c_2 = 0 \text{ mm}$ für alle anderen Stähle.

Bei der Überprüfung der Wanddicke vorhandener drucktragender Gehäuse müssen diese Zuschläge von der tatsächlichen Wanddicke abgezogen werden.

5 Auslegungsdruck

Es müssen alle vorausschaubaren Bedingungen berücksichtigt werden, die während des Betriebes und im Bereitschaftsmodus auftreten können.

Deshalb muss der Auslegungsdruck p_d mindestens dem zulässigen Druck PS entsprechen.

6 Zulässige Spannungen für drucktragende Teile außer Schrauben

6.1 Allgemeines

Die zulässigen Spannungen für Stähle mit einer Mindestbruchdehnung $\geq 14\%$ und einer Mindestkerbschlagarbeit $\geq 27\text{ J}$, gemessen an einer Charpy-V-Probe, sollten nach Tabelle 2 errechnet werden.

Tabelle 2 — Zulässige Spannungen

Werkstoff	Auslegungsbedingungen	Kriechbedingungen
Stahl nach 6.2	$f = \min (R_{p0,2/t} / 1,5 ; R_{m/20} / 2,4)$	$f = R_{m/100\ 000/t} / 1,5$
Austenitischer Stahl und austenitischer Stahlguss nach 6.2	$f = \min (R_{p1,0/t} / 1,5 ; R_{m/20} / 2,4)$	$f = R_{m/100\ 000/t} / 1,5$
Austenitischer Stahl und austenitischer Stahlguss nach 6.3 mit einer Bruchdehnung $\geq 30\%$	$f = R_{p1,0/t} / 1,5$	$f = R_{m/100\ 000/t} / 1,5$
Austenitischer Stahl und austenitischer Stahlguss nach 6.4 mit einer Bruchdehnung $\geq 35\%$	$f = \max [R_{p1,0/t} / 1,5 ; \min (R_{p1,0/t} / 1,2 ; R_{m/t} / 3,0)]$	$f = R_{m/100\ 000/t} / 1,5$
Stahlguss nach 6.5	$f = \min (R_{p0,2/t} / 1,9 ; R_{m/20} / 3,0)$	$f = R_{m/100\ 000/t} / 1,9$
Anschweißenden an Stahlguss nach 6.5	$f = \min (R_{p0,2/t} / 1,5 ; R_{m/20} / 2,4)^a$	$f = R_{m/100\ 000/t} / 1,5$
^a Die unmittelbar außerhalb der mittragenden Länge l_0 bzw. l_1 liegende Übergangszone kann mit dieser höheren zulässigen Spannung berechnet werden, wenn die Länge der Übergangszone $\geq 3 \times e_c$ ist, jedoch mindestens 50 mm, und der Übergangswinkel $\leq 30^\circ$ ist.		

Es können jedoch Werkstoffe mit niedrigeren Bruchdehnungswerten und/oder niedrigeren Werten für den Kerbschlagbiegeversuch mit Charpy-V-Probe verwendet werden, vorausgesetzt, dass geeignete Maßnahmen zum Ausgleich für diese niedrigeren Werte ergriffen werden und die spezifischen Anforderungen überprüfbar sind.

6.2 Andere Stähle und Gussstücke als in 6.3, 6.4 oder 6.5 festgelegt

Der Höchstwert der zulässigen Spannung für normale Lastfälle, f_d , darf den kleineren der beiden folgenden Werte nicht überschreiten:

- die obere Streckgrenze $R_{eH/t}$ oder 0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2/t}$ bei Berechnungstemperatur, wie in der Werkstoffnorm angegeben, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 1,5$. Für austenitische Stähle und austenitischen Stahlguss mit einer Bruchdehnung kleiner als 30 % und mit einem Verhältnis zwischen 0,2 %-Dehngrenze und Zugfestigkeit $\leq 0,5$ — bei 20 °C — kann die 1 %-Dehngrenze $R_{p1,0/t}$, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 1,5$, verwendet werden.
- die Mindest-Zugfestigkeit R_m bei 20 °C, wie in der Werkstoffnorm angegeben, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 2,4$.

6.3 Austenitischer Stahl und austenitischer Stahlguss mit einer Mindestbruchdehnung nicht unter 30 %

Der Höchstwert der zulässigen Spannung für normale Lastfälle, f_d , darf die 1,0 %-Dehngrenze $R_{p1,0/t}$ bei Berechnungstemperatur, wie in der Werkstoffnorm angegeben, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 1,5$, nicht überschreiten.

ANMERKUNG Die zulässigen Spannungen nach diesem Abschnitt entsprechen der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG, Anhang 1, Abschnitt 7. Die Bezeichnung „zulässige Spannung“ bedeutet „zulässige allgemeine Membranspannung“ im Sinne dieser Richtlinie.

6.4 Austenitischer Stahl und austenitischer Stahlguss mit einer Mindestbruchdehnung nicht unter 35 %

Der Höchstwert der zulässigen Spannung für normale Lastfälle, f_d , darf den größeren der beiden folgenden Werte nicht überschreiten:

- die 1,0 %-Dehngrenze $R_{p\ 1,0/t}$ bei Berechnungstemperatur, wie in der Werkstoffnorm angegeben, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 1,5$;
- den kleineren der beiden Werte:
 - die 1,0 %-Dehngrenze $R_{p\ 1,0/t}$ bei Berechnungstemperatur, wie in der Werkstoffnorm angegeben, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 1,2$;
 - die Mindestzugfestigkeit $R_{m/t}$ bei Berechnungstemperatur, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 3,0$.

6.5 Unlegierter und niedriglegierter Stahlguss

Der Höchstwert der zulässigen Spannung für normale Lastfälle, f_d , darf den kleineren der beiden folgenden Werte nicht überschreiten:

- die obere Streckgrenze $R_{eH/t}$ oder 0,2 %-Dehngrenze $R_{p\ 0,2/t}$ bei Berechnungstemperatur, wie in der Werkstoffnorm angegeben, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 1,9$;
- die Mindestzugfestigkeit R_m bei 20 °C, wie in der Werkstoffnorm angegeben, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 3,0$.

6.6 Kriechbedingungen

Der Höchstwert der zulässigen Spannung für normale Lastfälle darf die mittlere Zeitstandfestigkeit bei Berechnungstemperatur, $R_{m/T/t}$, dividiert durch den Sicherheitsfaktor $SF = 1,5$, für den Wert $T = 100\ 000$ h nicht überschreiten.

Die in 6.2 bis 6.5 errechneten zulässigen Spannungen sind mit der in diesem Abschnitt errechneten zulässigen Spannung zu vergleichen, und der niedrigere Wert ist einzusetzen.

Für Stahlguss nach 6.5 gilt der Sicherheitsfaktor $SF = 1,9$ für den Wert $T = 100\ 000$ h.

Für begrenzte Betriebszeiten und in berechtigten Fällen können für die Berechnungen Zeitstandfestigkeitswerte für kürzere Zeitspannen, jedoch nicht unter $T = 10\ 000$ h, eingesetzt werden.

7 Berechnungsverfahren für die Wanddicke von Gehäusekörpern

7.1 Allgemeines

Gehäusekörper sind als Hohlkörper zu betrachten, die einander unter verschiedenen Winkeln durchdringen, d. h. Grundkörper mit Abzweigen.

Grundkörper und Abzweige können Rohre, Kugeln oder kegelförmige Hohlteile mit zylindrischen, kugeligen, ovalen oder rechteckigen Querschnitten sein.

In Sonderfällen besteht der Gehäusekörper nur aus einem Grundkörper.

Der Grundkörperteil ist der Teil des Gehäusekörpers mit dem größeren Durchmesser oder Querschnitt mit dem Symbol d_0 . Für die Abzweige sind die Symbole zum Beispiel d_1 , d_2 .

Daraus folgt:

$$d_0 \geq d_1; b_2 \geq d_1, \text{ siehe Bild 8}$$

7.2 Gehäusekörper

7.2.1 Allgemeines

Die Wanddicke eines Gehäusekörpers, der sich aus verschiedenen geometrischen Hohlkörpern zusammensetzt, kann nicht direkt berechnet werden. Die Berechnung erfordert zwei Schritte:

- die Berechnung der Wanddicke des Grundkörpers und der Abzweige außerhalb des Ausschnitts- bzw. Abzweigbereiches, siehe 7.2.2;
- die Berechnung der Wanddicke im Abzweigbereich, siehe 7.2.3.

