

## DIN EN 14276-2/A1



ICS 23.020.30; 27.080; 27.200

**Entwurf**Einsprüche bis 2023-09-07  
Vorgesehen als Änderung von  
DIN EN 14276-2:2020-11

**Druckgeräte für Kälteanlagen und Wärmepumpen –  
Teil 2: Rohrleitungen –  
Allgemeine Anforderungen;  
Deutsche und Englische Fassung EN 14276-2:2020/prA1:2023**

Pressure equipment for refrigerating systems and heat pumps –

Part 2: Piping –

General requirements;

German and English version EN 14276-2:2020/prA1:2023

Équipements sous pression pour systèmes de réfrigération et pompes à chaleur –

Partie 2: Tuyauteries –

Exigences générales;

Version allemande et anglaise EN 14276-2:2020/prA1:2023

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-07-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und  
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [fnkae@din.de](mailto:fnkae@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten  
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 76 Seiten

DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä)

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 14276-2:2020/prA1:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 182 „Kälteanlagen, sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 044-00-01 AA „Sicherheit und Umweltschutz“ im DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

|                  |                                                                                                                                |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Titel de:</i> | Druckgeräte für Kälteanlagen und Wärmepumpen — Teil 2:<br>Rohrleitungen — Allgemeine Anforderungen                             |
| <i>Titel en:</i> | Pressure equipment for refrigerating systems and heat pumps — Part 2:<br>Piping — General requirements                         |
| <i>Titel fr:</i> | Équipements sous pression pour systèmes de réfrigération et pompes à<br>chaleur — Partie 2 : Tuyauteries - Exigences générales |

Inhalt

|                                                                                                                                                 | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort .....                                                                                                                      | 3     |
| 1 Änderung in Abschnitt 1 .....                                                                                                                 | 4     |
| 2 Änderung in Abschnitt 2 .....                                                                                                                 | 4     |
| 3 Änderung von Abschnitt 3 .....                                                                                                                | 5     |
| 4 Änderung von Abschnitt 4 .....                                                                                                                | 5     |
| 5 Änderung von Abschnitt 5 .....                                                                                                                | 6     |
| 6 Änderung von Abschnitt 6 .....                                                                                                                | 6     |
| 7 Änderung von Abschnitt 7 .....                                                                                                                | 30    |
| 8 Änderung in Anhang ZA.....                                                                                                                    | 33    |
| Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den<br>grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/68/EU ..... | 34    |

## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 14276-2:2020/prA1:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 182 „Kälteanlagen, sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n) / Verordnung(en).

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

## 1 Änderung in Abschnitt 1

*Folgende Verweisungen im ganzen Absatz aktualisieren:*

- EN 378-1:2016+A1:2020;
- EN 13480-3:2017/A5:2022;
- EN 13480-3:2017, einschließlich A2:2020, A3:2020 und A1:2021;
- EN 14276-1:2020/prA1:2023.

## 2 Änderung in Abschnitt 2

*Folgende Verweisungen im ganzen Absatz aktualisieren:*

- EN 378-1:2016+A1:2020;
- EN 378-3:2016+A1:2020;
- EN 378-4:2016+A1:2019;
- EN 764-1:2015+A1:2016;
- EN 12735-1:2020;
- EN 13445-3:2021;
- EN 13445-5:2021;
- EN 13480-2:2017;<sup>1</sup>
- EN 13480-3:2017;<sup>2</sup>
- EN ISO 2553:2019;
- EN ISO 3452-1:2021;
- EN ISO 10893-8:2011;<sup>3</sup>
- EN ISO 10893-11:2011;<sup>4</sup>
- EN ISO 17640:2018;
- ISO 817:2014.<sup>5</sup>

---

1 Dokument betroffen von A1:2018, A2:2018, A3:2018, A7:2020 und A8:2021

2 Dokument betroffen von A1:2021, A2:2020, A3:2020, A4:2021 und A5:2022.

3 Dokument betroffen von A1:2020.

4 Dokument betroffen von A1:2020.

5 Dokument betroffen von A1:2017 und A2:2021.

### 3 Änderung von Abschnitt 3

3.1.1 wie folgt ersetzen:

#### 3.1.1

##### **Rohrschlange**

Wärmeübertrager, bestehend aus Rohr oder Rohrleitung (genauer aus einem oder mehreren gebogenen Rohren) zum Kühlen oder Erwärmen von Luft, nur als Verrohrung berücksichtigt

Die folgenden neuen Begriffe hinzufügen:

#### 3.1.2

##### **Nenndurchmesser des Fittings**

DN des Rohrs, das mit diesem Fitting verbunden ist

#### 3.1.3

##### **Fitting**

Komponente, die in einem Rohrsystem verwendet wird, um die Rohre untereinander oder mit einem Bestandteil der Rohrleitung zu verbinden

#### 3.1.4

##### **Muffe**

Art des Endes, definiert durch seinen Innendurchmesser

#### 3.1.5

##### **männliches Ende**

Art des Endes, definiert durch seinen Außendurchmesser

#### 3.1.6

##### **Reduzierstück**

Fitting oder Adapter, das/der Verbindungen zwischen Rohrleitungskomponenten unterschiedlicher Nennweite ermöglicht

### 4 Änderung von Abschnitt 4

Folgende Verweisungen im ganzen Absatz aktualisieren:

- EN 14276-1:2020/prA1:2023;
- EN 13480-2:2017<sup>1</sup>;
- EN 13445-2:2021.

In 4.3.1.2 "Kupfergruppen: 31, 32, 33, 34, 35t, inbegriffen in EN 1653:1997, EN 12735-1:2016, EN 12735-2:2016" durch "Kupfergruppen: 31 bis 38, inbegriffen in EN 1653:1997, EN 12735-1:2020, EN 12735-2:2016" ersetzen.

4.3.2 wie folgt ersetzen:

#### 4.3.2 Besondere Bedingungen einschließlich Sprödbbruch

Es gelten die Anforderungen nach EN 14276-1:2020, wie folgt:

- Für alle Werkstoffe: Siehe 4.3.1.3 bis 4.3.1.7;
- Für Stahl: Siehe 4.3.2;

- Für Aluminium: Siehe 4.3.3;
- Für Kupfer: Siehe 4.3.4.

Sprödbbruch sollte nur dann ermittelt werden, wenn die Werkstoffdicke die Herstellung einer Probe nach EN ISO 148-1 mit einem Querschnitt von mindestens 5 mm × 10 mm zulässt.

*4.4 streichen und 4.5 und 4.6 wie folgt ersetzen:*

#### **4.4 Werkstoffdokumentation**

Es gelten die Anforderungen nach EN 14276-1:2020/prA1:2023, 4.4.

