

## Formstücke zum Einschweißen

Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle  
mit besonderen Prüfanforderungen  
Deutsche Fassung prEN 10253-4:2003

**DIN**

EN 10253-4

ICS 23.040.40; 77.140.20

**Entwurf**

Einsprüche bis 2003-08-31

Butt-welding pipe fittings — Part 4: Wrought austenitic and austenitic-ferritic (duplex) stainless steels with specific inspection requirements; German version prEN 10253-4:2003

Raccords à souder bout à bout — Partie 4: Aciers inoxydables austénitiques et austéno-ferritiques avec contrôle spécifique; Version allemande prEN 10253-4:2003

Vorgesehen als  
teilweiser Ersatz  
für

DIN 2605-1:1991-02,  
DIN 2605-2:1995-06,  
DIN 2609:1991-02,  
DIN 2615-1:1992-05,  
DIN 2615-2:1992-05,  
DIN 2616-1:1991-02,  
DIN 2616-2:1991-02 und  
DIN 2617:1991-02

**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

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an [nard@din.de](mailto:nard@din.de) in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Kamekestraße 8, 50672 Köln.

**Nationales Vorwort**

Dieser europäische Norm-Entwurf wurde vom Technischen Komitee ECISS/TC 29 „Stahlrohre sowie Fittings für Stahlrohre“ (Sekretariat: UNI) ausgearbeitet.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NARD-11 „Einschweißfittings“ im Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) verantwortlich.

Der vorliegende Norm-Entwurf enthält die Anforderungen an Formstücke zum Einschweißen aus nichtrostenden Stählen, die bisher in den im Ersatzvermerk genannten DIN-Normen festgelegt waren. Die Anforderungen an Formstücke zum Einschweißen für legierte und unlegierte Stähle sind in DIN EN 10253-2 festgelegt.

Fortsetzung Seite 2  
und 64 Seiten prEN

Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD)  
im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

### **Änderungen**

Gegenüber DIN 2605-1:1991-02, DIN 2605-2:1995-06, DIN 2609:1991-02, DIN 2615-1:1992-05, DIN 2615-2:1992-05, DIN 2616-1:1991-02, DIN 2616-2:1991-02 und DIN 2617:1991-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Zusammenfassung der Festlegungen in einer Norm;
- b) in der vorliegenden Norm sind nur nichtrostende Stähle enthalten, für legierte und unlegierte Stähle gilt DIN EN 10253-2.

## **Formstücke zum Einschweißen — Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle mit besonderen Prüfanforderungen**

*Raccords à souder bout à bout — Partie 4: Aciers inoxydables austénitiques et austéno-ferritiques avec contrôle spécifique*

*Butt-welding pipe fittings — Part 4: Wrought austenitic and austenitic-ferritic (duplex) stainless steels with specific inspection requirements*

ICS:

Deskriptoren

**Inhalt**

Seite

<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>7</b>
<b>4 Symbole</b> .....	<b>8</b>
<b>5 Sorteneinteilung und Bezeichnung</b> .....	<b>9</b>
5.1 Sorteneinteilung.....	9
5.2 Bezeichnung.....	9
<b>6 Bestellangaben</b> .....	<b>9</b>
6.1 Verbindliche Angaben.....	9
6.2 Zusätzliche Angaben (Optionen).....	10
6.3 Bestellbeispiele.....	11
<b>7 Festigkeit unter Innendruck</b> .....	<b>12</b>
7.1 Allgemeines.....	12
7.2 Formstücke, Bauart A.....	12
7.3 Formstücke, Bauart B.....	12
<b>8 Herstellverfahren</b> .....	<b>12</b>
8.1 Erschmelzungsverfahren des Stahls.....	12
8.2 Herstellverfahren für Formstücke und Wärmebehandlung.....	13
<b>9 Technische Anforderungen</b> .....	<b>15</b>
9.1 Allgemeines.....	15
9.2 Chemische Zusammensetzung.....	15
9.3 Mechanische Eigenschaften.....	18
<b>10 Oberflächen und innere Beschaffenheit</b> .....	<b>23</b>
10.1 Oberflächenbeschaffenheit.....	23
10.2 Innere Beschaffenheit.....	23
<b>11 Maße und Grenzabmaße</b> .....	<b>24</b>
11.1 Maße.....	24
11.2 Grenzabmaße.....	26
11.3 Ausführung der Formstückenden.....	29
<b>12 Prüfung</b> .....	<b>29</b>
12.1 Prüfbescheinigungen.....	29
12.2 Zusammenfassung der Prüfungen.....	30
<b>13 Probenentnahme</b> .....	<b>30</b>
13.1 Häufigkeit der Prüfungen.....	30
13.2 Vorbereitung der Probenabschnitte und Proben.....	31
<b>14 Prüfverfahren</b> .....	<b>32</b>
14.1 Chemische Analyse.....	32
14.2 Zugversuch am Grundwerkstoff.....	32
14.3 Zugversuch quer zur Schweißnaht.....	33
14.4 Schweißnaht-Biegeversuch.....	33
14.5 Kerbschlagbiegeversuch.....	33
14.6 Prüfung auf interkristalline Korrosion.....	34
14.7 Maßprüfung.....	34
14.8 Sichtprüfung.....	34
14.9 Zerstörungsfreie Prüfung.....	34
14.10 Werkstoffprüfung.....	35
14.11 Freigestellte Prüfungen.....	35

<b>15</b>	<b>Kennzeichnung .....</b>	<b>35</b>
<b>15.1</b>	<b>Umfang der Kennzeichnung .....</b>	<b>35</b>
<b>16</b>	<b>Vorbereitung zum Versand und Verpackung .....</b>	<b>36</b>
<b>Anhang A</b> (informativ)	<b>Besondere Maße der Formstücke .....</b>	<b>37</b>
<b>Anhang B</b> (informativ)	<b>Bestimmung der Wanddicke .....</b>	<b>41</b>
<b>Anhang C</b> (informativ)	<b>Tabellen für die Wanddicke .....</b>	<b>51</b>
<b>Anhang D</b> (informativ)	<b>Allgemein verwendete Innendurchmesser und Wanddicken .....</b>	<b>63</b>
<b>Anhang ZA</b> (informativ)	<b>Abschnitte in dieser Europäischen Norm, die grundlegende Anforderungen oder andere Vorgaben von EU-Richtlinien betreffen .....</b>	<b>64</b>

## Vorwort

Dieses Dokument (prEN 10253-4) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC ECISS/TC 29 „Stahlrohre und Fittings für Stahlrohre“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI/UNSIDER gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieser Norm ist.

EN 10253 umfasst eine Reihe Europäischer Normen über Formstücke zum Einschweißen, dies sind:

- Teil 1: Unlegierter Stahl für allgemeine Anwendungen und ohne besondere Prüfanforderungen
- Teil 2: Unlegierter und legierter Stahl mit besonderen Prüfanforderungen
- Teil 3: Austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle ohne besondere Prüfanforderungen
- Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle mit besonderen Prüfanforderungen.

Bei der Erarbeitung dieser Europäischen Norm hat das zuständige Komitee erkannt, dass zwei unterschiedliche Produktgruppen verwendet werden und hat beschlossen, dem durch Aufspaltung der Norm in zwei Teile Rechnung zu tragen.

Das Komitee hat die Notwendigkeit erkannt, zunächst den Grundtyp zu beschreiben, bei dem die Mindestwanddicke des Formstücks sichergestellt ist ohne formalen Bezug zur Druckbelastbarkeit. Dieser Typ wird in Teil 3 berücksichtigt, er enthält Formstücke, die nicht für Anwendungen vorgesehen sind, die unter die Druckgeräterichtlinie (97/23/EU) fallen.

Zweitens legen die Normen über Bauteile unter der Druckgeräterichtlinie fest, dass das Formstück eine definierte Festigkeit gegen Innendruck hat. Dieser Ansatz bedingt erhöhte Anforderungen, die im Teil 4 berücksichtigt sind.

Anhang A (informativ) enthält Informationen über besondere Maße der Formstücke und Anhang D (informativ) enthält Vorzugsmaße für Innendurchmesser und Wanddicken.

Bei Formstücken nach EN 10253-4 kann die Festigkeit gegenüber Innendruck durch Berechnung nachgewiesen werden. Anhang B enthält Informationen zur Berechnung.

Für einige Wanddickenreihen enthält Anhang C (informativ) Werte für die Wanddicke außerhalb der Anschweißenden, so dass das Formstück im Allgemeinen die gleiche Druckfestigkeit aufweist, wie ein gerades Rohr mit den gleichen Nennmaßen.

Die Auswahl des Stahlwerkstoffes und das Anforderungsniveau hängt von vielen Faktoren ab; die Eigenschaften des Mediums, die Betriebsbedingungen, der Berechnungscode und gesetzliche Anforderungen sollten berücksichtigt werden. Daher gibt diese Norm keine detaillierten Richtlinien für die Anwendung der unterschiedlichen Bauteile.

Es liegt letztlich in der Verantwortung des Anwenders, den entsprechenden Teil für die vorgesehene Anwendung auszuwählen.