Die Wanddicke des Abzweigbereiches ist unter Berücksichtigung des Gleichgewichts der Kräfte zu überprüfen, siehe 7.2.3.

7.2.2 Wanddicke von Gehäusekörpern und Abzweigen außerhalb des Abzweigbereiches

7.2.2.1 Allgemeines

Außerhalb des Ausschnitts- bzw. Abzweigbereiches bedeutet, dass der berechnete Hohlkörper in diesem Bereich keine Öffnungen oder Ausschnitte aufweist (z. B. ein glattes Rohr).

Der Schweißfaktor k_c in den nachfolgenden Gleichungen ist ein Berechnungsfaktor, der vom Umfang der zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfungen abhängt, dem die Schweißnaht bzw. Schweißnahtreihe zu unterziehen ist. Für den Schweißfaktor k_c gelten die folgenden Werte:

- 1,0 für Druckgeräte, bei denen durch zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen nachgewiesen wird, dass die gesamte Schweißnahtreihe keine wesentlichen Fehler aufweist;
- 0,85 für Druckgeräte, bei denen 10 % der Schweißnähte stichprobenweise zerstörungsfrei geprüft werden und alle Schweißnähte einer 100 %-Sichtprüfung unterzogen werden;
- 0,7 für Druckgeräte, die außer der 100 %-Sichtprüfung aller Schweißnähte keiner zerstörungsfreien Prüfung unterzogen werden;
- 1,0 ohne Schweißungen.

Alle berechneten Wanddicken sind Wanddicken ohne Zuschläge.

d_i = Innendurchmesser oder -radius

d_o = Außendurchmesser oder -radius

7.2.2.2 Zylindrische Grundkörper oder Abzweige

$$d_o/d_i \leq 1,7$$

$$e_c = \frac{d_i \times p}{(2 \times f - p) \times k_c} \quad (3)$$

oder

$$e_c = \frac{d_o \times p}{(2 \times f - p) \times k_c + 2 \times p} \quad (4)$$

7.2.2.3 Beide Gleichungen sind gleichwertig, wenn $d_i = d_o - 2 \times e_c$

7.2.2.4 Kugelige Grundkörper oder Abzweige

$$d_o/d_i \leq 1,2$$

$$e_c = \frac{r_i \times p}{(2 \times f - p) \times k_c} \quad (5)$$

oder

$$e_c = \frac{r_o \times p}{(2 \times f - p) \times k_c + p} \quad (6)$$

$$1,2 < d_o/d_i \leq 1,5$$

$$e_c = r_i \times \left[\sqrt{1 + \frac{2 \times p}{(2 \times f - p) \times k_c}} - 1 \right] \quad (7)$$

oder

$$e_c = r_o \times \frac{\sqrt{1 + \frac{2 \times p}{(2 \times f - p) \times k_c}} - 1}{\sqrt{1 + \frac{2 \times p}{(2 \times f - p) \times k_c}}} \quad (8)$$

Beide Gleichungen sind gleichwertig, wenn $r_i = r_o - e_c$

7.2.2.5 Kegelförmige Grundkörper oder Abzweige

$$e_c/d_o > 0,005$$

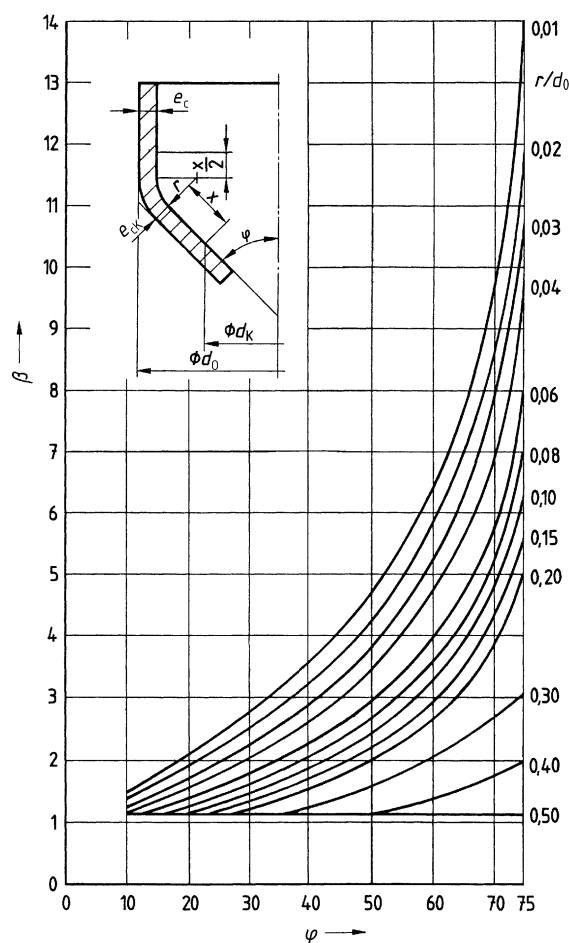


Bild 1 — Kegel-Berechnungsbeiwert

$$e_c = \frac{p \times d_K}{2 \times f \times k_c - p} \times \frac{1}{\cos(\varphi)} \quad (9)$$

Wanddicke in der Krempe bzw. einer Eck-Schweißung

$$e_{cK} = \frac{d_o \times p \times \beta}{4 \times f \times k_c} \quad (10)$$

e_{cK} ist auch im Bereich x und $\frac{x}{2}$ erforderlich

$$x = \sqrt{d_o \times e_c} \quad (11)$$

k_c ist hier ein Faktor für eine in der Krempe oder im Krempeneinflussbereich liegende, in Meridianrichtung verlaufende Schweißnaht.

Bei Eckschweißungen, die bei Winkeln $\varphi \leq 30^\circ$, $e_{cK} \leq 20$ mm und doppelseitig geschweißter Naht zulässig sind, ist β ersatzweise für das Verhältnis $r/d_o = 0,01$ aus Bild 1 abzulesen.

Bei Eckschweißungen entspricht der Durchmesser d_K dem Innendurchmesser am weiten Ende.

Bei flachen Kegeln mit Kreme und $\varphi > 70^\circ$ gilt:

$$e_c = 0,3 \times (d_0 - r) \times \frac{\varphi}{90} \times \sqrt{\frac{p}{f \times k_c}} \quad (12)$$

Tabelle 3 — Kegel-Berechnungsbeiwert

Winkel φ	β bei Verhältnis r/d_0												$\cos \varphi$
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	
10	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,985
20	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,940
30	2,7	2,4	2,2	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1	0,866
45	4,1	3,7	3,3	3,0	2,6	2,4	2,2	1,9	1,8	1,4	1,1	1,1	0,707
60	6,4	5,7	5,1	4,7	4,0	3,5	3,2	2,8	2,5	2,0	1,4	1,1	0,500
75	13,6	11,7	10,7	9,5	7,7	7,0	6,3	5,4	4,8	3,1	2,0	1,1	0,259

Wenn zwei kegelförmige Mäntel mit unterschiedlichen Winkeln aneinandergesetzt werden, muss zur Bestimmung von β der zwischen dem steileren und dem flacheren Kegelschuss auftretende Winkel φ ermittelt werden.

7.2.2.6 Grundkörper oder Abzweige mit ovalen oder rechteckigen Querschnitten

7.2.2.6.1 Allgemeines

Die folgenden Berechnungsregeln gelten für ovale bzw. rechteckige Gehäusekörper mit einem Wanddicken-/Durchmesser-Verhältnis $e_c/b_2 \leq 0,15$ und einem Verhältnis $b_1/b_2 \geq 0,4$.

Für Verhältnisse $e_c/b_2 \leq 0,06$ gelten diese Regeln bis $b_1/b_2 \geq 0,25$ (siehe Literaturhinweis [3]).

7.2.2.6.2 Bei ovalen Querschnitten (siehe Bild 2a)) und rechteckigen Querschnitten mit oder ohne Abrundungen der Kanten (siehe Bilder 2b) bis 2d)) sind die in den Wandungen bzw. in den Kanten auftretenden zusätzlichen Biegebeanspruchungen zu berücksichtigen.