#### **4.5 Werkstoffe für nicht drucktragende Teile**

Es gelten die Anforderungen nach EN 14276-1:2020/prA1:2023, 4.5.

### **5 Änderung von Abschnitt 5**

*In der ersten Zeile von Tabelle 2 “EN 14276-2:2020” durch “EN 14276-1:2020/prA1:2023, 5.2” ersetzen.*

### **6 Änderung von Abschnitt 6**

*Folgende Verweisungen im ganzen Absatz aktualisieren:*

- EN 14276-1:2020/prA1:2023;
- EN 13480-2:2017<sup>1</sup>;
- EN 13445-2:2021;
- EN 378-3:2016+A1:2020;
- EN 378-4:2016+A1:2019.

*6.5 wie folgt ersetzen:*

#### **6.5 Berechnungstemperatur $t_c$**

Die Berechnungstemperatur  $t_c$  ist die maximale Temperatur, die unter üblichen Betriebsbedingungen in der Mitte der Rohrleitungsdicke bei dem Berechnungsdruck  $p_c$  wahrscheinlich erreicht wird. Die Berechnungstemperatur wird wie nachfolgend angegeben bestimmt. Bei der Berechnung der Wärmeübertragung wird davon ausgegangen, dass kein Wärmeverlust durch Wind oder andere äußere Einflüsse auftritt.

a) Für äußerlich nicht isolierte Bauteile gilt folgende Berechnungstemperatur:

- 1) Bei Flüssigkeitstemperaturen unter 40 °C ist die Berechnungstemperatur für das Bauteil als Flüssigkeitstemperatur anzunehmen;
- 2) Bei Flüssigkeitstemperaturen von 40 °C und mehr darf die Berechnungstemperatur für nicht isolierte Bauteile nicht unter den folgenden Werten, jedoch nicht unter 40 °C liegen, es sei denn, es wird eine niedrigere durchschnittliche Wandtemperatur durch Tests oder Wärmeübertragungsberechnungen ermittelt:

- i) 95 % der Flüssigkeitstemperatur für Ventile, Rohre, Enden, Schweißverbindungen und andere Komponenten mit einer Wanddicke, die mit derjenigen des Rohrs vergleichbar ist;
  - ii) 90 % der Flüssigkeitstemperatur für Flansche (außer Überlappungsflansche), einschließlich derjenigen an Armaturen und Ventilen;
  - iii) 85 % der Flüssigkeitstemperatur für Überlappungsflansche;
  - iv) 80 % der Flüssigkeitstemperatur für Verschraubung.
- b) Bei extern isolierten Rohrleitungskomponenten muss die Berechnungstemperatur der Komponente die Flüssigkeitstemperatur  $TS_{\max}$  sein, es sei denn, Berechnungen, Tests oder auf Messungen basierende Betriebserfahrungen unterstützen die Verwendung einer anderen Temperatur. Wenn Rohrleitungen mit Begleitheizungen oder Ummantelungen beheizt oder gekühlt werden, muss dieser Effekt bei der Festlegung der Berechnungstemperaturen der Komponenten berücksichtigt werden.
- c) Wenn die Rohrleitung mit Begleitheizung oder Ummantelung beheizt oder gekühlt wird, muss die Berechnungstemperatur durch Tests bestimmt werden oder gleich der in a) oder b) ermittelten Temperatur von + 50 K angenommen werden.

Bei der Auswahl des Erhitzers muss der Hersteller das Risiko einer Überhitzung des Fluids oder des Werkstoffs abschätzen und entsprechende Maßnahmen treffen, um dieses Risiko einzugrenzen, z. B. durch den Einbau von Ausrüstungsteilen mit Sicherheitsfunktion und/oder die Anbringung von entsprechenden Warnschildern und/oder durch die Aufnahme von Anweisungen in die technischen Unterlagen.

*Tabelle 3 wie folgt ersetzen:*

|                                      |                         |                                                     |                         |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Schweißnahtfaktoren                  | 1                       | 1                                                   | 0,85                    | 0,7                     |
| Prüfgruppen <sup>a</sup>             | 1b                      | 2b                                                  | 3b                      | 4                       |
| Zulässiger Werkstoff                 |                         |                                                     |                         |                         |
| Stahlgruppe                          | 1.1/1.2/8.1             | 1.1/1.2/8.1                                         | 1.1/1.2/8.1             | 1.1/1.2/8.1             |
| Aluminiumgruppe                      | 21 / 22                 | 21 / 22                                             | 21 / 22                 | 21 / 22                 |
| Kupfergruppe                         | Alle                    | Alle                                                | Alle                    | alle                    |
| Maximale Dicke je Werkstoffkategorie |                         |                                                     |                         |                         |
| Stahlgruppe 1.1/8.1                  | Unbegrenzt <sup>b</sup> | ≤ 50                                                | ≤ 50                    | ≤ 16                    |
| Stahlgruppe 1.2                      | Unbegrenzt <sup>b</sup> | ≤ 30                                                | ≤ 30                    | ≤ 12                    |
| Aluminiumgruppe 21 22                | Unbegrenzt <sup>b</sup> | ≤ 40                                                | ≤ 40                    | ≤ 20                    |
| Kupfergruppe alle                    | Unbegrenzt <sup>b</sup> | ≤ 40                                                | ≤ 40                    | ≤ 20                    |
| Schweißverfahren                     | Unbegrenzt <sup>b</sup> | Nur vollme-<br>chanisches<br>Schweißen <sup>c</sup> | Unbegrenzt <sup>b</sup> | Unbegrenzt <sup>b</sup> |
| Betriebstemperatur-<br>bereich       | Unbegrenzt <sup>b</sup> | Unbegrenzt <sup>b</sup>                             | Unbegrenzt <sup>b</sup> | − 50 °C + 200 °C        |
| Fluidgruppen                         | 1/2                     | 1/2                                                 | 1/2                     | 1/2                     |
| Umfang der<br>Sichtprüfung           | 100 %                   | 100 %                                               | 100 %                   | 100 %                   |