## 1 Anwendungsbereich

**1.1** Dieser Teil der EN 10253 legt die technischen Lieferbedingungen fest für nahtlose Formstücke zum Einschweißen (Rohrbogen, konzentrische und exzentrische Reduzierstücke, T-Stücke mit gleichem oder mit reduziertem Abzweig, Kappen) aus austenitischem und austenitisch-ferritischem nichtrostenden Stahl, die für druck- und korrosionsfeste Anwendungsfälle bei Raumtemperatur, Niedrigtemperatur oder bei erhöhter Temperatur vorgesehen sind.

Diese Norm legt fest:

- die Art der Formstücke;
  - Typ A: Formstücke zum Einschweißen, verminderter Ausnutzungsgrad;
  - Typ B: Formstücke zum Einschweißen, voller Ausnutzungsgrad;
- die Stahlsorten;
- die mechanischen Eigenschaften;
- die Maße und Grenzabmaße;
- die Anforderungen an die Prüfungen;
- die Prüfbescheinigungen;
- die Kennzeichnung;
- die Versandvorbereitung und Verpackung.

**1.2** Falls in diesem Teil der EN 10253 nichts anderes festgelegt ist, gelten die allgemeinen technischen Lieferbedingungen nach EN 10021.

## 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 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 288-3, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 3: Schweißverfahrensprüfung für das Lichtbogenschweißen von Stählen.*

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

EN 910, *Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Biegeprüfungen.*

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

EN 10002-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren (bei Raumtemperatur).*

EN 10002-5, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 5: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur.*

EN 10020, *Begriffsbestimmung für die Einteilung von Stählen.*

EN 10021, *Allgemeine technische Lieferbedingungen für Stahl und Stahlerzeugnisse.*

EN 10027-1, *Bezeichnungssystem für Stähle — Teil 1: Kurznamen, Hauptsymbol.*

EN 10027-2, *Bezeichnungssystem für Stähle — Teil 2: Nummernsystem.*

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

EN 10045-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren.*

EN 10052, *Begriffe der Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen.*

EN 10079, *Definition von Stahlerzeugnissen.*

EN 10088-1, *Nichtrostende Stähle — Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle.*

EN 10088-2, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band für allgemeine Verwendung.*

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

EN 10216-5, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen.*

EN 10217-7, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen.*

EN 10234, *Metallische Werkstoffe — Rohr — Aufweitversuch.*

EN 10266, *Stahlrohre, Formstücke und Hohlprofile für den Stahlbau — Symbole und Definitionen von Begriffen für die Verwendung in Erzeugnisnormen.*

EN 10272, *Nichtrostende Stäbe für Druckbehälter.*

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

EN 13480-3, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 3: Konstruktion und Berechnung.*

EN ISO 377, *Stahl und Stahlerzeugnisse — Lage und Vorbereitung von Probenabschnitten und Proben für mechanische Prüfungen (ISO 377:1999).*

EN ISO 1127, *Nichtrostende Stahlrohre — Maße, Grenzabmaße und längenbezogene Masse.*

EN ISO 2566-1, *Stahl — Umrechnung von Bruchdehnungswerten — Teil 1: Unlegierte und niedriglegierte Stähle.*

EN ISO 3651-2, *Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion — Teil 2: Nichtrostende ferritische, austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex-)Stähle — Korrosionsversuch in schwefelsäurehaltigen Medien.*

EN ISO 6708, *Rohrleitungsteile — Definition und Auswahl von DN (Nennweite).*

ISO 3419, *Non-alloy and alloy steel butt-welding fittings.*

ISO 5251, *Stainless steel butt-welding fittings.*

ISO 14284, *Iron and steel products — Sampling and preparation of samples for the determination of the chemical composition.*

CR 10260, *Designation system for steel — Additional symbols.*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die entsprechenden Begriffe nach EN 10020, EN 10021, EN 10052, EN 10079 und EN ISO 377 sowie die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **Typ**

bei Rohrbogen und Rohrbogen 180° bestimmt der Typ den Biegeradius des Teiles

#### 3.2 Einschweiß-Formstück

##### 3.2.1

##### **Formstücke**

aus geschweißten Rohren

##### 3.2.2

##### **Formstücke**

aus Blech oder Band, bei denen das Schweißen Teil des Fertigungsverfahrenes ist

#### 3.3

##### **Besteller**

Person oder Organisation, die Produkte nach dieser Norm bestellt. Der Besteller ist nicht notwendigerweise, er kann jedoch ein Hersteller von Druckgeräten nach der in Anhang ZA angegebenen EU-Richtlinie sein. Hat ein Besteller nach dieser Richtlinie Verantwortung zu übernehmen, liefert diese Norm eine Voraussetzung für die Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der in Anhang ZA angegebenen Richtlinie

#### 3.4

##### **Arbeitgeber**

Unternehmen, in dem eine Person tätig ist. Arbeitgeber kann entweder der Formstück-Hersteller bzw. Lieferer sein oder eine dritte Partei, die eine Dienstleistung, z. B. zerstörungsfreie Prüfungen, ZfP, durchführt

## 4 Symbole

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die Symbole nach EN 10266 sowie die folgenden Symbole:

DN, DN 1	übliche Kenngröße für Rohrleitungen; nicht messbarer Wert (siehe EN ISO 6708);
D	festgelegter Außendurchmesser bei Rohrbogen, Rohrbogen 180°, T-Stücken mit gleichem Abzweig, Kappen sowie großer Außendurchmesser bei Reduzierstücken und T-Stücken mit reduziertem Abzweig, in Millimeter;
D1	festgelegter kleiner Außendurchmesser bei Reduzierstücken und T-Stücken mit reduziertem Abzweig, in Millimeter;
T	festgelegte Wanddicke an den Schweißenden bei Rohrbogen, Rohrbogen 180° und T-Stücken mit gleichem Abzweig oder am Schweißende bei D bei Reduzierstücken und T-Stücken mit reduziertem Abzweig, in Millimeter;
T1	festgelegte Wanddicke am Schweißende bei D <sub>1</sub> bei Reduzierstücken und T-Stücken mit reduziertem Abzweig, in Millimeter;
ID	Innendurchmesser am Schweißende von Rohrbogen und Rohrbogen 180°, T-Stücken mit gleichem Abzweig und am großen Schweißende bei Reduzierstücken und T-Stücken mit reduziertem Abzweig ( $ID = D - 2T$ );
ID1	Innendurchmesser am kleinen Schweißende von Reduzierstücken und T-Stücken mit reduziertem Abzweig ( $ID_1 = D_1 - 2T_1$ );
C	Baulänge bei Rohrbogen 180° gemessen von Mitte zu Mitte ( $C = 2R$ ), in Millimeter;
B	Baulänge bei Rohrbogen 180°, gemessen von den Bogenöffnungen bis zum Scheitelpunkt des Bogens, in Millimeter;
F	Baulänge bei T-Stücken, gemessen von der Mittelachse des Abzweiges bis zum Anschweißende des T-Stück-Durchgangs und bei T-Stücken mit gleichem Abzweig, gemessen von der Mittelachse des Durchganges bis zum Anschweißende des Abzweiges, in Millimeter;
G	Abzweig-Baulänge bei T-Stücken mit reduziertem Abzweig, gemessen von der Mittelachse des T-Stückdurchgangs bis zum Anschweißende des Abzweiges, in Millimeter;
H	Höhe des geraden Teils bei gewölbten Böden, in Millimeter;
H	Baulänge bei Rohrbogen 45°, in Millimeter;
K <sub>2</sub>	Gesamthöhe bei Kappen, in Millimeter;
L	Baulänge bei Reduzierstücken, in Millimeter;
X	Formtoleranz für Formstücke;
R	Biegeradius Rohrbogen und Rohrbogen 180°, in Millimeter;
R <sub>m</sub>	Zugfestigkeit bei Raumtemperatur, in Megapascal;
R <sub>p0,2</sub>	0,2 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur, in Megapascal;

R <sub>p1,0</sub>	1,0 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur, in Megapascal;
A	Bruchdehnung, bezogen auf eine Anfangsmesslänge von $5,65 \sqrt{S_0}$ ;
HB	Brinellhärte;
W0	geschweißt aus warm- oder kaltgewalztem Blech oder Band 1 D, 2 D, 2 E, 2 B (Symbole für Flacherzeugnisse nach EN 10088-2);
W 1	geschweißt aus warmgewalztem Blech oder Band 1 D, entzündert;
W2	geschweißt aus kaltgewalztem Blech oder Band 2 D, 2 E und 2 B, entzündert.

## 5 Sorteneinteilung und Bezeichnung

### 5.1 Sorteneinteilung

Die in dieser Europäischen Norm enthaltenen Stähle sind nach ihrem Gefüge eingeteilt in:

- austenitische Stähle;
- austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle.

Genauere Angaben siehe EN 10088-1.

### 5.2 Bezeichnung

Die in dieser Europäischen Norm enthaltenen Formstücke werden mit folgenden Angaben bezeichnet:

- Nummer dieser Europäischen Norm (EN 10253-4)

und:

- Kurzbenennung des Stahls nach EN 10027-1 und CR 10260;

oder:

- Werkstoffnummer des Stahls nach EN 10027-2.