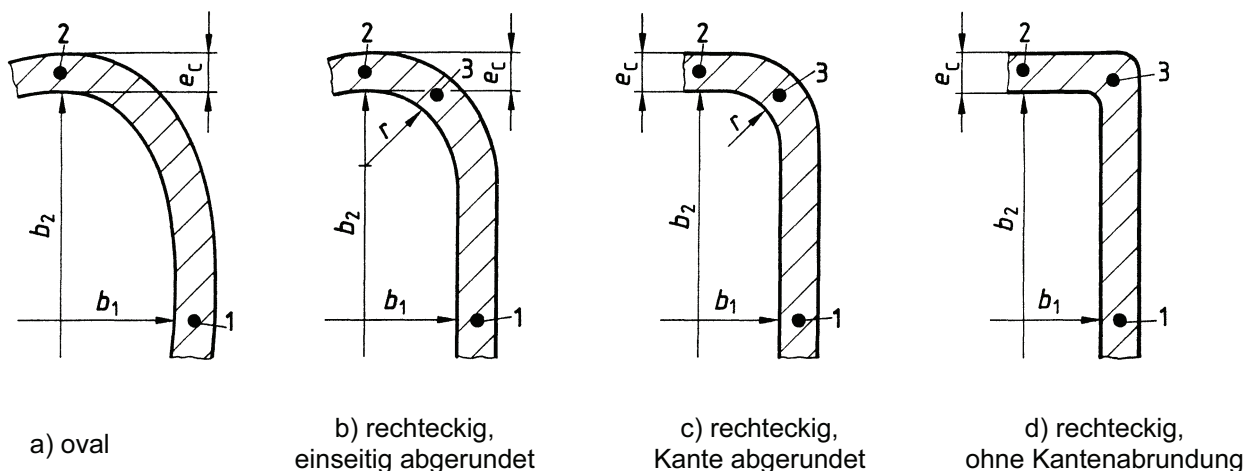


Bild 2 — Querschnitte

Die theoretische Mindestwanddicke für solche Grundkörper unter Innendruckbeanspruchung kann ohne Berücksichtigung von Randeinflüssen aus folgender Gleichung errechnet werden:

$$e_{c0} = \frac{p \times b_2}{2f} \times \sqrt{B_0^2 + \frac{4f}{p} \times B_n} \quad (13)$$

7.2.2.6.3 Die Berechnung muss bei ovalen Querschnitten für die in Bild 2 a) gekennzeichneten Stellen 1 und 2 und für rechteckige Querschnitte für die in den Bildern 2 b) bis 2 d) gekennzeichneten Stellen 1 und 3 durchgeführt werden, da an diesen Stellen die Biegemomente ihre Größtwerte aufweisen, die das Festigkeitsverhalten wesentlich beeinflussen. In Ausnahmefällen (z. B. ein niedriges b_1/b_2 -Verhältnis) kann bei rechteckigen Querschnitten auch eine Nachrechnung für Stelle 2 erforderlich sein.

7.2.2.6.4 Der von den Normalkräften abhängende Berechnungsbeiwert B_0 beträgt:

$$B_0 = b_1/b_2 \text{ für Stelle 1}$$

$$B_0 = 1 \text{ für Stelle 2}$$

Für Stelle 3 kann B_0 abhängig vom Seitenverhältnis b_1/b_2 und dem Eckradienverhältnis r/b_2 aus Bild 3 entnommen oder nach Gleichung (14) berechnet werden:

$$B_0 = \left[1 - \frac{2r}{b_2} (1 - \sin \varphi_k) \right] \sin \varphi_k + \left[\frac{b_1}{b_2} - \frac{2r}{b_2} (1 - \cos \varphi_k) \right] \cos \varphi_k \quad (14)$$

$$\text{mit } \tan \varphi_k = \frac{1 - 2r/b_2}{\frac{b_1}{b_2} - \frac{2r}{b_2}} \quad (15)$$