| Umfang der ZfP mit Ausnahme der Sichtprüfung für bestimmende Schweißverbindungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 100 % | 100–10 % <sup>d,e</sup> | 10 % | 0 % |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------|------|-----|
| <p><sup>a</sup> Definition der Prüfgruppen nach EN 13480-5:2017. Bei allen Prüfgruppen ist eine Sichtprüfung erforderlich.</p> <p><sup>b</sup> Unbegrenzt bedeutet: keine zusätzliche Begrenzung aufgrund der Prüfung. Die in der Tabelle aufgeführten Grenzwerte sind prüfungsinduzierte Grenzwerte. Sonstige in den verschiedenen Abschnitten dieses Dokuments angegebenen Grenzwerte (z. B. Konstruktions-, Werkstoffgrenzwerte) sind ebenfalls zu berücksichtigen.</p> <p><sup>c</sup> Vollmechanisierte und/oder automatische Schweißverfahren, bei denen mindestens die Bewegung des Schweißkopfes und der Schweißzusätze mechanisch gesteuert erfolgt.</p> <p><sup>d</sup> Erste Zahl: ursprünglicher Wert, zweite Zahl: nach zufriedenstellender Erfahrung herabgesetzter Wert. Für die Definition des Begriffes „zufriedenstellende Erfahrung“ siehe EN 13445-5:2021. Diese Zahl gibt den Prozentsatz der Schweißnähte jedes einzelnen Druckbehälters an.</p> <p><sup>e</sup> Der Umfang der ZfP mit Ausnahme der Sichtprüfung kann bei Gruppe 2b durch die zerstörende Prüfung ersetzt werden.</p> |       |                         |      |     |

#### 6.9.1.2 wie folgt ersetzen:

Die Rohrleitung wird mit mindestens dem 3-fachen maximal zulässigen Druck  $PS$  beaufschlagt, ohne dass sie bricht.

Der Test wird bei Umgebungstemperatur durchgeführt.

Wenn die Auslegungstemperatur  $125\text{ °C}$  übersteigt, steht die Rohrleitung unter einem Druck von mindestens  $3 \times \frac{f_{\text{test}}}{f} \times PS$ .

#### 6.9.1.3 wie folgt ersetzen:

##### 6.9.1.3 Typermüdigkeitsfestigkeitsprüfung

Das Prüfverfahren und die Akzeptanzkriterien lauten wie folgt, wenn die Auslegungstemperatur nicht höher als  $125\text{ °C}$  ist:

- a) 3 Proben werden zweimal getestet  $PS$ ;
- b) 3 weitere Proben werden den folgenden Prüfstufen unterzogen:

Stufe 1: Prüfung mit  $PS$  ohne dauerhafte Verformung und Leckstellen;

Stufe 2: 250 000 Zyklen zwischen  $0,2\text{ PS}$  oder niedriger und  $0,7\text{ PS}$  oder höher;

Stufe 3: Prüfung nach EN 14276-1:2020/prA1:2023, Gleichung (C.1).

Während der Prüfung darf keine der 6 Proben brechen, bersten oder undicht werden.

Das Prüfverfahren und die Akzeptanzkriterien lauten wie folgt, wenn die Auslegungstemperatur höher als  $125\text{ °C}$  ist:

- c) 3 Proben werden getestet mit  $2 \times \frac{f_{\text{test}}}{f} \times PS$ ;

d) 3 weitere Proben werden den folgenden Prüfstufen unterzogen:

Stufe 1: Prüfung mit  $\frac{f_{\text{test}}}{f} \times PS$  ohne dauerhafte Verformung und Leckstellen;

Stufe 2: 250 000 Zyklen zwischen 0,2 PS oder niedriger und  $0,7 \times \frac{f_{\text{test}}}{f} \times PS$  oder höher;

Stufe 3: Prüfung nach EN 14276-1:2020/prA1:2023, Gleichung (C.1).

Während der Prüfung darf keine der 6 Proben brechen, bersten oder undicht werden.

6.9.2 wie folgt ersetzen:

## 6.9.2 Design mit Gleichung (DBF)

### 6.9.2.1 Gerade Rohre

Die minimal erforderliche Dicke ohne Korrosionszuschlag und Toleranzen,  $e_c$ , für ein gerades Rohr ist wie folgt zu berechnen:

Dabei ist  $D_o/D_i \leq 1,7$ , nach Gleichung (1) oder (2).

$$e_c = \frac{p_c D_o}{2fZ + p_c} \quad (1)$$

$$e_c = \frac{p_c D_i}{2fZ - p_c} \quad (2)$$

Dabei ist  $D_o/D_i > 1,7$ , nach Gleichung (3) oder (4).

$$e_c = \frac{D_o}{2} \left( 1 - \sqrt{\frac{fZ - p_c}{fZ + p_c}} \right) \quad (3)$$

$$e_c = \frac{D_i}{2} \left( \sqrt{\frac{fZ + p_c}{fZ - p_c}} - 1 \right) \quad (4)$$

### 6.9.2.2 Rohrbiegung oder Kniestück

Die erforderliche Mindestwanddicke (ohne Zuschläge und Grenzabweichungen) muss wie folgt berechnet werden:

an der Innenseite, nach Gleichung (5).

$$e_{\text{int}} = e_c \frac{(R/D_o) - 0,25}{(R/D_o) - 0,5} \quad (5)$$

an der Außenseite, nach Gleichung (6).

$$e_{\text{ext}} = e_c \frac{(R/D_o) + 0,25}{(R/D_o) + 0,5} \quad (6)$$

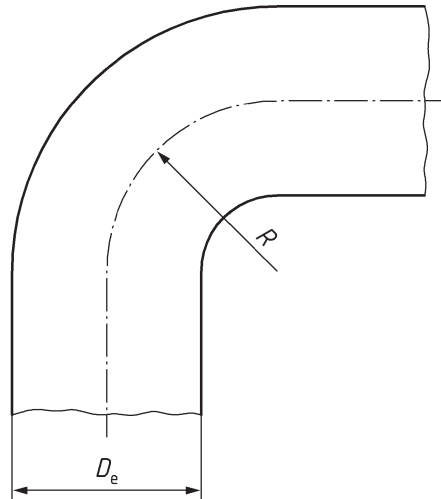
Dabei ist:

$e_c$  wird nach 6.9.2.1 für gerade Rohre in mm berechnet;

$e_{\text{int}}$  die erforderliche Mindestdicke ohne Zuschläge und Toleranzen für eine Biegung an der Innenseite, in mm;

$e_{\text{ext}}$  die erforderliche Mindestdicke ohne Zuschläge und Toleranzen für eine Biegung an der Außenseite, in mm;

R Biege- oder Bogenradius in mm.



### Legende

$D_e$  Außendurchmesser des Rohres  
 $R$  Krümmungsradius des Rohres

**Bild 2 — Gebogene Rohre**

Bei Kupferlegierungen außer Kupfergruppe 31 ist die erforderliche Mindestwanddicke für gebogene Rohre vor dem Biegen ohne Korrosionszuschlag wie folgt zu bestimmen:

$$e = \frac{P \times D_e}{2 \times f \times z + P} \left( 1 + \frac{D_e}{4R} \right) \quad (7)$$

Für Kupfergruppe 31 gilt die Gleichung (1) oder Gleichung (2), wenn die Berechnung für gehärtete Zustände durchgeführt wurde und keine Wärmebehandlung in der Biegezone stattfindet. Andernfalls muss Gleichung (5), Gleichung (6) oder Gleichung (7) angewendet werden.