## 6 Bestellangaben

### 6.1 Verbindliche Angaben

#### 6.1.1 Bezeichnung der Formstücke

Die Formstücke können durch ihren Außendurchmesser D (und D<sub>1</sub>) oder durch ihren Innendurchmesser ID (und ID<sub>1</sub>) bezeichnet werden.

#### 6.1.1.1 Rohrbogen und Rohrbogen 180°

Rohrbogen und Rohrbogen 180° werden durch die Bauart, den Winkel und den Durchmesser (D oder ID) bezeichnet.

Durch ihren Außendurchmesser D bezeichnete Bauarten von Rohrbogen:

$R \sim 1 D$ ,  $R \sim 1,5 D$  und  $R \sim 2,5 D$ .

Durch ihren Innendurchmesser ID bezeichnete Bauarten von Rohrbogen:

$R \sim ID + 100$ ,  $R \sim 1,5 ID$  und  $R \sim 3 ID$ .

#### 6.1.1.2 Reduzierstücke

Reduzierstücke werden durch die Bauart (konzentrisch oder exzentrisch), den größeren Durchmesser (D oder ID) und den kleineren Durchmesser ( $D_1$  oder  $ID_1$ ) bezeichnet.

#### 6.1.1.3 T-Stücke

Egale T-Stücke werden durch den Durchmesser (D oder ID) bezeichnet.

Reduzier-T-Stücke werden durch den größeren Durchmesser (D oder ID) und den kleineren Durchmesser ( $D_1$  oder  $ID_1$ ) bezeichnet.

#### 6.1.1.4 Kappen

Kappen werden durch den Durchmesser bezeichnet (D oder ID).

### 6.1.2 Angaben

Bei Anfrage und Bestellung muss der Besteller folgende Angaben machen:

- a) verlangte Menge (Stückzahl);
- b) Bezeichnung der Formstücke (siehe 5.1.1) und Wanddicke T ( $T_1$ );
- c) Bezeichnung der Stahlsorte nach dieser Europäischen Norm;
- d) Hinweis auf diese Europäische Norm;
- e) Bauart des Formstücks, A oder B.

### 6.2 Zusätzliche Angaben (Optionen)

Diese Europäische Norm legt eine Reihe weiterer zusätzlicher Angaben fest, die nachstehend aufgeführt sind. Falls der Besteller davon keinen Gebrauch macht und die Anfrage und Bestellung keine entsprechenden Anforderungen enthält, sind die Formstücke nach den grundsätzlichen Festlegungen (siehe 5.1) zu liefern.

- 1) Erschmelzungsverfahren (siehe 8.1);
- 2) Herstellverfahren des Formstücks (siehe 8.2.1);
- 3) Erzeugnisform der Vormaterialien und/oder Lieferbedingung (siehe 8.2.1, Tabelle 1);
- 4) Wärmebehandlung der Formstücke (siehe 8.2.3);

- 5) Stückanalyse (siehe 9.2.2);
- 6) Überprüfung der Kerbschlagwerte bei Raumtemperatur (siehe 9.3.1);
- 7) vereinbarte mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur für Formstücke aus nichtrostendem austenitischem Stahl mit Wanddicken über 60 mm (siehe Tabelle 6);
- 8) Überprüfung der Zugfestigkeit bei erhöhter Temperatur (siehe 9.3.2);
- 9) Überprüfung der Kerbschlagwerte bei niedriger Temperatur (siehe 9.3.3);
- 10) Beizen (siehe 10.1.9);
- 11) Strahlen oder Blankglühen (siehe 10.1.9);
- 12) Beizen und Passivierung (siehe 10.1.9);
- 13) besondere Maße der Formstücke nach Anhang A (siehe 11.1.2);
- 14) Bestellung der Formstücke mit Grenzabmaßen Klasse D3 oder D4 (siehe Tabelle 8);
- 15) Art der Prüfbescheinigung, falls nicht nach dem Standard-Dokument (siehe 12.1.1);
- 16) besondere Größe des Prüfloses (siehe Tabelle 11);
- 17) Überprüfung der Kerbschlagwerte quer zur Schweißnaht (siehe 13.2.6);
- 18) Eindringprüfung von Schweißnaht und Schweißenden (siehe 14.9.2);
- 19) Eindringprüfung der Oberflächen (siehe 14.9.2);
- 20) Ultraschallprüfung von Band oder Blech (siehe 14.9.2);
- 21) Zusätzliche Kennzeichnung (siehe 15.1);
- 22) Besondere Verpackung (siehe 16).

### 6.3 Bestellbeispiele

#### 6.3.1 Beispiel 1

1 000 Rohrbogen nach dieser Europäischen Norm der Bauart 3D, mit Winkel 90° und den Maßen 60,3 × 2,9, ohne erhöhte Wanddicke des Formstückkörpers und mit einem Biegeradius nach Anhang A, aus der Stahlsorte 1.4436.

1 000 Rohrbogen — EN 10253-4 — A — Bauart 3D — 90° — 60,3 × 2,9 —  
1.4436 — Option 13

#### 6.3.2 Beispiel 2

2 000 konzentrische Reduzierstücke nach dieser Europäischen Norm der Bauart 2, mit den Maßen 219,1 × 6,3 — 139,7 × 4,0, mit erhöhter Wanddicke des Formstückkörpers und einer Länge nach Anhang A, aus der Stahlsorte X2CrNi19-11.

2 000 konzentrische Reduzierstücke — EN 10253-4 — B — 219,1 × 6,3 — 139,7 × 4,0 —  
X2CrNi19-11 — Option 13

### 6.3.3 Beispiel 3

3 000 egale T-Stücke nach dieser Europäischen Norm mit den Maßen ID 40,0 × 2,0, aus der Stahlsorte 1.4301, Oberfläche gebeizt.

3 000 egale T-Stücke — EN 10253-4 — A — ID 40,0 × 2,0 —  
1.4301 — Option 10

## 7 Festigkeit unter Innendruck

### 7.1 Allgemeines

Die Druckgeräterichtlinie (Richtlinie 97/23/EU-Anhang 1-2.2.2) fordert, dass die Auslegung für die entsprechende Festigkeit auf einer Berechnungsmethode basiert.

Die Festigkeit eines Formstückes gegen Innendruck nach dieser Europäischen Norm muss nach den z. B. in EN 13480-3 oder EN 13445-3 festgelegten Berechnungsregeln bestimmt werden.

Die Wahl des geeigneten Formstückes (Werkstoff, Dicke) liegt in der Verantwortung des Herstellers des Druckgerätes.

### 7.2 Formstücke, Bauart A

Formstücke der Bauart A haben an den Schweißenden sowie am Formstückkörper die gleiche Wanddicke. Ihre Festigkeit gegen Innendruck ist geringer als die eines Rohres mit gleichem Durchmesser, gleicher Wanddicke und aus der gleichen Stahlsorte.

Bei Rohrbogen darf die Wanddicke an den Bogenaußenseiten 25 % unter der Nenn-Wanddicke liegen.

Bei Reduzierstücken muss die Wanddicke am Konus der festgelegten Wanddicke am größeren Ende entsprechen.

### 7.3 Formstücke, Bauart B

Formstücke der Bauart B haben am Formstückkörper eine erhöhte Wanddicke. Sie weisen im Allgemeinen die gleiche Druckfestigkeit auf wie ein Rohr mit gleichem Durchmesser, gleicher Wanddicke und aus der gleichen Stahlsorte.

Die Anforderungen an die Wanddicke für diese Bauart der Formstücke sind in den in Anhang B enthaltenen Berechnungsverfahren festgelegt. Für einige bevorzugte festgelegte Wanddicken sind die sich für den Formstückkörper ergebenden Wanddicken in den in Anhang C enthaltenen Tabellen angegeben.

## 8 Herstellverfahren

### 8.1 Erschmelzungsverfahren des Stahls

Das Erschmelzungsverfahren des Stahls bleibt dem Hersteller überlassen.

**Option 1:** Dem Besteller muss über das angewendete Erschmelzungsverfahren in Kenntnis gesetzt werden. Das Verfahren muss in der Prüfbescheinigung angegeben werden.

## 8.2 Herstellverfahren für Formstücke und Wärmebehandlung

### 8.2.1 Herstellverfahren

Die unterschiedlichen Verfahren und die entsprechenden Erzeugnisformen des Vormaterials sind in Tabelle 1 angegeben. Das Verfahren bleibt dem Hersteller überlassen.

Das Herstellverfahren muss so durchgeführt werden, dass im Formstück keine funktionsbeeinträchtigenden Fehler vorhanden sind.

Werden Rohre als Vormaterial verwendet, gelten die folgenden Bedingungen:

- die Wahl des Rohres (nahtlos oder geschweißt) bleibt dem Hersteller überlassen;
- bei der Herstellung von Formstücken aus Rohren sind Rohre nach EN 10216-5 (nahtlos) und EN 10217-7 (geschweißt) zu verwenden. Rohre mit den Kennzeichen „C1“ und/oder „C2“ sind nicht zulässig.

Wird Blech oder Band als Vormaterial verwendet, gelten die folgenden Bedingungen:

- bei der Herstellung von Formstücken aus Blech oder Band ist Blech oder Band nach EN 10028-7 zu verwenden.