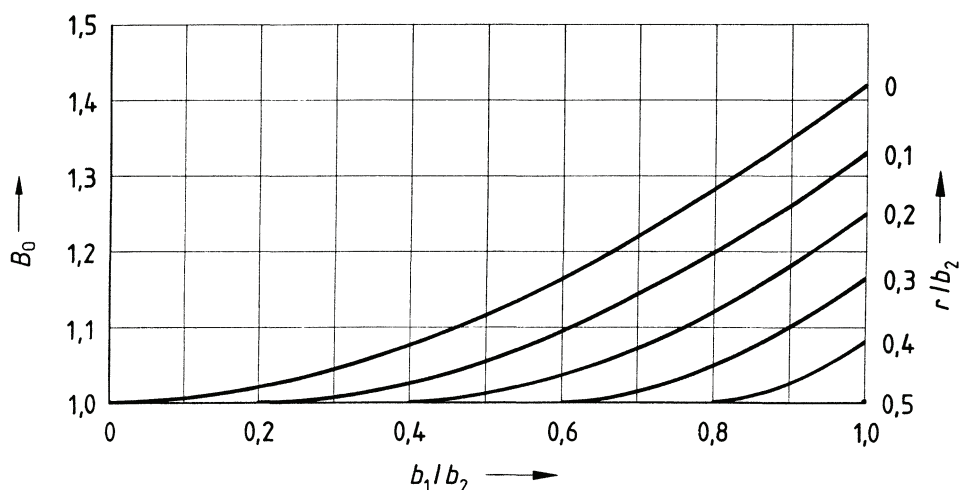


Bild 3 — Berechnungsbeiwert B_0 für Stelle 3

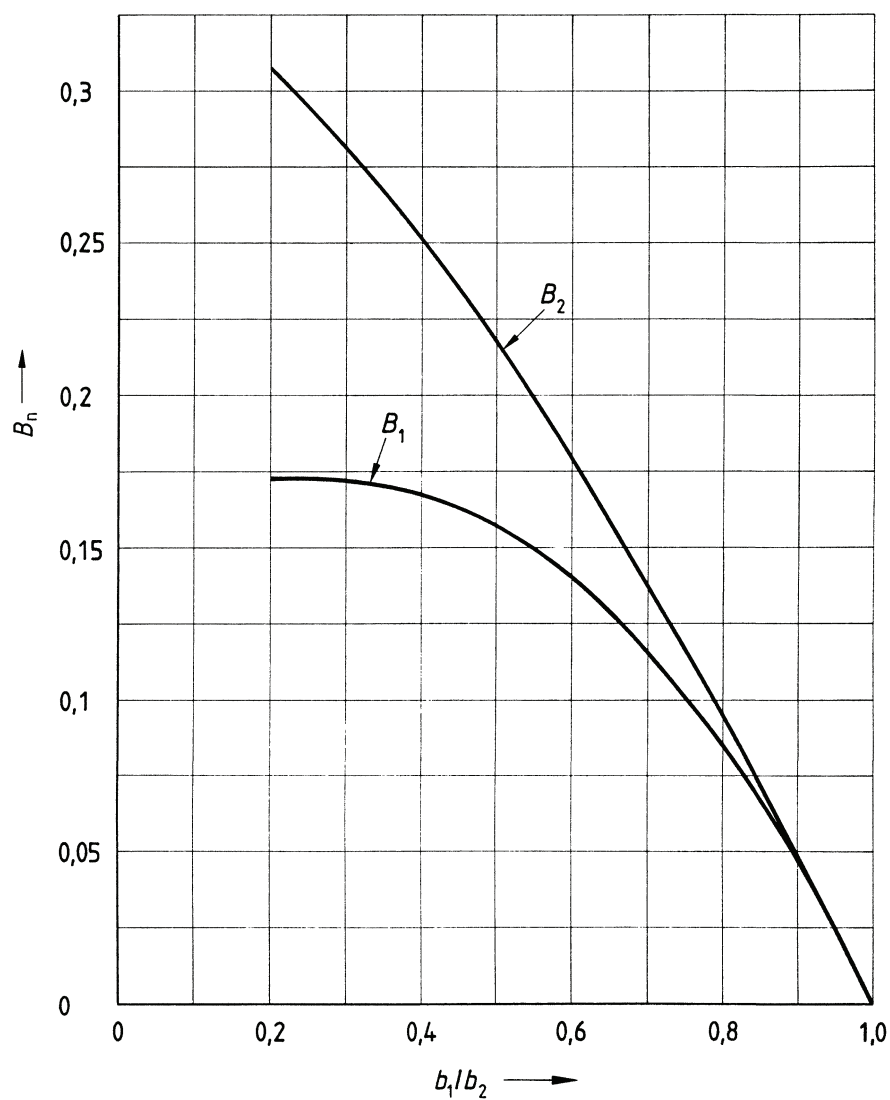


Bild 4 — Berechnungsbeiwert B_n für ovale Querschnitte

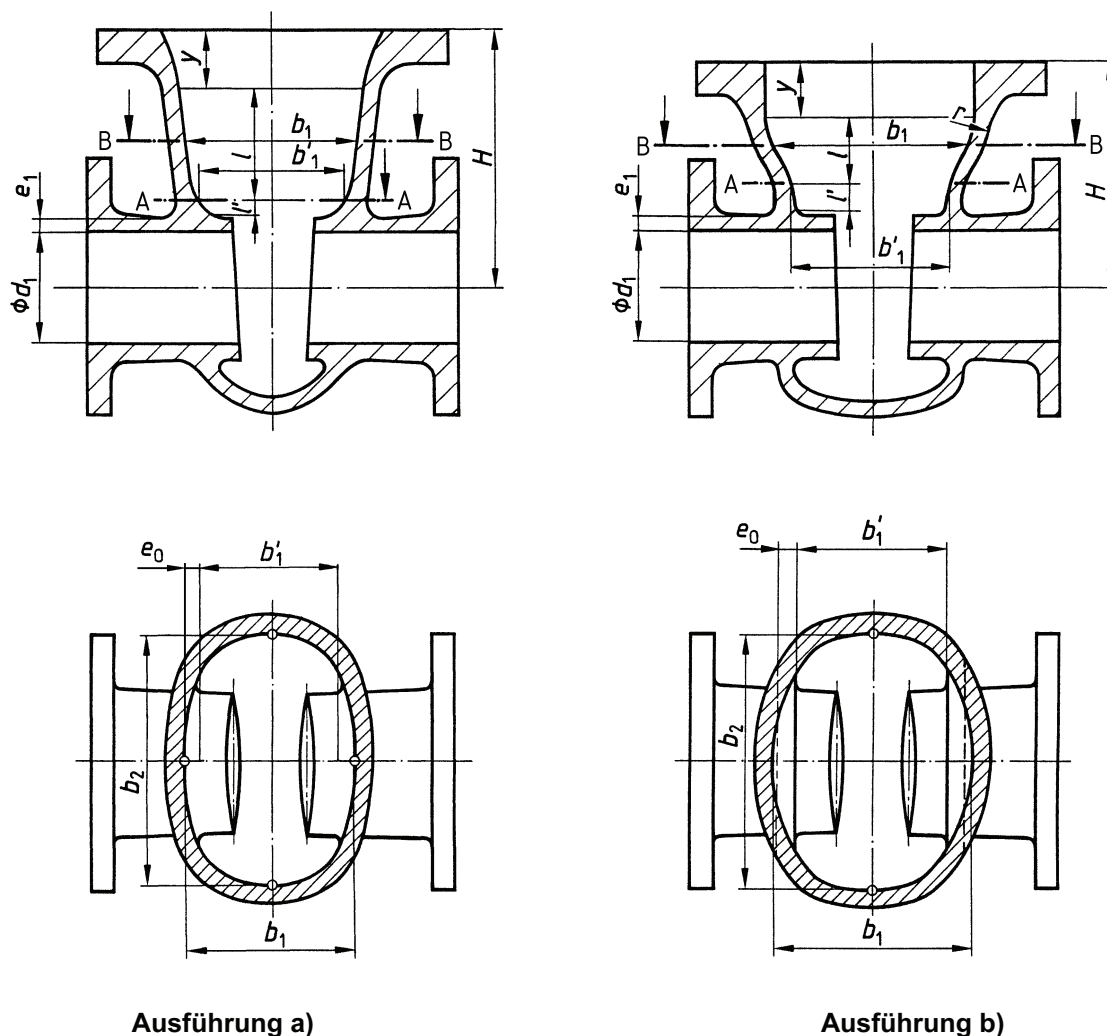


Bild 5 — Beispiele für Querschnittsveränderungen in ovalen Grundkörpern

7.2.2.6.5 Die von den Biegemomenten abhängigen Berechnungsbeiwerte B_n sind für ovale Querschnitte für die Stellen 1 und 2 in Abhängigkeit von b_1/b_2 in Bild 4 dargestellt. Diese Kurven entsprechen nachstehenden Gleichungen:

$$B_1 = \frac{1 - k_E^2}{6} \times \frac{K'}{E'} - \frac{1 - 2k_E^2}{6} \quad (16)$$

$$B_2 = \frac{1 + k_E^2}{6} - \frac{1 - k_E^2}{6} \times \frac{K'}{E'} \quad (17)$$

$$\text{mit } k_E^2 = 1 - \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^2 \quad (18)$$

Diese Werte ergeben sich aus der analytischen Lösung der Gleichgewichtsgleichungen für gekrümmte Träger. Die Werte für K' und E' sind im Literaturhinweis [4] erläutert.

Für die Bestimmung der Berechnungsbeiwerte können für $b_1/b_2 \geq 0,5$ auch folgende Näherungsgleichungen benutzt werden:

$$B_1 = \left(1 - \frac{b_1}{b_2}\right) \left(0,625 - 0,435 \times \sqrt{1 - \frac{b_1}{b_2}}\right) \quad (19)$$

$$B_2 = \left(1 - \frac{b_1}{b_2}\right) \left[0,5 - 0,125 \times \left(1 - \frac{b_1}{b_2}\right)\right] \quad (20)$$

Die Berechnungsbeiwerte gelten auch für Querschnittsveränderungen in ovalen Grundkörpern (z. B. bei Schiebern nach Bild 5, Ausführung a) und Ausführung b)), bei denen die Seitenlänge b_1 von der Scheitelzone des Einlaufstutzens (abgeflachtes Oval) über die Länge l bis auf den Wert b_2 (Kreisform) zunimmt. Für die Ermittlung von B_n ist dann der Wert b_1 im Querschnitt B–B bis $l/2$ maßgebend. Dabei ergibt sich l aus

$$l = H - y - \left(\frac{d_1}{2} + e_1\right) - l' \quad (21)$$

und die vom Einlaufstutzen beeinflusste Länge l' aus:

$$l' = 1,25 \times \sqrt{d'_m \times e_0} \quad (22)$$

$$\text{mit } d'_m = \frac{b'_1 + b_2}{2} \quad (23)$$

wobei b'_1 und b_2 am Querschnitt A–A im Abstand l' vom Einlaufstutzen zu ermitteln sind. e_0 ist die an dieser Stelle vorhandene Wanddicke.