Zusätzliche Methoden zur Berechnung der Wanddicke von Rohrbögen und Rohrbiegestücken müssen EN 13480-3:2017, Anhang B entsprechen.

### 6.9.2.3 Reduzierstücke

#### 6.9.2.3.1 Anwendbarkeitsbedingungen

Anforderungen sind in 6.9.2.3.4 bis 6.9.2.3.8 für gerade Kreiskegel und Kegel-/Zylinder-Schnittpunkte angegeben, bei denen Kegel und Zylinder auf derselben Drehachse liegen. Anforderungen an versetzte Kegel sind in 6.4.2.3.9 angegeben.

Diese Anforderungen gelten nicht für Folgendes:

- Kegel, bei denen der halbe Öffnungswinkel größer als 60 ° ist;
- Kegel, für die:

$$\frac{e_a \cos \alpha}{D_c} \leq 0,001 \quad (8)$$

- Kurze Kegel, die einen Mantel mit einer Schale verbinden.

Grenzwerte für den Mindestabstand zu anderen größeren Diskontinuitäten werden in einzelnen Abschnitten angegeben.

### 6.9.2.3.2 Spezifische Definitionen

Verbindungsstelle zwischen Zylinder und Kegel, Schnittpunkt der Linien mittlerer Dicke von Zylinder und Kegel, bei Bedarf verlängert, wo sich eine Krempe befindet (Beispiele am großen Ende finden sich in Bild 3 und Bild 4).

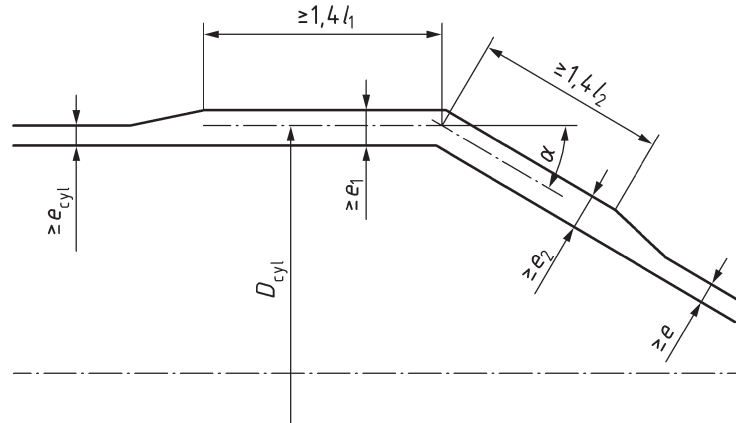


**Bild 3 — Geometrie des Kegel-/Zylinderschnittpunkts ohne Krempe – großes Ende**

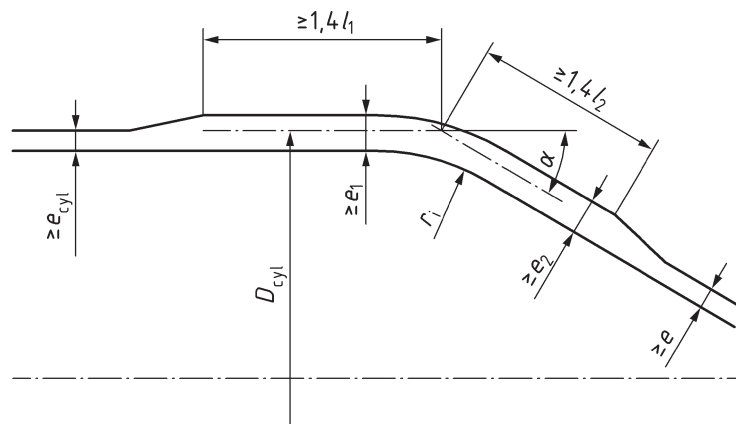


**Bild 4 — Geometrie des Kegel-/Zylinderschnittpunkts mit Krempe – großes Ende**

### 6.9.2.3.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen

Für die Zwecke von 6.9.2.3 gelten zusätzlich zu den in Tabelle 1 angegebenen Symbolen die in Tabelle 4 angegebenen Symbole.

**Tabelle 4 — Zusätzliche Symbole für die Anwendung von 6.9.2.3**

| Symbol    | Beschreibung                                                                                 | Einheit |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| $D_c$     | der mittlere Durchmesser des Zylinders an der Verbindung mit dem Kegel;                      | mm      |
| $D_e$     | Außendurchmesser des Kegels;                                                                 | mm      |
| $D_i$     | Innendurchmesser des Kegels;                                                                 | mm      |
| $D_K$     | ein mit Gleichung (14) gegebener Durchmesser;                                                | mm      |
| $D_m$     | der mittlere Durchmesser des Kegels;                                                         | mm      |
| $e_{con}$ | erforderliche Kegeldicke nach 6.9.2.3.4;                                                     | mm      |
| $e_{cyl}$ | erforderliche Zylinderdicke nach 6.9.2.1;                                                    | mm      |
| $e_j$     | eine erforderliche oder Analysedicke an einer Verbindungsstelle am großen Ende eines Kegels; | mm      |

| Symbol    | Beschreibung                                                                                                                                             | Einheit |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| $e_1$     | erforderliche Zylinderdicke an der Verbindung;                                                                                                           | mm      |
| $e_{1a}$  | Analyse der Verstärkungsdicke im Zylinder;                                                                                                               | mm      |
| $e_2$     | erforderliche Dicke von Konus und Krempe an der Verbindungsstelle;                                                                                       | mm      |
| $e_{2a}$  | Analyse der Verstärkungsdicke im Kegel;                                                                                                                  | mm      |
| $F$       | die Nenn-Auslegungsspannung. Bei der Bemessung von Verbindungen nach 6.9.2.3.6 bis 6.9.2.3.9 ist es der niedrigste der Werte für die einzelnen Bauteile; | MPa     |
| $l_1$     | Länge entlang des Zylinders;                                                                                                                             | mm      |
| $l_2$     | Länge entlang des Kegels am großen oder kleinen Ende;                                                                                                    | mm      |
| $r_i$     | Innenradius der Krempe                                                                                                                                   | mm      |
| $\alpha$  | der Halbwinkel des Kegels an der Spitze (Grad);                                                                                                          | Grad    |
| $\beta$   | ein Faktor festgelegt in 6.9.2.3.6;                                                                                                                      | —       |
| $\beta H$ | ein Faktor festgelegt in 6.9.2.3.8;                                                                                                                      | —       |
| $\gamma$  | ein Faktor festgelegt in 6.9.2.3.7;                                                                                                                      | —       |
| $\beta$   | ein Faktor festgelegt in 6.9.2.3.7;                                                                                                                      | —       |
| $\tau$    | ein Faktor festgelegt in 6.9.2.3.8.                                                                                                                      | —       |

#### 6.9.2.3.4 Konische Schalen

Die erforderliche Dicke an jedem Punkt entlang der Länge eines Kegels muss anhand Gleichung (9) oder Gleichung (10) berechnet werden.

$$e_{\text{con}} = \frac{p_c D_i}{2f z - p_c} \quad (9)$$

$$e_{\text{con}} = \frac{p_c D_e}{2f z + p_c} \frac{1}{\cos \alpha} \quad (10)$$

Dabei sind  $d_i$  und  $D_e$  die Innen- und Außendurchmesser an dem betrachteten Punkt.