Wird Stabstahl als Vormaterial verwendet, gelten die folgenden Bedingungen:

- bei der Herstellung von Formstücken aus Stabstahl ist Stabstahl nach EN 10272 zu verwenden.

**Tabelle 1 — Herstellverfahren — Erzeugnisformen des Vormaterials<sup>a</sup>**

Herstellverfahren	Warmverformung			Kaltverformung		
	gebogen <sup>b</sup>	gesenkgeschmiedet <sup>c</sup>	gewalzt, geschmiedet mit anschließender spanender Bearbeitung	gebogen <sup>b</sup>	gesenkgeschmiedet <sup>c</sup>	spanend bearbeitet aus rundem Stabmaterial ( DN < 50 )
Rohrbogen	1, 2, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5	—	1, 2, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5	—
T-Stücke	—	1, 2, 3, 4, 5	4, 5	—	1, 2, 3, 4, 5	—
Reduzierstücke	—	1, 2, 3, 4, 5	4, 5	—	1, 2, 3, 4, 5	5
Kappen	—	1, 2, 3, 4, 5	4, 5	—	1, 2, 3, 4, 5	5

<sup>a</sup> Vormaterial

1 Nahtloses Rohr  
 2 Geschweißtes Rohr (v= 1,0)  
 3 Blech und Band  
 4 Schmiedestück  
 5 Stabstahl

<sup>b</sup> Bei der Herstellung von Rohrbogen aus geschweißtem Rohr bleibt die Lage der Schweißnaht dem Hersteller überlassen.

<sup>c</sup> Bei diesen Herstellverfahren kann zusätzlich mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoff geschweißt werden. Bei Verwendung von Schweißzusatzwerkstoff muss dieser mit dem Grundwerkstoff kompatibel sein.

**Option 2:** Das Herstellverfahren und/oder die entsprechenden Einzelheiten, z. B. Schweißarbeiten oder Lage der Schweißnaht vor dem Umformen muss/müssen den Festlegungen in der Bestellung entsprechen.

**Option 3:** Die zu verwendende Form des Vormaterials und/oder der entsprechende Lieferzustand muss/müssen den Festlegungen in der Bestellung entsprechen.

## 8.2.2 Schweißen

Bei der Herstellung von Formstücken aus Blech oder Band, gilt das Schweißen als Teil der Herstellung der Formstücke. Die nachfolgenden Kriterien sind einzuhalten:

- Schweißprozess/Schweißverfahren müssen nach EN 288-3 qualifiziert sein;
- Schweißer und/oder Bediener von Schweißeinrichtungen müssen nach EN 287-1 und/oder EN 1418 qualifiziert sein.

Alle Nähte, die während der Herstellung des Formstückes geschweißt werden, müssen durch Schmelzschweißen hergestellt werden. Alle Schweißnähte müssen vollständig durchgeschweißt sein.

Örtliche Ausbesserungen von Schweißnähten, die mit Schweißzusatzwerkstoff hergestellt wurden, sind zulässig, sofern das Ausbesserungsverfahren/die Schweißer nach dem entsprechenden Teil der vorgenannten Normen qualifiziert sind.

Wird eine Wärmebehandlung verlangt, muss die Ausbesserung der Schweißnähte zuvor erfolgen.

### 8.2.2.1 Anforderungen an die fertige Verbindung

Unbearbeitete Schweißnahtoberflächen sind zulässig, wenn die Oberflächenunregelmäßigkeiten bei einer Durchstrahlungsprüfung oder anderen Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung eindeutig festgestellt werden können..

Eine Wanddickenreduzierung bedingt durch das Schweißverfahren ist zulässig, sofern die Materialdicke der Schweißnaht an keiner Stelle unterhalb der erforderlichen Mindestwanddicke liegt.

Wurzelrückfall ist zulässig, sofern die Materialstärke in der Schweißnaht mindestens gleich der Dicke des dünneren der zu verbindenden Blech ist und sofern der Übergang vom Blech zum Wurzelrückfall glatt ist.

Die Höhe des Schweißwulstes auf jeder Seite der Naht darf die in Tabelle 2 festgelegten Werte nicht überschreiten.

**Tabelle 2 — Höhe des Schweißwulstes**

Maße in Millimeter

Dicke des Grundmetalls ( T )	Schweißwulst
$T < 2,5$	1,0
$2,5 \leq T \leq 5,0$	1,5
$5,0 < T \leq 10,0$	2,0
$10,0 < T \leq 25,0$	2,5
$25,0 < T \leq 50,0$	3,5

## 8.2.3 Wärmebehandlung

### 8.2.3.1 Kaltumformung

Formstücke, die aus lösungsgeglühten und gehärteten oder stabilisierten Werkstoffen durch Kaltumformen hergestellt werden, müssen danach keiner Wärmebehandlung unterzogen werden, wenn bei austenitischen Stählen mit einer geforderten Mindest-Bruchdehnung  $A_5 \geq 30\%$  für den Grundwerkstoff eine Kaltumformung von 15 % nicht überschritten wird oder wenn der Nachweis erbracht ist, dass nach dem Kaltumformen eine bleibende Dehnung  $A_5$  von mindestens 15 % gegeben ist.

Wird darüber hinaus noch eine Wärmebehandlung verlangt, ist dies zum Zeitpunkt der Anfrage und Bestellung zu vereinbaren.

**Option 4:** Die Wärmebehandlung der Formstücke ist durchzuführen.

#### **8.2.3.2 Warmumformung**

Durch Warmumformung hergestellte Formstücke müssen lösungsgeglüht sein.

## **9 Technische Anforderungen**

### **9.1 Allgemeines**

Nach den Abschnitten 7, 11 und 12 gelieferte und geprüfte Formstücke müssen den Anforderungen dieses Teils der EN 10253 entsprechen.

Zusätzlich zu den Anforderungen nach diesem Teil der EN 10253 gelten die in EN 10021 festgelegten allgemeinen technischen Lieferbedingungen.

### **9.2 Chemische Zusammensetzung**

#### **9.2.1 Schmelzenanalyse**

Es gilt die vom Stahlhersteller dokumentierte Schmelzenanalyse, die für austenitische Stähle den Anforderungen in Tabelle 3 und für austenitisch-ferritische Stähle den Anforderungen in Tabelle 4 entsprechen muss.

#### **9.2.2 Stückanalyse**

**Option 5:** Eine Stückanalyse ist mitzuliefern.

Tabelle 5 enthält die zulässigen Abweichungen der Stückanalyse von den in den Tabellen 3 und 4 festgelegten Werten für die Schmelzenanalyse.

**Tabelle 3 — Chemische Zusammensetzung (Schmelzenanalyse)<sup>a</sup> von austenitischem nichtrostendem Stahl in % der Masse**

Stahlsorte	Werkstoff- bezeichnung	Werkstoff- nummer	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu	Mo	Nb	Ni	Ti	Andere
			max	max	max	max	max								
X2CrNi18-9		1.4307	0,030	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	≤ 0,11	17,50-19,50	—	—	—	8,00-10,00	—	—
X2CrNi19-11		1.4306	0,030	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	≤ 0,11	18,00-20,00	—	—	—	10,00-12,00	—	—
X2CrNiN18-10		1.4311	0,030	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	0,12-0,22	17,00-19,50	—	—	—	8,50-11,50	—	—
X5CrNi18-10		1.4301	0,07	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	≤ 0,11	17,00-19,50	—	—	—	8,00-10,50	—	—
X6CrNiTi18-10		1.4541	0,08	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	—	17,00-19,00	—	—	—	9,00-12,00	5xC-0,70	—
X6CrNiNb18-10		1.4550	0,08	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	—	17,00-19,00	—	—	10xC-1,00	9,00-12,00	—	—
X1CrNi25-21		1.4335	0,020	0,25	2,00	0,025	0,010	≤ 0,11	24,00-26,00	—	≤ 0,20	—	20,00-22,00	—	—
X2CrNiMo17-12-2		1.4404	0,030	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	≤ 0,11	16,50-18,50	—	2,00-2,50	—	10,00-13,00	—	—
X5CrNiMo17-12-2		1.4401	0,07	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	≤ 0,11	16,50-18,50	—	2,00-2,50	—	10,00-13,00	—	—
X6CrNiMoTi17-12-2		1.4571	0,08	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	—	16,50-18,50	—	2,00-2,50	—	10,50-13,50	5xC-0,70	—
X2CrNiMo17-12-3		1.4432	0,030	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	≤ 0,11	16,50-18,50	—	2,50-3,00	—	10,50-13,00	—	—
X2CrNiMoN17-13-3		1.4429	0,030	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	0,12-0,22	16,50-18,50	—	2,50-3,00	—	11,00-14,00	—	—
X3CrNiMo17-13-3		1.4436	0,05	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	≤ 0,11	16,50-18,50	—	2,50-3,00	—	10,50-13,00	—	—
X2CrNiMo18-14-3		1.4435	0,030	1,00	2,00	0,045 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	≤ 0,11	17,00-19,00	—	2,50-3,00	—	12,50-15,00	—	—
X2CrNiMoN17-13-5		1.4439	0,030	1,00	2,00	0,040 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	0,12-0,22	16,50-18,50	—	4,00-5,00	—	12,50-14,50	—	—
X2CrNiMo18-15-4		1.4438	0,030	1,00	2,00	0,040 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	≤ 0,11	17,50-19,50	—	3,00-4,00	—	13,00-16,00	—	—
X1NiCrMoCu31-27-4		1.4563	0,020	0,70	2,00	0,030	0,010	≤ 0,11	26,00-28,00	0,70-1,50	3,00-4,00	—	30,00-32,00	—	—
X1NiCrMoCu25-20-5		1.4539	0,020	0,70	2,00	0,030	0,010	≤ 0,15	19,00-21,00	1,20-2,00	4,00-5,00	—	24,00-26,00	—	—
X1CrNiMoCuN20-18-7		1.4547	0,020	0,70	1,00	0,030	0,010	0,18-0,25	19,50-20,50	0,50-1,00	6,00-7,00	—	17,50-18,50	—	—
X1NiCrMoCuN25-20-7		1.4529	0,020	0,50	1,00	0,030	0,010	0,15-0,25	19,00-21,00	0,50-1,50	6,00-7,00	—	24,00-26,00	—	—