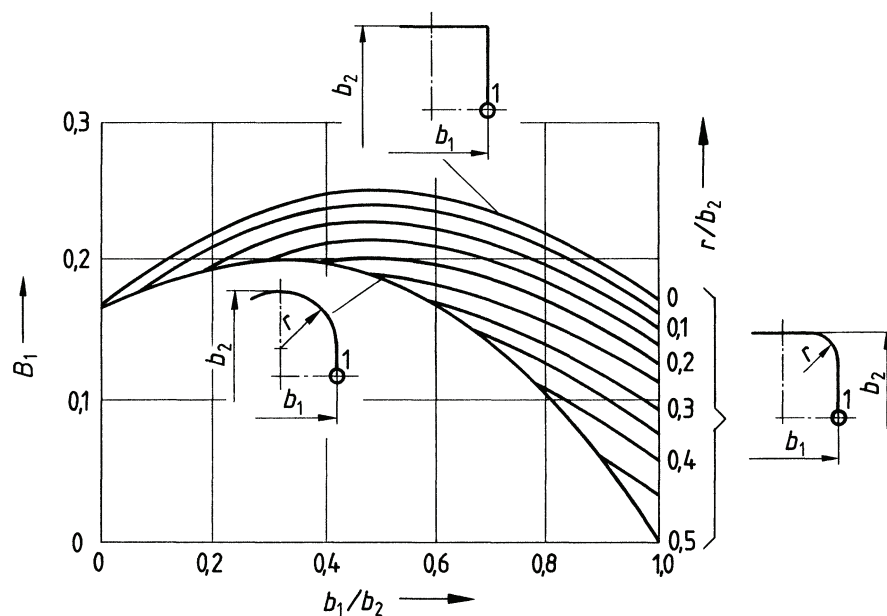


Bild 6a — Berechnungsbeiwert B_1 für rechteckige Querschnitte

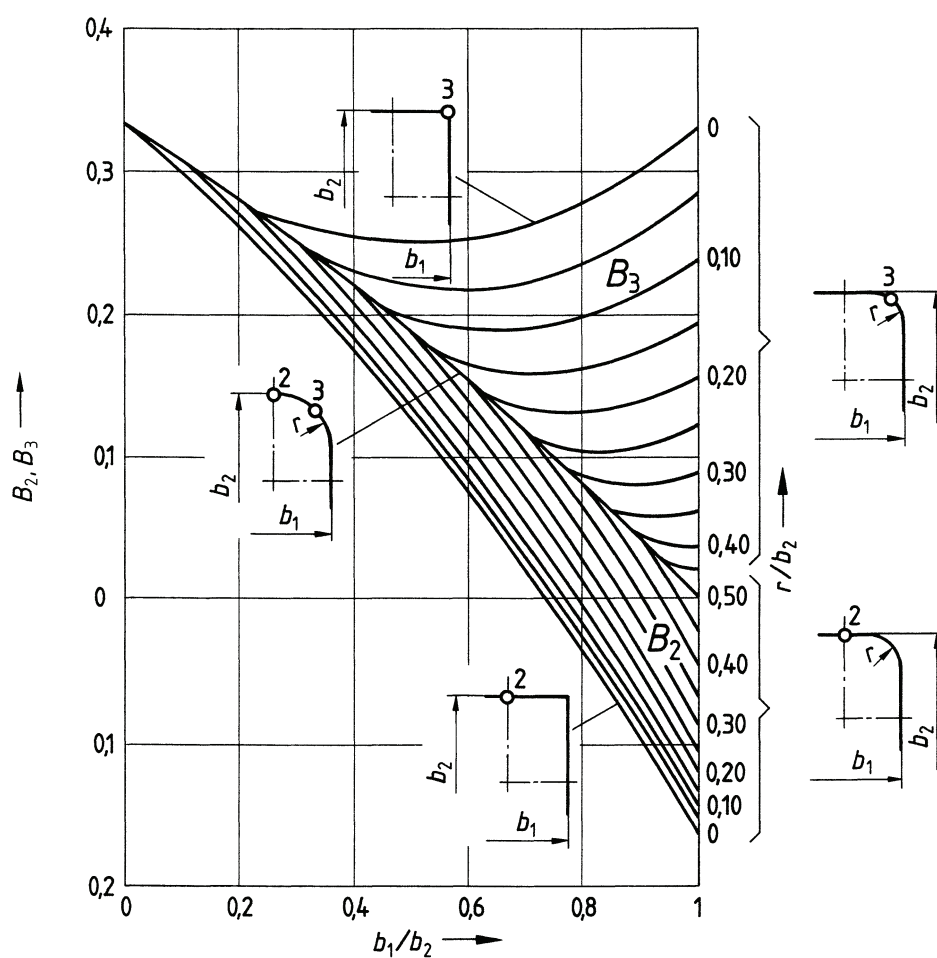


Bild 6b — Berechnungsbeiwerte B_2 und B_3 für rechteckige Querschnitte

Bild 6 — Berechnungsbeiwerte

7.2.2.6.6 Die Berechnungsbeiwerte B_n für rechteckige Querschnitte sind für die zu betrachtenden Stellen 1 bis 3 in Bild 6 in Abhängigkeit vom Verhältnis b_1/b_2 dargestellt. Die Berechnungsbeiwerte B_n sind in Gleichung (13) stets als positive Werte einzusetzen.

Die Kurven für B_n können auch analytisch mit folgenden Gleichungen ermittelt werden:

$$B_1 = \frac{1}{6} \times \frac{1 - 2 \times \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^3 + 3 \times \left(\frac{b_1}{b_2}\right) - 3 \times \frac{2r}{b_2} \times \left(2 - \frac{\pi}{2}\right) - 3 \times \left(\frac{2r}{b_2}\right)^2 \left(1 + \frac{b_1}{b_2}\right) (\pi - 3) + \left(\frac{2r}{b_2}\right)^3 \left(\frac{9}{2}\pi - 14\right)}{1 + \frac{b_1}{b_2} - \frac{2r}{b_2} \times \left(2 - \frac{\pi}{2}\right)} \quad (24)$$

$$B_2 = B_1 - \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^2 \right] \quad (25)$$

$$B_3 = \frac{1}{2} \left[1 - 2 \frac{2r}{b_2} \times (1 - \sin \varphi_k) + \frac{4r^2}{b_2^2} \times (3 - 2 \sin \varphi_k - 2 \cos \varphi_k) - 2 \times \frac{b_1}{b_2} \times \frac{2r}{b_2} \times (1 - \cos \varphi_k) \right] - B_1 \quad (26)$$

dabei gilt Gleichung (15) für den Winkel des Maximalmomentes.

7.2.2.6.7 Bei kurzen Gehäusekörpern (z. B. Bild 5, Ausführung a) oder b)) mit der ungestörten, der Berechnungsgeometrie entsprechenden Länge l kann die Stützwirkung der an den Enden anschließenden Bauelemente (z. B. Flansche, Böden, Deckel) in der Berechnung berücksichtigt werden. Damit ergibt sich nach Gleichung (13) die erforderliche Mindest-Wanddicke:

$$e_c = e_{c0} \times k \quad (27)$$

Der Korrekturfaktor k ergibt sich analog zu dem Abklingverhalten der Beanspruchungen in Zylinderschalen unter Berücksichtigung experimenteller Untersuchungsergebnisse an nicht-kreisförmigen Gehäusen aus nachstehender Gleichung (28):

$$k = 0,48 \times \sqrt[3]{\frac{l^2}{d_m \times e_{c0}}} \quad (28)$$

mit $0,6 \leq k \leq 1$

Diese Funktion ist in Bild 7 als Abhängigkeit von $l^2/d_m \times e_{c0}$ dargestellt.

Für d_m ist in die Gleichung ein Wert $d_m = (b_1 + b_2)/2$ einzusetzen und e_{c0} entspricht Gleichung (13). Bei Querschnittsveränderungen über der Länge l (z. B. nach Bild 5, Ausführung a) bzw. b)), sind die Maße b_1 und b_2 im Querschnitt B–B (bei $l/2$) zu entnehmen. Örtliche Abweichungen von der Form des Gehäusekörpers, ob konvexer oder konkaver Art, können in der Regel vernachlässigt werden.

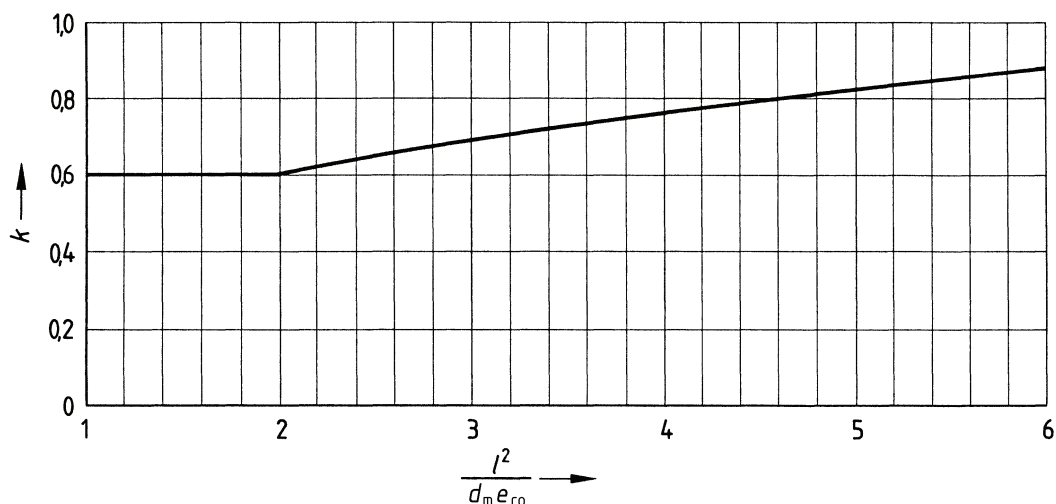


Bild 7 — Korrekturfaktor k für kurze Gehäusekörper

7.2.2.6.8 Die Festigkeitsbedingungen können als erfüllt angesehen werden, wenn die erforderliche Wanddicke örtlich vorhanden ist, vorausgesetzt, dass Übergänge der Wanddicken allmählich und sanft erfolgen.