Für eine gegebene Geometrie, wie in Gleichung (11) angegeben.

$$P_{\text{max}} = \frac{2f z e_{\text{con}} \cos \alpha}{D_m} \quad (11)$$

Dabei ist  $d_m$  der mittlere Durchmesser am betrachteten Punkt.

Am großen Ende eines an einem Zylinder befestigten Kegels ist es zulässig, Ersetzungen vorzunehmen, wie in den Gleichungen (12) bis (14) angegeben.

$$D_i = D_k \quad (12)$$

$$D_e = D_k + 2e_2 \cos \alpha \quad (13)$$

$$D_m = (D_i + D_e)/2 \quad (14)$$

Dabei ist

$$D_K = D_c - e_1 - 2r_i(1 - \cos \alpha) - l_2 \sin \alpha \quad (15)$$

Für  $r_i$  siehe Bild 4.

ANMERKUNG 1 Die in diesem Abschnitt angegebene Dicke ist ein Minimum. An Verbindungen mit anderen Bauteilen, zur Verstärkung an Düsen oder Öffnungen oder zur Aufnahme druckloser Lasten muss die Dicke möglicherweise erhöht werden.

ANMERKUNG 2 Da die oben berechnete Dicke das zulässige Minimum an diesem Punkt entlang des Kegels darstellt, ist es zulässig, einen Kegel aus Platten unterschiedlicher Dicke zu erstellen, vorausgesetzt, dass an jedem Punkt das Minimum erreicht wird.

#### 6.9.2.3.5 Verbindungen – Allgemeines

Die Anforderungen von 6.9.2.3.6, 6.9.2.3.7 und 6.9.2.3.8 gelten, wenn die Verbindungsstelle mehr als  $2 l_1$  entlang des Zylinders und  $2 l_2$  entlang des Kegels von jeder anderen Verbindung entfernt oder größere Diskontinuität, wie z. B. eine andere Kegel-/Zylinderverbindung oder ein Flansch, wobei:

$$l_1 = \sqrt{D_c e_1} \quad (16)$$

$$l_2 = \sqrt{\frac{D_c e_2}{\cos \alpha}} \quad (17)$$

Die Länge des Kegels kann auf weniger als  $2 l_2$  reduziert werden, wenn beide der folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die nach 6.9.2.3.6 oder 6.9.2.3.7 berechnete Wanddicke  $e_2$  ist über die gesamte Länge des Kegels vorhanden;
- Die Verbindung am kleinen Ende des Kegels ist nach 6.9.2.3.8 ausreichend dimensioniert.

#### 6.9.2.3.6 Verbindung zwischen dem großen Ende eines Kegels und einem Zylinder ohne Krempe

##### 6.9.2.3.6.1 Anwendungsbedingungen

Die Anforderungen von 6.9.2.3.6.2 und 6.9.2.3.6.3 gelten unter der Voraussetzung, dass alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Bei der Verbindung handelt es sich um eine Stumpfnah, bei der die Innen- und Außenflächen nahtlos in den angrenzenden Kegel und Zylinder übergehen, ohne dass die Dicke lokal reduziert wird und
- die Schweißnaht an der Verbindungsstelle muss zu 100 % einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen werden, entweder mit Röntgen- oder Ultraschallverfahren, es sei denn, die Konstruktion sieht vor, dass die Dicke an der Schweißnaht  $1,4 e_j$  übersteigt. In diesem Fall gilt der Normalwert für die jeweilige Auslegung.

##### 6.9.2.3.6.2 Auslegung

Die erforderliche Dicke  $e_1$  des an die Verbindungsstelle angrenzenden Zylinders ist der größere Wert von  $e_{cyl}$  und  $e_j$ , wobei  $e_j$  mit dem folgenden Verfahren bestimmt werden muss:

$$\beta = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{D_c}{e_j} \cdot \frac{\tan \alpha}{1 + 1/\sqrt{\cos \alpha}}} - 0,15 \quad (18)$$

$$e_j = \frac{p_c D_c \beta}{2f} \quad (19)$$

Die Antwort ist akzeptabel, wenn der mit Gleichung (19) angegebene Wert nicht kleiner ist als in Gleichung (18) angenommen.

$\beta$  lässt sich auch aus der Grafik in Bild 5 ablesen.

Diese Dicke muss über einen Abstand von mindestens  $1,4 l_1$  von der Verbindungsstelle entlang des Zylinders beibehalten werden.