<sup>a</sup> Elemente, die nicht in dieser Tabelle enthalten sind, dürfen dem Stahl nicht vorsätzlich ohne Zustimmung des Käufers hinzugefügt werden, ausgenommen solche Elemente, die die Schmelze vollständig sind. Es müssen alle geeigneten Maßnahmen ergriffen werden, um das Beifügen solcher unerwünschter Elemente aus Schrott oder anderen Werkstoffen bei der Stahlherstellung zu vermeiden, die die mechanischen Eigenschaften und die Verwendbarkeit des Stahls beeinträchtigen.

<sup>b</sup> Bei Formstücken, die ohne Schweißzusatzwerkstoff geschweißt werden, darf die Summe der Schwefel- und Phosphoranteile höchstens 0,040 % betragen.

**Tabelle 4 — Chemische Zusammensetzung (Schmelzenanalyse)<sup>a</sup> von austenitisch-ferritischem nichtrostendem Stahl in % (Massenanteil)**

Werkstoffbezeichnung	Stahlsorte		C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu	Mo	Ni	Andere
	Werkstoffnummer												
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462		0,030	1,00	2,00	0,035	0,015	0,10-0,22	21,00-23,00	—	2,50-3,50	4,50-6,50	—
X2CrNiN23-4 <sup>b</sup>	1.4362		0,030	1,00	2,00	0,035	0,015	0,05-0,20	22,00-24,00	0,10-0,60	0,10-0,60	3,50-5,50	—
X2CrNiMoN25-7-4 <sup>b</sup>	1.4410		0,030	1,00	2,00	0,035	0,015	0,20-0,35	24,00-26,00	—	3,00-4,50	6,00- 8,00	—
X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501		0,030	1,00	1,00	0,035	0,015	0,20-0,30	24,00-26,00	0,50-1,00	3,00-4,00	6,00-8,00	W 0,50- 1,00
X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507		0,030	0,70	2,00	0,035	0,015	0,15-0,30	24,00-26,00	1,00-2,50	2,70-4,00	5,50-7,50	—

<sup>a</sup> Elemente, die nicht in dieser Tabelle enthalten sind, dürfen dem Stahl nicht vorsätzlich ohne Zustimmung des Käufers hinzugefügt werden, ausgenommen solche Elemente, die die Schmelze vervollständigen. Es müssen alle geeigneten Maßnahmen ergriffen werden, um das Beifügen solcher unerwünschter Elemente aus Schrott oder anderen Werkstoffen bei der Stahlherstellung zu vermeiden, die die mechanischen Eigenschaften und die Verwendbarkeit des Stahls beeinträchtigen.

<sup>b</sup> Patentierte Stahlsorte.

**Tabelle 5 — Zulässige Abweichungen der Stückanalyse von den in den Tabellen 3 und 4 festgelegten Werten für die Schmelzenanalyse**

Element	Grenzwert für die Schmelzenanalyse nach den Tabellen 3 und 4	Zulässige Abweichung der Stückanalyse <sup>a</sup>
	Massenanteil in %	Massenanteil in %
Kohlenstoff	≤ 0,030	+ 0,005
	> 0,030 ≤ 0,08	± 0,01
Silikon	≤ 1,00	± 0,05
Mangan	≤ 1,00	+ 0,03
	> 1,00 ≤ 2,00	+0,04
Phosphor	≤ 0,030	+ 0,003
	> 0,030 to ≤ 0,045	+ 0,005
Schwefel	≤ 0,015	+ 0,003
Stickstoff	≤ 0,35	± 0,01
Chrom	≥ 10,50 ≤ 15,00	± 0,15
	> 15,00 ≤ 20,00	± 0,20
	> 20,00 ≤ 28,00	± 0,25
Kupfer	≤ 1,00	± 0,07
	> 1,00 ≤ 2,50	± 0,10
Molybdän	≤ 0,60	± 0,03
	> 0,60 ≤ 1,75	± 0,05
	> 1,75 ≤ 7,00	± 0,10
Niobium	≤ 1,00	± 0,05
Nickel	≤ 1,00	± 0,03
	>1,00 ≤ 5,00	± 0,07
	> 5,00 ≤ 10,00	± 0,10
	> 10,00 ≤ 20,00	± 0,15
	> 20,00 ≤ 32,00	± 0,20
Titan	≤ 0,70	± 0,05
Wolfram	≤ 1,00	± 0,05

<sup>a</sup> Werden bei einer Schmelze mehrere Stückanalysen durchgeführt und werden dabei für ein einzelnes Element Anteile außerhalb des nach der Schmelzenanalyse zulässigen Bereiches der chemischen Zusammensetzung ermittelt, so sind entweder nur Überschreitungen des zulässigen Höchstwertes oder nur Unterschreitungen des zulässigen Mindestwertes gestattet, nicht jedoch bei einer Schmelze beides gleichzeitig.

### 9.3 Mechanische Eigenschaften

#### 9.3.1 Bei Raumtemperatur

Die mechanischen Eigenschaften bei Raumtemperatur von Formstücken nach dieser Europäischen Norm müssen den Anforderungen in den Tabellen 6 und 7 entsprechen (siehe auch 7.2.3.1).

**Option 6:** Der Kerbschlagbiegeversuch ist bei Raumtemperatur durchzuführen (siehe Tabellen 6 und 7). Für Formstücke, die aus geschweißten Rohren hergestellt werden, muss die Lage der Proben, aus der Schweißnaht oder entgegengesetzt dazu, bei der Anfrage und Bestellung vereinbart werden.

**Option 7:** (siehe Tabelle 6).

### 9.3.2 Bei erhöhter Temperatur

Die Werte für die Mindest-Dehngrenze  $R_{p0,2}$  und  $R_{p1,0}$  bei erhöhter Temperatur sind in der entsprechenden Norm über das Vormaterial, je nach Art der verwendeten Lieferform, festgelegt.

**Option 8:** Für austenitische Stähle muss die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  bzw.  $R_{p1,0}$  den Werten in Tabelle 6 entsprechen. Für austenitisch-ferritische Stähle gelten die Werte für die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  nach Tabelle 7. Die Temperatur für den Zugversuch ist bei der Anfrage und Bestellung zu vereinbaren.

### 9.3.3 Bei niedriger Temperatur

Die Kerbschlagwerte bei niedriger Temperatur müssen den Anforderungen in den Tabellen 6 und 7 entsprechen.

**Option 9:** Der Kerbschlagbiegeversuch ist bei niedriger Temperatur durchzuführen.

Für Formstücke, die aus geschweißten Rohren hergestellt werden, muss die Lage der Proben, aus der Schweißnaht oder entgegengesetzt dazu, bei der Anfrage und Bestellung vereinbart werden.

**Tabelle 6 — Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur für Wanddicken bis 60 mm und Kerbschlagwerte bei – 196 °C für austenitische nichtrostende Stähle im lösungsgeglühten Zustand (+ AT), Wärmebehandlung sowie Angaben über die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion**