Erfüllt eine ausgeführte Konstruktion nicht die Festigkeitsbedingung nach Gleichung (13) bzw. (27), kann eine örtliche Verstärkung vorgesehen werden, z. B. durch Rippen, wobei für die Konstruktion ein gesonderter Festigkeitsnachweis erforderlich ist, oder es ist der Festigkeitsnachweis mit einem anderen anerkannten Verfahren zu erbringen.

7.2.3 Wanddicke im Abzweigbereich

Eine unmittelbare Berechnung der Wanddicke in diesem Bereich ist nicht möglich.

In einem ersten Schritt muss eine Wanddicke in diesem Bereich angenommen werden; diese Annahme kann auch aus der Wanddickenberechnung in 7.2.2 abgeleitet werden.

Diese angenommene Wanddicke muss unter Berücksichtigung des Kräftegleichgewichts überprüft werden. Der Abzweigbereich wird hier durch die Abstände l begrenzt, siehe Bilder 8 bis 20.

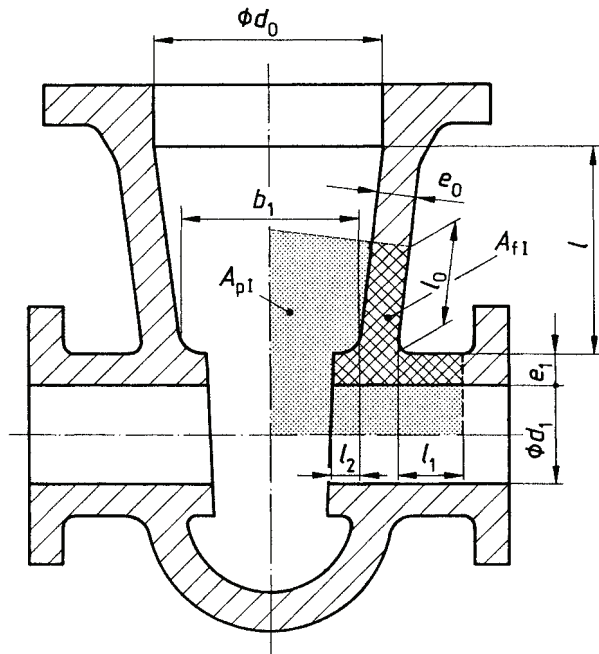


Bild 8a

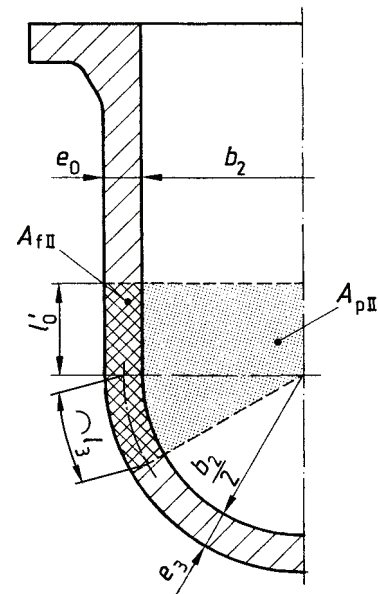


Bild 8b

Bild 8 — Berechnungsschema im Abzweigbereich

Nach Bild 8 entspricht das Kräftegleichgewicht der Gleichung

$$p \times A_p = f \times A_f \times k_c \quad (29)$$

Dabei ist

- | | |
|---|---|
| $p \times A_{pI}$ bzw. $p \times A_{pII}$ | die druckbelastete Fläche; |
| $f \times A_{fI}$ bzw. $f \times A_{fII}$ | die als Ausgleich wirkende Metall-Querschnittsfläche; |
| k_c | der vom Schweißverfahren abhängige Schweißfaktor. |

Die Flächen A_p und A_f werden durch die Mittellinien von Oberteil und Durchflussstrecke und durch die Abstände l , bestimmt, siehe Bilder 8 bis 20.

Zulässiger Wert für f , siehe Abschnitt 6.

Tabelle 4 enthält die Gleichungen für f in Abhängigkeit von der Form des Gehäusekörpers.

Bedingung: e_c Gehäusekörper $\geq e_c$ Abzweige. Falls dies nicht möglich ist: e_c Abzweige = e_c Gehäusekörper im ganzen Bereich A_f , einschließlich der Abstände l .

Tabelle 4 — Berechnungsgleichungen

Durchmesserverhältnis $d_1/d_0 < 0,7$	
kreisförmiger Querschnitt	$p \times \left[\frac{A_{pI}}{A_{fI} \times k_c} + \frac{1}{2} \right] \leq f \quad (30)$
nicht kreisförmiger Querschnitt	$p \times \left[\frac{A_{pI}}{A_{fI} \times k_c} + \frac{1}{2} \right] \leq f / 1,2 \quad (31)$
	$p \times \left[\frac{A_{pII}}{A_{fII} \times k_c} + \frac{1}{2} \right] \leq f / 1,2 \quad (32)$
Durchmesserverhältnis $d_1/d_0 \geq 0,7$	
kreisförmiger Querschnitt	$p \times \left[\frac{A_{pI}}{A_{fI} \times k_c} + \frac{1}{2} \right] \leq f \quad (33)$
	$p \times \left[\frac{A_{pII}}{A_{fII} \times k_c} + \frac{1}{2} \right] \leq f \quad (34)$
kreisförmiger Querschnitt	Durchmesserverhältnis $d_1/d_0 \geq 0,7$ und $e_{c1}/e_{c0} < d_1/d_0$ — Gleichung (33) — Gleichung (35) — zusätzlich gilt für Querschnitt II: (Bild 8, rechts) $p \times \left[\frac{d_0 + e_{c0}}{2 \times e_{c0}} + 0,2 \times \frac{d_1 + e_{c1}}{e_{c1}} \times \sqrt{\frac{d_0 + e_{c0}}{e_{c0}}} \right] \leq 1,5 \times f \quad (35)$
	— Gleichung (31) — Gleichung (32) — zusätzlich gilt für Querschnitt II: $p \times \left[\frac{b_2 + e_{c0}}{2 \times e_{c0}} + 0,25 \times \frac{d_1 + e_{c1}}{e_{c1}} \times \sqrt{\frac{b_2 + e_{c0}}{e_{c0}}} \right] \leq 1,5 \times f \quad (36)$
nicht kreisförmiger Querschnitt	— Gleichung (31) — Gleichung (32) — zusätzlich gilt für Querschnitt II: $p \times \left[\frac{b_2 + e_{c0}}{2 \times e_{c0}} + 0,25 \times \frac{d_1 + e_{c1}}{e_{c1}} \times \sqrt{\frac{b_2 + e_{c0}}{e_{c0}}} \right] \leq 1,5 \times f \quad (36)$

7.2.4 Beispiele für druckbelastete Bereiche A_p und Metall-Querschnittsbereiche A_f

7.2.4.1 Allgemeines

Die drucktragenden Flächen A_p und die tragenden Querschnittsflächen A_f sind rechnerisch oder aus CAD-Zeichnungen zu bestimmen. Die mittragenden Längen sind nach den folgenden Beziehungen zu ermitteln.