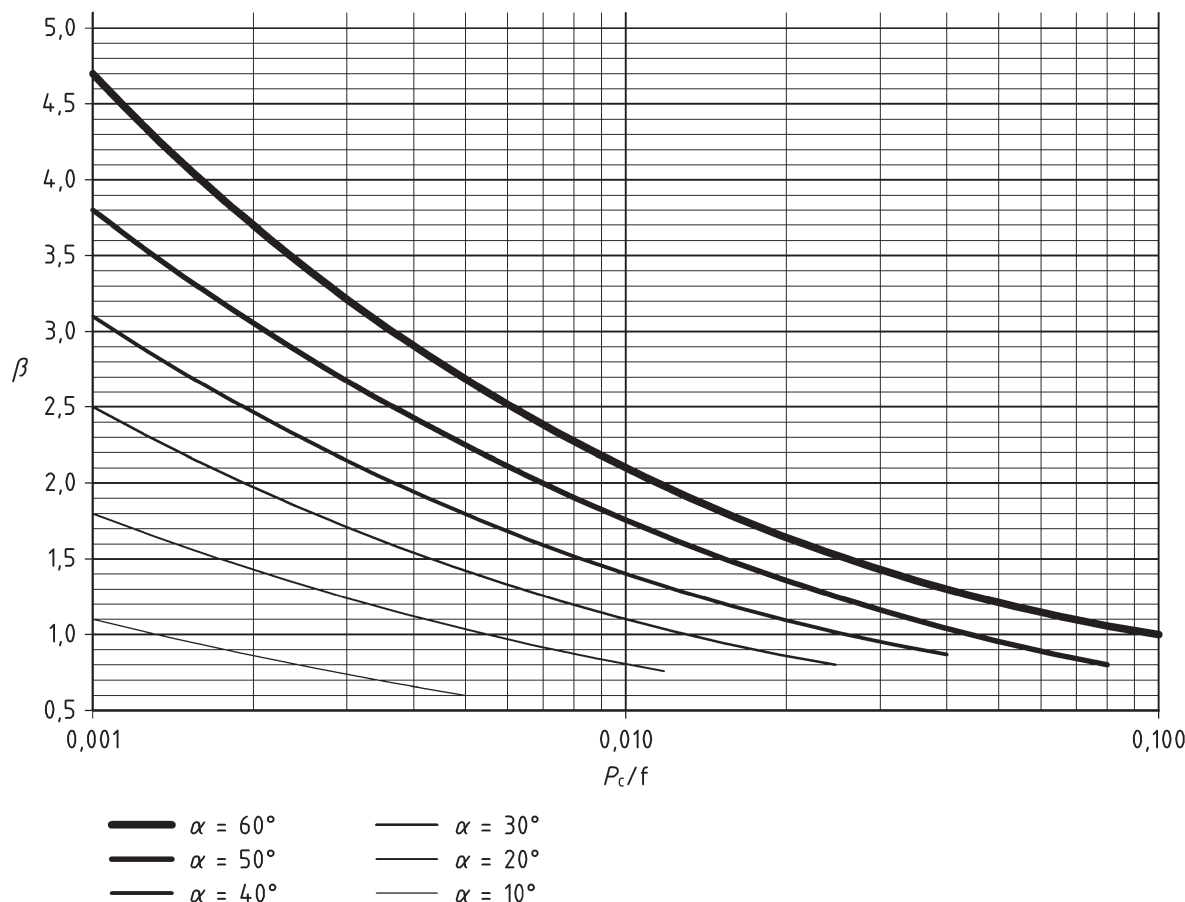


**Bild 5 — Werte des Beiwerts  $\beta$  für Verbindungsstellen von Kegel und Zylinder ohne Klempe**

Die erforderliche Dicke  $e_2$  des an die Verbindungsstelle angrenzenden Zylinders ist der größere Wert von  $e_{cyl}$  und  $e_j$ . Diese Dicke muss über einen Abstand von mindestens  $1,4 l_2$  von der Verbindungsstelle entlang des Kegels beibehalten werden. Siehe Bild 5.

Eine Umverteilung der Verstärkung in folgender Weise ist zulässig, sofern die in 6.9.2.1 und 6.9.2.3.4 angegebenen Minstdicken weiterhin eingehalten werden.

Die Dicke des Zylinders darf in der Nähe der Verbindungsstelle erhöht und weiter entfernt verringert werden, vorausgesetzt, dass die Querschnittsfläche des mit dem Zylinder versehenen Metalls in einem Abstand von  $1,4 l_1$  von der Verbindungsstelle nicht kleiner ist als  $1,4 e_1 l_1$ . Zusätzlich darf die Dicke des Kegels in der Nähe der Verbindungsstelle erhöht und weiter entfernt verringert werden, vorausgesetzt, dass die Querschnittsfläche des mit dem Kegel versehenen Metalls in einem Abstand von  $1,4 l_2$  von der Verbindungsstelle nicht kleiner ist als  $1,4 e_2 l_2$ .

#### 6.9.2.3.6.3 Bewertung

Der maximal zulässige Druck für eine gegebene Geometrie wird wie folgt bestimmt:

- a) Bei Zylindern ist Gleichung (11) anzuwenden;

$$P_{\max} = \frac{2fze_a}{D_c} \quad (20)$$

- b) Bei Kegeln ist Gleichung (11) anzuwenden;

- c) Die Analyse der Verstärkungsdicke  $e_{1a}$  des Zylinders an der Verbindungsstelle bestimmen;
- d) Die Analyse der Verstärkungsdicke  $e_{2a}$  des Kegels an der Verbindungsstelle bestimmen;

Die Gleichung (11) mit der Dicke  $e_{2a}$  und dem Durchmesser  $D_m$  anwenden;

$e_j$  finden, den kleineren Wert von  $e_{1a}$  und  $e_{2a}$ ;

$\beta$  aus Gleichung (17) berechnen, dann,

$$P_{\max} = \frac{2f e_j}{\beta D_c} \quad (21)$$

Der maximal zulässige Druck ist der niedrigste der in a), b), e) und g) ermittelten Drücke.

Das folgende Verfahren kann verwendet werden, um die Analyse der Verstärkungsdicke bei c) oder d) oben zu ermitteln:

Von  $e_{1a}$  ausgehen (die anfängliche Wahl sollte die Dicke an der Verbindungsstelle sein).

Berechnen von

$$l_1 = 1,4 \sqrt{D_c e_{1a}} \quad (22)$$

Wenn die Dicke innerhalb der Distanz konstant ist  $l_1$  dann ist  $e_{1a}$  bestätigt.

Wenn nicht, die Metallfläche  $A_1$  innerhalb des Abstandes  $l_1$  von der Verbindung berechnen.

Eine bessere Schätzung folgendermaßen ermitteln:

$$e_{1a} = A_1 / l_1 \quad (23)$$

Die Antwort ist akzeptabel, wenn sie nicht größer als  $e_{1a}$  wie in 1) angenommen ist.

Wenn die Antwort nicht akzeptabel ist, zu 1) zurückkehren.

Zum Suchen ein ähnliches Verfahren  $e_{2a}$  verwenden.

$$l_2 = 1,4 \sqrt{\frac{D_c e_{2a}}{\cos \alpha}} \quad (24)$$

### 6.9.2.3.7 Verbindung zwischen dem großen Ende eines Kegels und einem Zylinder mit Krempe

#### 6.9.2.3.7.1 Anwendungsbedingungen

Dieser Unterabschnitt gilt, sofern alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) Die Krempe hat eine toroidale Form und geht nahtlos in den angrenzenden Kegel und Zylinder über und
- b) der innere Krümmungsradius der Krempe,  $r_i < 0,3 D_c$ .

ANMERKUNG Dieser Unterabschnitt schreibt keine Untergrenze für den Krümmungsradius der Krempe vor.