Stahlsorte		Härte HB max	Zugeigenschaften bei Raumtemperatur <sup>b</sup>				Kerbschlagwerte <sup>a</sup>				Referenz-Wärmebehandlungen		Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion		Grenzwert für die Temperatur °C <sup>i</sup>
Werkstoffbezeichnung	Werkstoffnummer		Dehngrenze		Zugfestigkeit <sup>h</sup>		Dehnung <sup>c</sup>		Mindest-Kerbschlagarbeit		Temperatur beim Lösungs-glühen <sup>d</sup>	Abkühlung <sup>e</sup>	f	Verfahren nach EN ISO 3651-2	
		R <sub>p0,2</sub> MPa min	R <sub>p1,0</sub> MPa min	R <sub>m</sub> MPa	A %	bei RT	bei -196 °C	Temperatur	Abkühlung						
X2CrNi18-9	1.4307	200	180	215	470-670	40	35	100	60	1000-1100	w, a	ja	A	350	
X2CrNi19-11	1.4306	200	180	215	460-680	40	35	100	60	1000-1100	w, a	ja	A	350	
X2CrNi18-10	1.4311	210	270	305	550-760	35	30	100	60	1000-1100	w, a	ja	A	400	
X5CrNi18-10	1.4301	200	195	230	500-700	40	35	100	60	1000-1100	w, a	ja <sup>g</sup>	A	300	
X6CrNiTi18-10	1.4541	210	200	235	500-730	35	30	100	60	1020-1120	w, a	ja	A	400	
X6CrNiNb18-10	1.4550	210	205	240	510-740	35	30	100	60	1020-1120	w, a	ja	A	400	
X1CrNi25-21	1.4335	220	180	210	470-670	45	40	100	60	1030-1110	w, a	ja	A	400	
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	200	190	225	490-690	40	30	100	60	1020-1120	w, a	ja	A	400	
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	200	205	240	510-710	40	30	100	60	1020-1120	w, a	ja <sup>g</sup>	A	300	
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	210	210	245	500-730	35	30	100	60	1020-1120	w, a	ja	A	400	
X2CrNiMo 17-12-3	1.4432	200	190	225	490-690	40	30	100	60	1020-1120	w, a	ja	A	400	
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	220	295	330	580-800	35	30	100	60	1020-1120	w, a	ja	A	400	
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	200	205	240	510-710	40	30	100	60	1020-1120	w, a	ja <sup>g</sup>	A	300	
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	200	190	225	490-690	40	30	100	60	1020-1120	w, a	ja	A	400	
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	200	285	315	580-800	35	30	100	60	1100-1140	w, a	ja	C	400	
X2CrNiMo18-15-4	1.4438	200	220	250	490-690	35	30	100	60	1100-1160	w, a	ja	C	400	
X1CrMoCu31-27-4	1.4563	220	215	245	500-750	40	35	120	90	1100-1160	w, a	ja	C	400	

Tabelle 6 (fortgesetzt)

Stahlsorte	Härte	Zugeigenschaften bei Raumtemperatur <sup>b</sup>			Kerbschlagwerte <sup>a</sup>		Referenz-Wärmebehandlungsbedingungen		Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion	Grenzwert für die Temperatur °C <sup>i</sup>
		Dehngrenze	Zugfestigkeit <sup>h</sup>	Dehnung <sup>c</sup>	Mindest-Kerbschlagarbeit	Temperatur beim Lösungs-glühen <sup>d</sup>	Abkühlung <sup>e</sup>	Verfahren nach EN ISO 3651-2		
Werkstoffbezeichnung	HB	R <sub>p0,2</sub> MPa	R <sub>m</sub> MPa	A %	KV J	bei RT	bei -196 °C	f		
Werkstoffnummer	max	min	min	min	min	l	t			
X1NiCrMoCu25-20-5	220	220	520-720	35	30	120	90	60	ja	400
X1CrNiMoCuN20-18-7	220	300	650-850	35	30	100	60	60	ja	400
X1NiCrMoCuN25-20-7	220	300	600-800	40	40	120	90	60	ja	400

<sup>a</sup> Für Wanddicken über 60 mm müssen die mechanischen Eigenschaften bei der Anfrage und Bestellung vereinbart werden. **Option 7:** Es gelten die für Wanddicken über 60 mm vereinbarten mechanischen Eigenschaften.

<sup>b</sup> l = längs; t = quer.

<sup>c</sup> siehe auch 7.2.3.1.

<sup>d</sup> die Höchstwerte der Temperaturen dienen nur als Richtwerte.

<sup>e</sup> w = Wasser, a = Luft; ausreichend schnelle Abkühlung.

<sup>f</sup> bei Prüfung nach EN ISO 3651-2 (geeignetes Verfahren, A oder B oder C, nach Angabe) bis zu den Temperatur-Grenzwerten, siehe letzte Spalte in Tabelle 8.

<sup>g</sup> im Lieferzustand (in der Regel im sensibilisierten Zustand nicht gegeben).

<sup>h</sup> bei den Lieferzuständen W0, W1 und W2 (ohne Lösungs-glühen), darf der obere Grenzwert R<sub>m</sub> um 70 MPa überschritten werden.

<sup>i</sup> bis zu diesen Temperaturen sollte der Werkstoff innerhalb von 100 000 h bei Prüfung nach EN ISO 3651-2 keine Anfälligkeit gegen interkristalline Korrosion aufweisen.

Tabelle 7 — Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur für Wanddicken bis 30 mm und Kerbschlagwerte bei -40 °C für austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle im lösungsgeglühten Zustand (+AT), Wärmebehandlung sowie Angaben über die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Stahlsorte	Härte	Zugeigenschaften bei Raumtemperatur <sup>a</sup>			Kerbschlagwerte <sup>a</sup>			Referenz-Wärmebehandlungen		Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion	Grenzwert für die Temperatur <sup>f</sup>		
		Dehngrenze $R_{p0,2}$ MPa min	Zugfestigkeit $R_m$ MPa	Dehnung <sup>b</sup> A % min	Mindestkerbschlagarbeit			Temperatur beim Lösungs-glühen <sup>c</sup>	Abkühlung <sup>d</sup>				
Werkstoffbezeichnung	HB max				bei RT	bei -40 °C					°C		
Werkstoffnummer					<i>l</i>	<i>t</i>							
X2CrNiMoN22-5-3	290	450	700-920	25	20	120	90	40	1020-1100	w, a	ja	B	250
X2CrNiN23-4	290	400	600-820	25	25	120	90	40	950-1050	w, a	ja	A	250
X2CrNiMoCuN25-6-3	310	500	700-900	20	20	100	100	40	1080-1160	w	ja	B	250
X2CrNiMoN25-7-4	310	550	800-1000	20	20	100	100	40	1040-1120	w	ja	B or C	250
X2CrNiMoCuWN 25-7-4	310	550	800-1000	20	20	100	100	40	1080-1160	w	ja	B or C	250

<sup>a</sup> *l* = längs ; *t* = quer.

<sup>b</sup> siehe auch 7.2.3.1.

<sup>c</sup> die Höchsttemperaturen dienen nur als Richtwerte.

<sup>d</sup> w = Wasser; a = Luft; ausreichend schnelle Abkühlung.

<sup>e</sup> Bei Prüfung nach EN ISO 3651-2 (geeignetes Verfahren, A oder B oder C, nach Angabe) bis 250 °C.

<sup>f</sup> bis zu diesen Temperaturen sollte der Werkstoff innerhalb von 100 000 h bei Prüfung nach EN ISO 3651-2 keine Anfälligkeit gegen interkristalline Korrosion aufweisen.

## 10 Oberflächen und innere Beschaffenheit

### 10.1 Oberflächenbeschaffenheit

**10.1.1** Die Fittings müssen frei von inneren und äußeren Oberflächenfehlern sein, die durch Sichtprüfung nach dieser Europäischen Norm festgestellt werden können.

**10.1.2** Die Formstücke müssen eine dem Herstellungsverfahren und gegebenenfalls der Wärmebehandlung entsprechende innere und äußere Oberflächenbeschaffenheit haben. Die Oberflächenbeschaffenheit muss dergestalt sein, dass Unregelmäßigkeiten und Riefen, die ausgebessert werden müssen, sichtbar sind.

**10.1.3** Es ist zulässig, Riefen oder Unregelmäßigkeiten zu schleifen oder zu bearbeiten, sofern die Wanddicke des Formstücks nach der Bearbeitung die festgelegte Mindest-Wanddicke nicht unterschreitet.

**10.1.4** Alle bearbeiteten Flächen müssen glatt in die Formstückkontur übergehen.

**10.1.5** Jede Oberflächenunregelmäßigkeit, die tiefer als 5 % der Nenn-Wanddicke oder 3 mm ist (es gilt der jeweils kleinere Wert) jedoch nicht unter 0,3 mm, muss ausgebessert werden. Dies gilt auch für Ausbesserungen von Oberflächenfehlern nach 9.1.6.

**10.1.6** Formstücke mit Oberflächenunregelmäßigkeiten, bei denen die Mindest-Wanddicke unterschritten wird, gelten als fehlerhaft und erfüllen nicht die Anforderungen dieser Europäischen Norm. Für mechanisch erzeugte Riefen ist der Grenzwert für die Annahme 1,5 mm.

**10.1.7** Bei Oberflächenunregelmäßigkeiten, die nach 9.1.5 zulässig sind und die nicht vereinzelt auftreten, sondern über eine große Fläche verteilt sind und dadurch nicht mehr einer annehmbaren Oberfläche entsprechen, muss das Formstück zurückgewiesen werden oder es ist alternativ nach Vereinbarung zwischen Besteller und Hersteller eine Bearbeitung durchzuführen.

**10.1.8** Ausbesserungen am Grundwerkstoff des Formstücks dürfen nur durch Schleifen oder spanende Bearbeitung durchgeführt werden.

**10.1.9** Die Oberfläche der Formstücke muss metallisch rein sein, wobei das angewendete Verfahren für nichtrostende Stähle geeignet sein muss (Beizen, Blankglühen oder Strahlen).

**Option 10:** Beizen muss bei der Anfrage und Bestellung festgelegt werden.

**Option 11:** Strahlen oder Blankglühen muss bei der Anfrage und Bestellung festgelegt werden.

**Option 12:** Beizen und Passivierung müssen bei der Anfrage und Bestellung festgelegt werden.

### 10.2 Innere Beschaffenheit

Für die innere Beschaffenheit, wo zutreffend, sind die Anforderungen zusammen mit den entsprechenden Prüfbedingungen muss bei der Anfrage und Bestellung festzulegen.