Bei der Festlegung der drucktragenden Fläche A_p erfolgt die Begrenzung im Gehäuseinneren durch die geometrischen Mittellinien im Grundkörper und Abzweig (siehe Bilder 9 bis 18). Eingezogene Sitze, wie z. B. in Bild 9, werden nicht berücksichtigt. Wegen der geometrisch komplizierten Formen von Gehäusekörpern nach den Bildern 9 bis 13 werden die mittragenden Längen l_0 und l_1 parallel zur Gehäuseaußenkontur, ausgehend vom Tangentenpunkt der Senkrechten zur Kontur, an den vom Übergangsradius zwischen Grundkörper und Abzweig gebildeten Kreis aufgetragen (siehe Beispiele Bild 9). Bei kleinen Übergangsradien genügt es, vom Schnittpunkt der geradlinig verlängerten Gehäusekonturen auszugehen (siehe Bild 13). Am Endpunkt wird das Lot rechtwinklig zur entsprechenden Außenkontur gefällt.

Nach innen überstehendes Material von Grundkörper bzw. Abzweig kann bis zu einer Maximallänge von $l_0/2$ bzw. $l_1/2$ in die tragende Querschnittsfläche A_f einbezogen werden, wobei die auf diese Weise bestimmte Begrenzung auch die Begrenzung der Druckfläche darstellt (siehe z. B. Bilder 8, 9 und 16). Im Gehäuseinneren eingeschweißte Sitzringe können bei durchgeschweißten und prüfbar Nähten in die Berechnung einbezogen werden.

Schroffe Wanddickenübergänge sind zu vermeiden (Abschrägungswinkel $\leq 30^\circ$).

Bei Durchmesserverhältnissen Abzweig/Gehäuse $d_1/d_0 > 0,8$ ist in allen nachfolgenden Gleichungen für die Berechnung der mittragenden Länge der Faktor vor der Wurzel 1 zu setzen.

Für alle Formen von Gehäusekörpern ist im Querschnitt II (Bild 8b)

$$l'_0 = 1,25 \times \sqrt{(b_2 + e_0) \times e_0} \quad (37)$$

$$l_3 = \sqrt{(b_2 + e_3) \times e_3} \quad (38)$$

7.2.4.2 Zylindrische Gehäusekörper

Die mittragenden Längen für zylindrische Gehäusekörper, z. B. nach Bild 9, sind:

$$l_0 = \sqrt{(d_0 + e_0) \times e_0} \quad (39)$$

$$l_1 = 1,25 \times \sqrt{(d_1 + e_1) \times e_1} \quad (40)$$

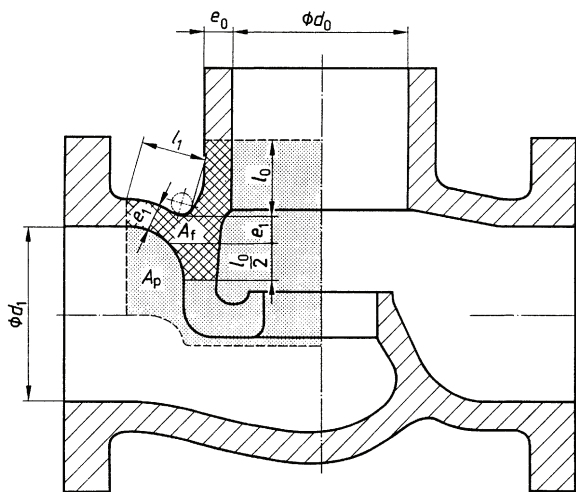


Bild 9a

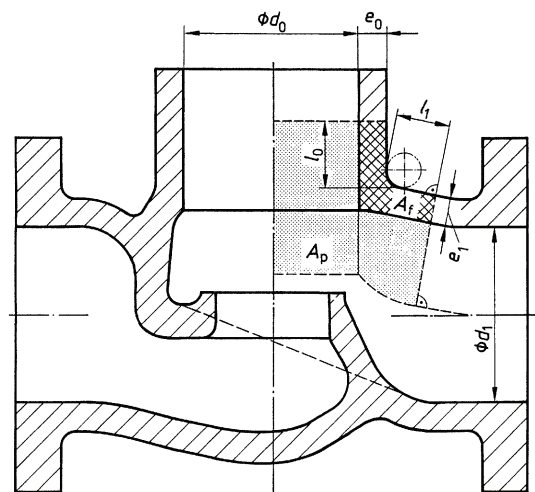


Bild 9b

Bild 9 — Zylindrischer Gehäusekörper

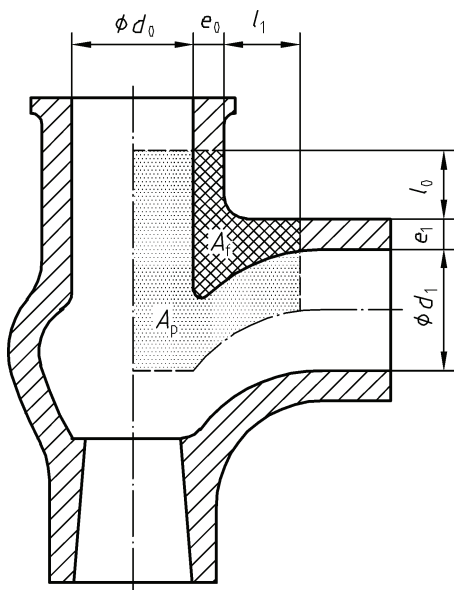


Bild 10a

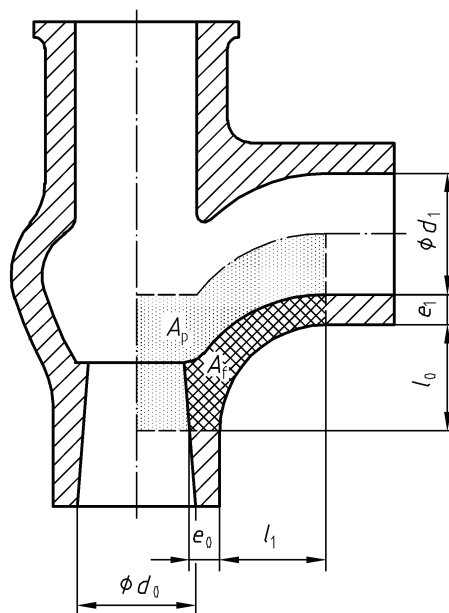


Bild 10b

Bild 10 — Eckventil

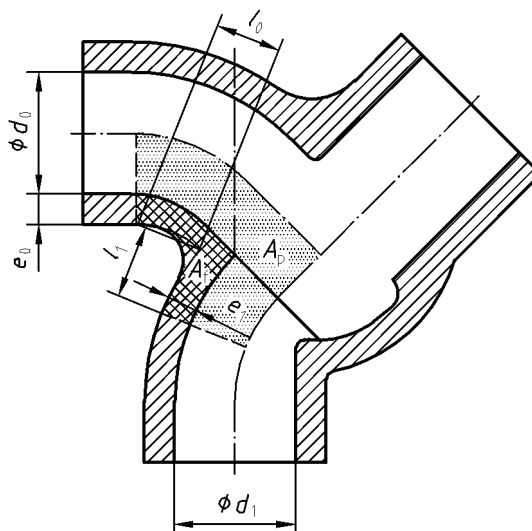
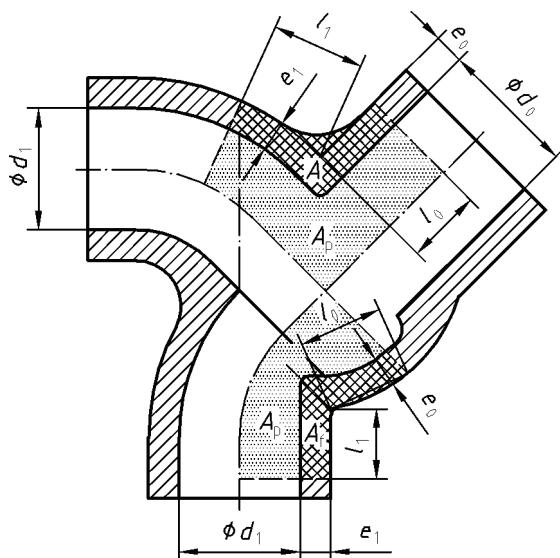