#### 6.9.2.3.7.2 Auslegung

Der Wert von  $e_j$  wird mit dem folgenden Verfahren bestimmt:

Einen Wert von  $e_j$  annehmen und Folgendes berechnen:

$$\beta = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{D_c}{e_j}} \cdot \frac{\tan \alpha}{1 + \frac{1}{\sqrt{\cos \alpha}}} - 0,15 \quad (25)$$

$$\rho = \frac{0,028 r_i}{\sqrt{D_c e_j}} \frac{\alpha}{1 + 1/\sqrt{\cos \alpha}} \quad (26)$$

$$\gamma = 1 + \frac{\rho}{1,2 \left(1 + \frac{0,2}{\rho}\right)} \quad (27)$$

$$e_j = \frac{p_c D_c \beta}{2 f \gamma} \quad (28)$$

Die Antwort ist akzeptabel, wenn der mit Gleichung (28) angegebene Wert nicht kleiner als angenommen ist.

Die erforderliche Dicke  $e_1$  des an die Verbindungsstelle angrenzenden Zylinders ist der größere Wert von  $e_{cyl}$  und  $e_j$ .

Diese Dicke muss über einen Abstand von mindestens  $1,4 l_1$  und  $0,5 l_1$  von der Krempe/Zylinder-Tangente entlang des Zylinders beibehalten werden.

Die erforderliche Dicke  $e_2$  der Krempe und des Kegels neben der Verbindungsstelle ist die größere von  $e_{con}$  und  $e_j$ . Diese Dicke muss über einen Abstand von mindestens  $1,4 l_2$  und  $0,7 l_2$  von der Kegel/Krempe-Tangente entlang des Kegels beibehalten werden.

### 6.9.2.3.7.3 Bewertung

Der maximal zulässige Druck für eine gegebene Geometrie wird wie folgt bestimmt:

- Bestimmen von  $e_{1a}$ , die Analysedicke für den Zylinder neben der Krempe, und  $e_{2a}$ , die Analysedicke für die Krempe und den angrenzenden Teil des Kegels;
- Prüfen, ob die Einschränkungen von 6.9.2.3.7.1 erfüllt sind;
- Gleichung (19) auf den Zylinder anwenden, mit  $e_a = e_{1a}$ ;
- Gleichung (10) auf den Kegel anwenden, mit  $e_{con} = e_{2a}$ ;
- $e_j$  finden, den kleineren Wert von  $e_{1a}$  und  $e_{2a}$ ;
- $\beta$  and  $\gamma$  finden aus Gleichungen (25) und (27), dann ist

$$P_{\max} = \frac{2 f \gamma e_j}{\beta D_c} \quad (29)$$

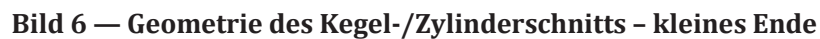
- Der maximal zulässige Druck ist der niedrigste der in c), d), f) ermittelten Drücke.

### 6.9.2.3.8 Verbindung zwischen dem kleinen Ende eines Kegels und einem Zylinder

#### 6.9.2.3.8.1 Anwendungsbedingungen

Die Anforderungen von 6.9.2.8.2 und 6.9.2.8.3 gelten unter der Voraussetzung, dass alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die erforderliche Dicke des Zylinders  $e_1$  wird über einen Abstand  $l_1$  und die des Kegels  $e_2$  über einen Abstand  $l_2$  von der Verbindungsstelle beibehalten (siehe Bild 6); und
- die Dicken entsprechen den Anforderungen von 6.9.2.1 und 6.9.2.3.4;



- b) Die Dicke des Zylinders kann in der Nähe der Verbindungsstelle erhöht und weiter entfernt verringert werden, vorausgesetzt, dass die Querschnittsfläche des mit dem Zylinder versehenen Metalls in einem Abstand  $l_1$  von der Verbindungsstelle nicht kleiner als  $l_1 e_1$  ist. Darüber hinaus kann die Dicke des Kegels in der Nähe der Verbindungsstelle erhöht und weiter entfernt verringert werden, vorausgesetzt, dass die Querschnittsfläche des mit dem Kegel versehenen Metalls in einem Abstand  $l_2$  von der Verbindungsstelle nicht kleiner als  $l_2 e_2$  ist.

#### 6.9.2.3.8.3 Bewertung

Der maximal zulässige Druck für eine gegebene Geometrie wird wie folgt bestimmt:

$$P_{\max} = \frac{2f z e_{1a}}{D_c \beta_H} \quad (35)$$

$\beta_H$  berechnet sich nach Gleichung (30) bis (33) mit  $e_{1a}$  und  $e_{2a}$  anstatt  $e_1$  und  $e_2$ .

ANMERKUNG 1 Das Verfahren zur Ermittlung von  $e_{1a}$  und  $e_{2a}$  ist wie in der ANMERKUNG zu 6.9.2.3.6.3 angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Analysedicken können die erforderliche Dicke überschreiten, ohne dass es zu einer Erhöhung in  $l_1$  oder  $l_2$  kommt.

#### 6.9.2.3.9 Versetzte Reduzierstücke

Dieser Unterabschnitt gilt für versetzte Reduzierstücke (siehe Bild 7). Die zylindrischen Teile müssen parallele Mittellinien haben, die um einen Abstand  $d_{\text{off}}$  voneinander versetzt sind, der nicht größer ist als die Differenz ihrer Radien. Für die Verbindung am großen Ende sind die Dicken nach 6.9.2.3.6 oder 6.9.2.3.7 zu berechnen. Für die Verbindungsstelle am kleinen Ende sind die Minstdicken nach 6.9.2.3.8 zu berechnen. Die größere davon gilt für das gesamte Reduzierstück. Der Winkel  $\alpha$  ist der größte Winkel zwischen dem konischen und dem zylindrischen Teil.

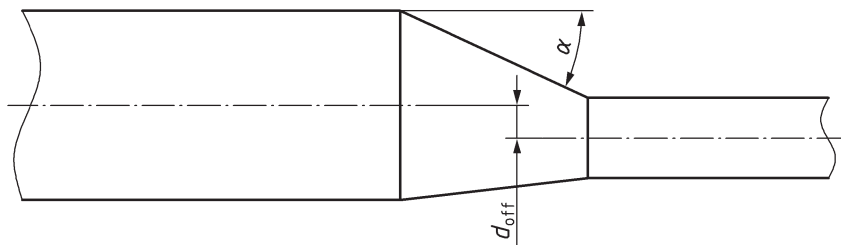


Bild 7 — Versetztes Reduzierstück

6.9.3 wird wie folgt ersetzt:

### 6.9.3 Öffnungen und Abzweigverbindungen

#### 6.9.3.1 Allgemeines

Dieser Unterabschnitt gilt für zylindrische Hüllen mit kreisförmigen Öffnungen und Abzweigungen, die senkrecht zur Wand des Zylinders verlaufen.