Im Bereich der Schweißnaht sind Risse, unzureichende Aufschmelzung und unvollständige Durchschweißung nicht zulässig.

## 11 Maße und Grenzabmaße

### 11.1 Maße

#### 11.1.1 Durchmesser und Wanddicke

Vorzugsmaße für die Außendurchmesser und Wanddicken nach dieser Europäischen Norm sind in EN ISO 1127 enthalten.

Vorzugsmaße für die Innendurchmesser (und Wanddicken) nach dieser Europäischen Norm sind in Anhang D angegeben.

#### 11.1.2 Besondere Maße für Formstücke

Reduzierstücke und T-Stücke müssen der bildlichen Darstellung nicht unbedingt entsprechen.

Die besonderen Maße:

- F für Rohrbogen 90°;
- C und B für Rohrbogen 180°;
- F und H für Rohrbogen 45°;
- L für Reduzierstücke;
- F und G für T-Stücke;
- $K_2$ , R, v für Kappen;

sind bei der Anfrage und Bestellung zu vereinbaren:

**Option 13:** Die durch ihren Außendurchmesser festgelegten besonderen Maße der Formstücke müssen Anhang A entsprechen.

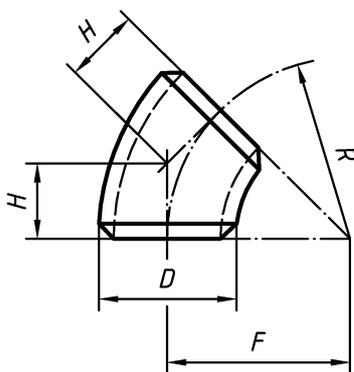


Bild 1 — Rohrbogen 45°

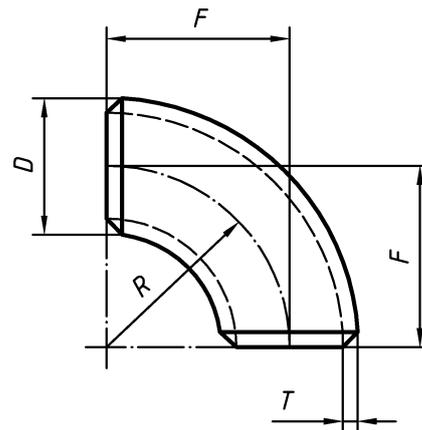
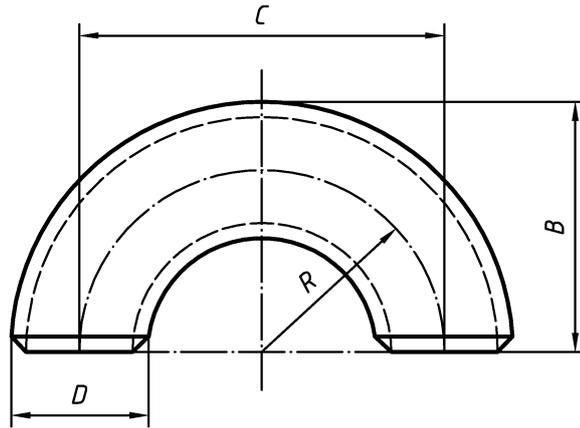
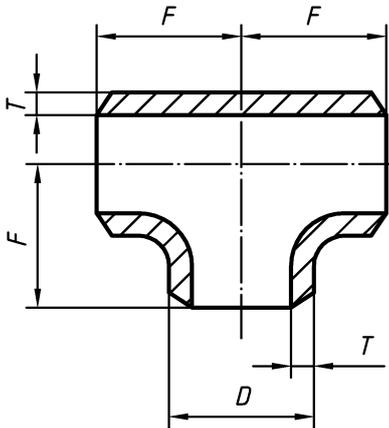


Bild 2 — Rohrbogen 90°

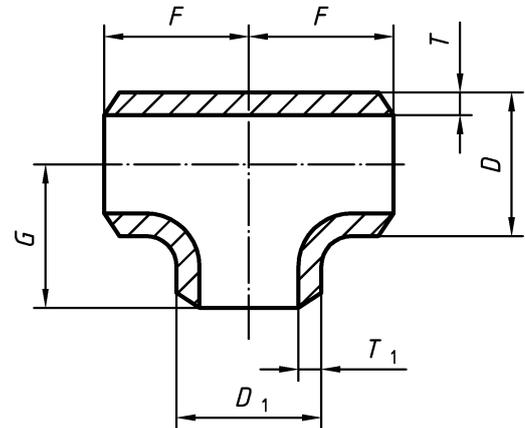


**Bild 3 — Rohrbogen 180°**

Rohrbogen und Rohrbogen 180° sind nach den Bildern 1, 2 und 3 (45° — 90° — 180°) hergestellt: Besondere Maße sind in Anhang A enthalten.



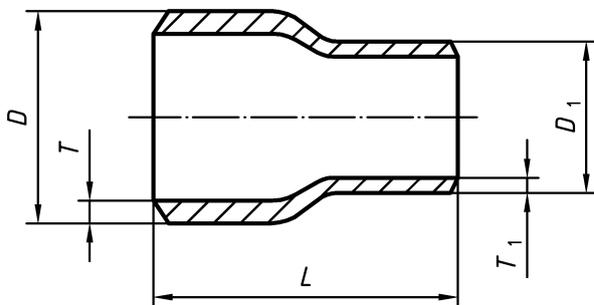
**Bild 4 — Egales T-Stück**



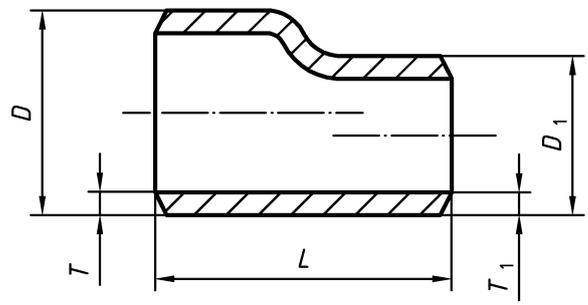
**Bild 5 — Reduzier-T-Stück**

Egale T-Stücke sind nach Bild 4 hergestellt. Besondere Maße sind in Anhang A enthalten.

Reduzier-T-Stücke sind nach Bild 5 hergestellt.

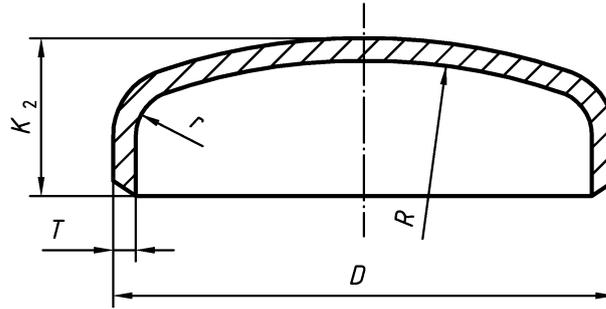


**Bild 6 — Konzentrisches Reduzierstück**



**Bild 7 — Exzentrisches Reduzierstück**

Konzentrische und exzentrische Reduzierstücke sind nach den Bildern 6 bzw. 7 hergestellt. Besondere Maße sind in Anhang A enthalten.



**Legende**

R ≈ 0,8 D

r ≈ 0,15 D

**Bild 8 — Kappe**

**11.2 Grenzabmaße**

**11.2.1 Grenzabmaße für den Durchmesser**

Die Grenzabmaße für den Außendurchmesser sind an den Schweißenden zu messen.

Um sicherzustellen, dass der Durchfluss des Mediums durch das Formstück nicht eingeschränkt ist, muss der Innendurchmesser in jedem Abschnitt des Formstücks (gilt nicht für Kappen) über 80 % (bei T-Stücken 70 %) des Innendurchmessers an den Schweißenden betragen.

Der Innendurchmesser wird wie folgt berechnet:

Innendurchmesser = OD – 2 × Nenn-Wanddicke

Der Außendurchmesser (OD) von Formstücken nach dieser Europäischen Norm muss innerhalb der in Tabelle 8 angegebenen Grenzabmaße liegen.

**Tabelle 8 — Grenzabmaße für den Außendurchmesser D**

Grenzabmaß für	
EN Toleranzklasse	Zulässige Abweichung
D2	± 1,0 % oder ± 0,5 mm es gilt der jeweils größere Wert
D3 <sup>a</sup>	± 0,75 % oder ± 0,3 mm es gilt der jeweils größere Wert
D4 <sup>a</sup>	± 0,5 % oder ± 0,1 mm es gilt der jeweils größer Wert

<sup>a</sup> **Option 14:** Die Formstücke können mit den Toleranzklassen D3 oder D4 bestellt werden.

### 11.2.2 Unrundheit

Die Unrundheit (0) muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$0 = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D} \cdot 100$$

Dabei ist:

- 0 Unrundheit, in Prozent;
- $D_{\max}$  größter Außendurchmesser D, in der gleichen Ebene gemessen, in Millimeter;
- $D_{\min}$  kleinster Außendurchmesser, in der gleichen Ebene gemessen, in Millimeter;
- D festgelegter Außendurchmesser, in Millimeter.