Bild 11 — Niederschraubventil in Eckform

Bei zylindrischen Gehäusekörpern mit schrägstehendem Grundkörper oder Abzweig (z. B. nach Bild 12) mit $\phi_A \geq 45^\circ$ ist für l_0 anstelle Gleichung (39) die folgende Gleichung zu verwenden:

$$l_0 = \left(1 + 0,25 \frac{\phi_A}{90^\circ} \right) \sqrt{(d_0 + e_0) \times e_0} \quad (41)$$

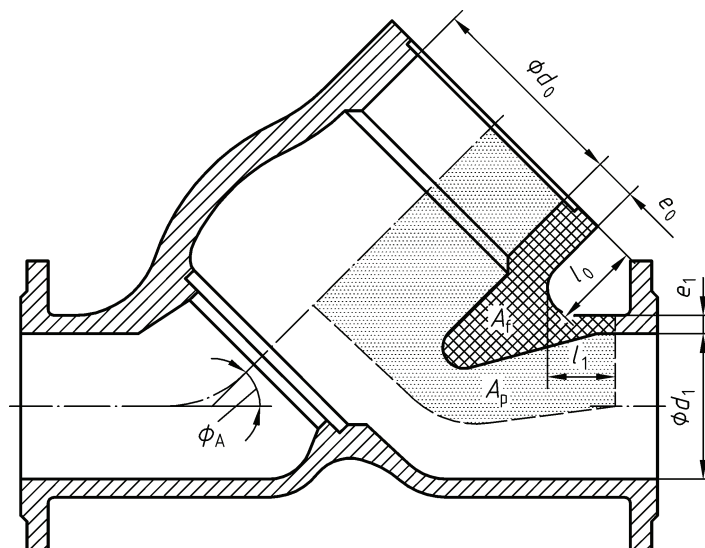


Bild 12 — Zylindrischer Gehäusekörper mit schrägem Abzweig

Bei kegelförmigen Grundkörpern oder Abzweigen sind für d_0 und d_1 die jeweils kleinsten an der Öffnung vorhandenen Durchmesser einzusetzen (siehe Bild 10 b und Bild 13).

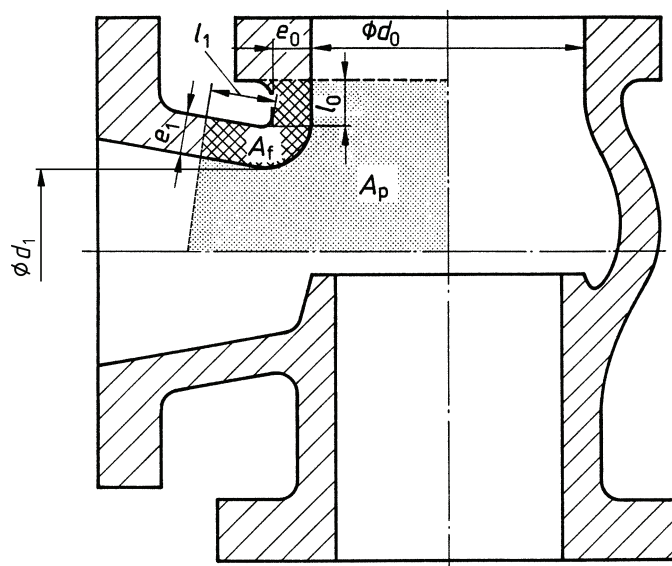


Bild 13 — Gehäusekörper in Eckform

7.2.4.3 Kugelförmige Gehäusekörper

Für Abzweige in kugelförmigen Grundkörpern mit d_1/d_0 bzw. $d_2/d_0 \leq 0,5$ werden die mittragenden Längen l_0 ebenfalls nach Gleichung (39) ermittelt, unter der Bedingung, dass

$$l_0 \leq 0,5 \times l_3$$

ist (siehe Bild 14, Ausführung a)).

Die entsprechende Länge im Abzweig beträgt hier

$$l_1 = \sqrt{(d_1 + e_1) \times e_1}.$$

(42)

Wenn

$$d_1/d_0 > 0,5 \text{ und}$$

$$d_2/d_0 > 0,5$$

sind Druckfläche A_p und Spannungsfläche A_f für beide Abzweige gemeinsam nach Bild 14, Ausführung b), zu ermitteln.

Die tragenden Längen sind wie folgt zu ermitteln:

$$l_1 = \sqrt{(d_1 + e_1) \times e_1} \quad (43)$$

$$l_2 = \sqrt{(d_2 + e_2) \times e_2} \quad (44)$$

l_0 entspricht der mittragenden Länge zwischen den Abzweigen.

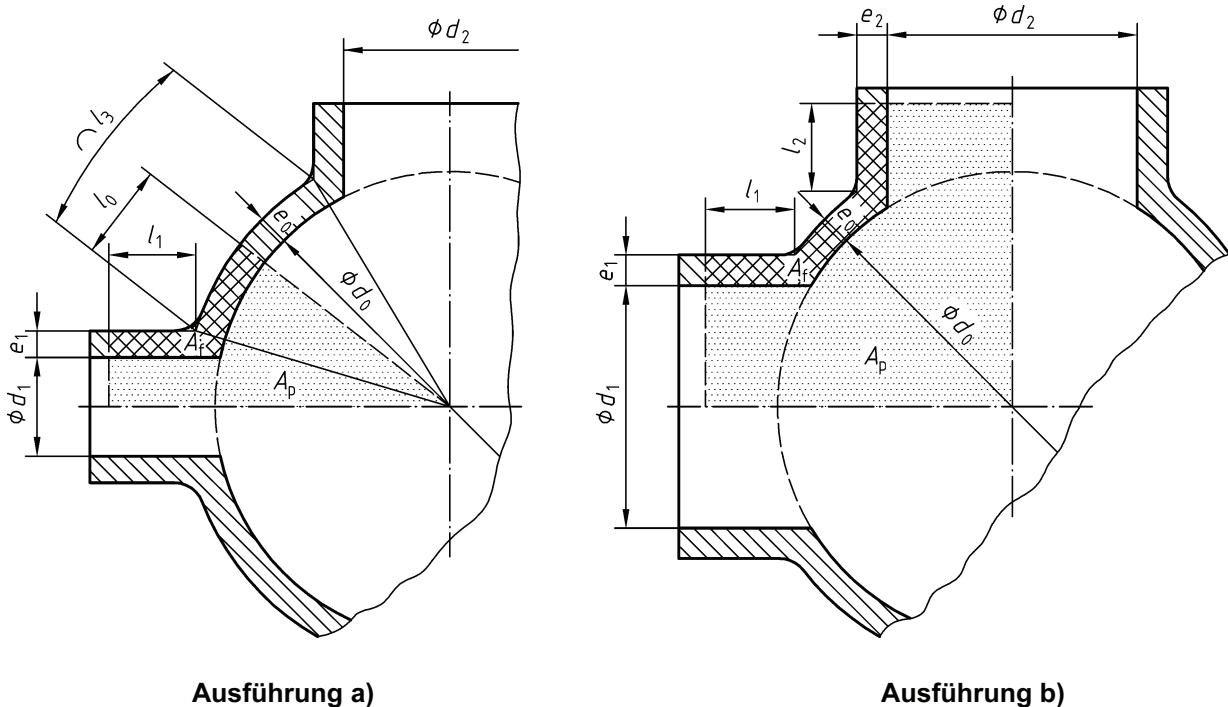


Bild 14 — Kugelförmiger Gehäusekörper

7.2.4.4 Ovale und rechteckige Querschnitte

Bei Gehäusekörpern mit ovalen oder rechteckigen Querschnitten (siehe Bild 2) sind die Längen nach Bild 8 wie folgt zu ermitteln:

$$l_0 = \sqrt{(b_1 + e_0) \times e_0} \quad (45)$$

$$l_1 = 1,25 \times \sqrt{(d_1 + e_1) \times e_1} \quad (46)$$

7.2.4.5 Konstruktionseinzelheiten

Bei Ausführungen mit Hinterdrehungen (z. B. Bild 15) wird als Wanddicke e_0 zur Bestimmung der tragenden Querschnittsfläche A_f die hinterdrehte Wanddicke eingesetzt. Vergrößerungen der Wanddicke außerhalb der Hinterdrehung werden nicht in die Berechnung einbezogen.