Wenn bei gelöteten Verbindungen die Öffnung keine zusätzliche Verstärkung erfordert, bleibt die in Kategorie X eingestufte Abzweigung in Kategorie X.

Für die Zwecke dieser Klausel bezieht sich das Wort „Gehäuse“ zusätzlich zu Gehäusen auch auf Leitungsrohre und Verteilerrohre.

Für andere Öffnungsarten (nicht kreisförmig, Winkel zwischen Hauptleitung und Abzweigungen ungleich 90°) siehe EN 13480-3, Abschnitt 8;

### 6.9.3.2 Symbole

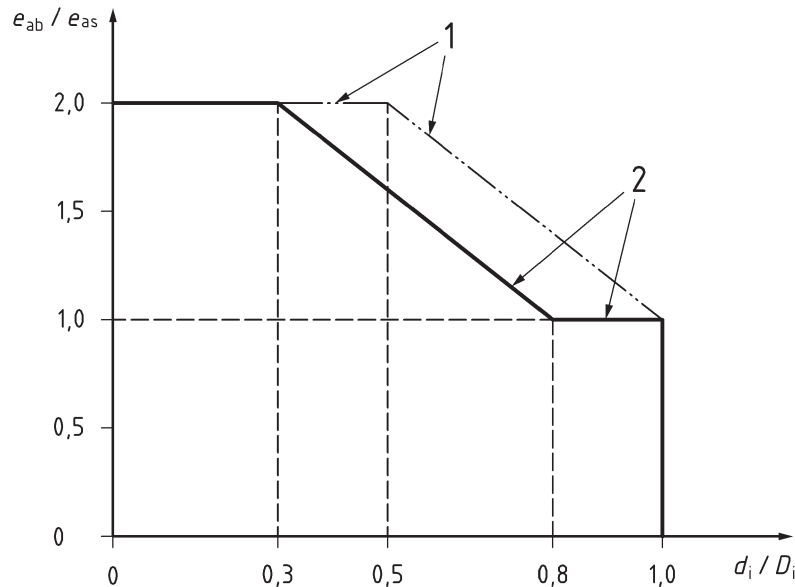
Die in Tabelle 5 angegebenen Symbole gelten zusätzlich zu den in Tabelle 3 angegebenen Symbolen.

**Tabelle 5 — Zusätzliche Symbole für die Anwendung von 6.9.3**

| Symbol                                                                                                            | Beschreibung                                                                                                        | Einheit         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| $A_f$                                                                                                             | effektive Querschnittsfläche der betrachteten Wand ohne Zuschläge und Toleranzen                                    | mm <sup>2</sup> |
| $A_p$                                                                                                             | Druckbereich                                                                                                        | mm <sup>2</sup> |
| $D$                                                                                                               | Durchmesser der Schale                                                                                              | mm              |
| $D_m$                                                                                                             | mittlerer Durchmesser, definiert mit dem Index a                                                                    | mm              |
| $L_b$                                                                                                             | Abstand zwischen den Mittelpunkten benachbarter Abzweigungen                                                        | mm              |
| $D$                                                                                                               | Durchmesser der Abzweigung und des angeschlossenen Rohrs                                                            | mm              |
| $D_m$                                                                                                             | mittlerer Durchmesser, definiert mit dem Index a                                                                    | mm              |
| $E$                                                                                                               | Mindestwanddicke nach Definition mit dem Index a                                                                    | mm              |
| $E_a$                                                                                                             | Analysewanddicke nach Definition mit dem Index a                                                                    | mm              |
| $E_{ord}$                                                                                                         | geordnete Wanddicke nach Definition mit dem Index a                                                                 | mm              |
| $L$                                                                                                               | Verstärkungslänge nach Definition mit den Indizes a                                                                 | mm              |
| $X$                                                                                                               | Mindestabstand zur nächsten Diskontinuität                                                                          | mm              |
| $\psi$                                                                                                            | Winkel zwischen der Rohrachse und der Linie durch die Mittelpunkte zweier benachbarter Abzweigungen (siehe Bild 14) | °               |
| <sup>a</sup> Es gelten folgende Indizes:<br>— b = Abzweigung<br>— s = Schale oder Ende<br>— pl = Ausgleichsplatte |                                                                                                                     |                 |

### 6.9.3.3 Dickenverhältnis

Das in den Berechnungen verwendete Dickenverhältnis  $e_{ab}/e_{as}$  darf nicht größer sein als der in Bild 8 angegebene Wert für zylindrische Schalen als Funktion von  $d_i/D_i$ .



#### Legende

- 1 nur für  $f \leq 250 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$
- 2 nur für  $f > 250 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$

**Bild 8 — Diagramm des Dickenverhältnisses als Funktion des Durchmesser-Verhältnisses für Zylinder**

#### 6.9.3.4 Öffnungen in der Nähe von Diskontinuitäten

Öffnungen in zylindrischen Tanks müssen einen Abstand von der Diskontinuität der Schale haben, dessen Wert  $x$  nicht kleiner ist als der für jeden Schalentyp angegebene Wert.

für eine zylindrische Schale, die mit einem gewölbten Ende verbunden ist, mit einer konischen Schale an der großen Basis, mit einem flachen Ende, mit Dehnungsfugen und Flanschen:

$$x \geq \max(0,2l_s; 3,0e_{as}) \quad (36)$$

für zylindrische Schale, verbunden mit einer konischen Schale an der kleinen Basis, mit einer halbkugelförmigen Schale und mit anderen zylindrischen, nicht coaxialen Schalen:

$$x \geq l_s \quad (37)$$

Dabei ist

$x$  in Bild 9 dargestellt;

$l_s$  mit Gleichung (39) gegeben.



Zylindrische Schalen mit Öffnungen müssen bei Bedarf verstärkt werden. Die Verstärkung der Öffnung muss mit einer der folgenden Methoden erfolgen (siehe Bild 10):

- eine erhöhte Wanddicke der Schale im Vergleich zu der Schale ohne Öffnungen;
- aufgesetzte, aufgeschweißte Verstärkungsstellen;
- eine erhöhte Wanddicke der Abzweigung;
- eine Kombination der vorgenannten Methoden.

Technical drawing of a shaft-hub assembly. The drawing shows a shaft (hatched) inserted into a hub (hatched). The shaft has a diameter  $d_i$  and a length  $l_s$ . The hub has an inner diameter  $D_i / 2$ . The fit is defined by the clearance  $e_{ab}$  and the interference  $e_{as}$ . The drawing also shows the transition from the shaft to the hub.