Bei Formstücken mit einem Außendurchmesser  $D \leq 406,4$  mm muss die Unrundheit in den Grenzabmaßen des Durchmessers enthalten sein. Die Messung muss an den Schweißenden erfolgen.

Bei Formstücken mit einem Außendurchmesser  $D > 406,4$  mm und  $D/T \leq 100$  darf die Unrundheit 2 % nicht überschreiten.

Bei Formstücken mit einem D/T-Verhältnis  $> 100$  müssen die Werte für die Unrundheit bei der Anfrage und Bestellung vereinbart werden.

Bei Rohrbogen darf die Unrundheit des Formstückkörpers 4 % nicht überschreiten.

### 11.2.3 Grenzabmaße für die Wanddicke

Bei Formstücken nach dieser Europäischen Norm muss die Wanddicke an den Schweißenden innerhalb der in Tabelle 9 angegebenen Grenzabmaße liegen. Die Minuswerte der Grenzabmaße gelten ebenfalls für die Wanddicke des Formstückkörpers.

**Tabelle 9 — Grenzabmaße für die Wanddicke T**

Außendurchmesser (OD)	Wanddicke (T)	Zulässige Abweichung	
		Minus	Plus
$OD \leq 610$	all	- 12,5 %	+ 15 %
$OD > 610$	$\leq 10$ mm	- 0,35 mm	+ 15 %
	$> 10$ mm	- 0,50 mm	+ 15 %

### 11.2.4 Grenzabmaße für besondere Maße

Für die besonderen Maße der Formstücke gelten die in Tabelle 10 festgelegten Grenzabmaße.

**Tabelle 10 — Grenzabmaße für besondere Maße**

Maße in Millimeter

D	F — G — H — L	B	C	$K_2$
$\leq 114,3$	$\pm 2$	$\pm 7$	$\pm 7$	$\pm 4$
$114,3 < D \leq 219,1$	$\pm 2$	$\pm 7$	$\pm 7$	$\pm 7$
$219,1 < D \leq 406,4$	$\pm 3$	$\pm 7$	$\pm 10$	$\pm 7$
$406,4 < D \leq 762$	$\pm 3$	$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 7$
$762 < D \leq 1219$	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 10$

### 11.2.5 Grenzabmaße für die Formstückgeometrie

Die Grenzabmaße für die Geometrie jedes Formstücktyps (Abweichung von der Rechtwinkligkeit, Axialität) sind wie folgt:

$X = 1\%$  des Durchmessers am Messpunkt oder  $1\text{ mm}$ , es gilt der jeweils größere Wert (siehe Bild 9).

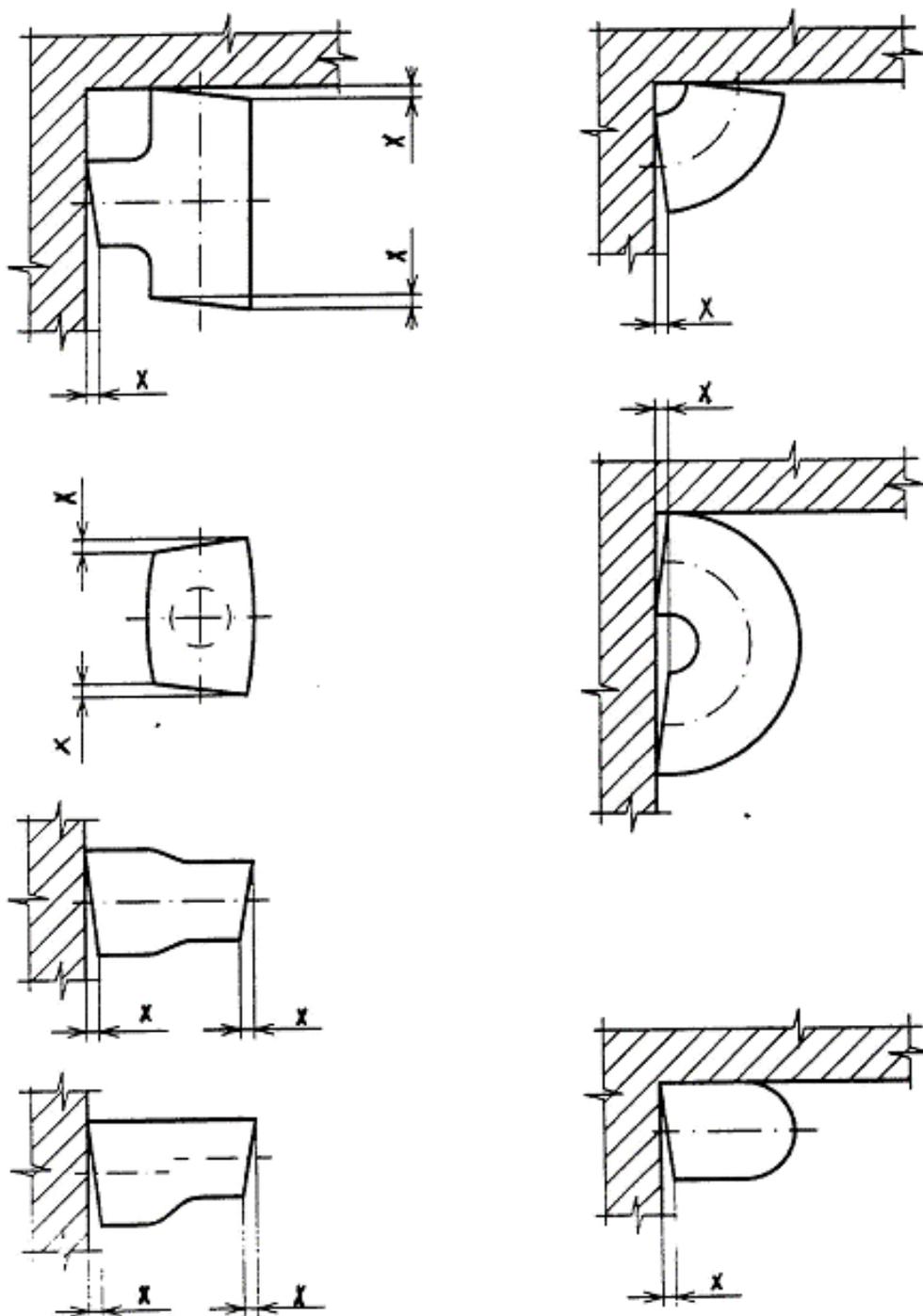


Bild 9 — Bestimmung des Grenzabmaßes für die Formstückgeometrie

### 11.3 Ausführung der Formstückenden

**Wanddicke  $T \leq 3$  mm:** Formstücke nach dieser Europäischen Norm sind mit rechtwinkligen Enden zu liefern.

**Wanddicke  $3 \text{ mm} < T < 22$  mm:** Formstücke nach dieser Europäischen Norm sind mit Enden zu liefern, die unter einem Winkel von  $30^\circ \text{ } 0^\circ/+ 5^\circ$  und einem Steg von  $1,6 \text{ mm} \pm 0,8 \text{ mm}$  angearbeitet sind.

Wanddicke  $\geq 22$  mm: Die Form der Endabschrägung ist vom Besteller bei der Anfrage und Bestellung festzulegen.

Bei Wanddicken über 3 mm, bei denen eine Bearbeitung der Schweißenden erforderlich ist, darf die Wanddicke durch konisches Bohren unter folgende Winkeln bearbeitet werden:

— innen:  $15^\circ - 18^\circ$ ;

— außen:  $27^\circ - 30^\circ$ .

Die Enden müssen frei von gefährlichen Graten sein.

## 12 Prüfung

### 12.1 Prüfbescheinigungen

#### 12.1.1 Arten von Prüfbescheinigungen

Sofern nicht Option 15 festgelegt ist, ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach EN 10204 auszustellen.

**Option 15:** Es ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.C oder 3.2 nach EN 10204 auszustellen.

Ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.C oder 3.2 festgelegt, muss der Besteller dem Hersteller den Namen und die Anschrift der Organisation oder der Person mitteilen, die von ihm beauftragt wird, die Prüfung durchzuführen und die Prüfbescheinigung auszustellen. Für das Abnahmeprüfprotokoll 3.2 muss vereinbart werden, wer das Dokument ausstellt.

#### 12.1.2 Inhalt der Prüfbescheinigungen

Der Inhalt der Prüfbescheinigung muss prEN 10168 entsprechen.

Das Abnahmeprüfzeugnis bzw. das Abnahmeprüfprotokoll muss die folgenden Symbole und/oder Informationen enthalten:

A	kaufmännische Transaktionen und die daran Beteiligten;
B	Beschreibung der Erzeugnisse, für die die Prüfbescheinigungen gelten;
C01-C03	Lage der Probenabschnitte und Richtung der Proben und Prüftemperatur;
C10-C13	Zugversuch;
C40-C43	Kerbschlagbiegeversuch, wo anwendbar
C60-C69	andere Prüfungen (z. B. Ringfaltversuch)
C71-C92	Chemische Analyse der Schmelze (Stückanalyse);
D01	Kennzeichnung, Oberflächenbeschaffenheit, Form und Maßeigenschaften;
D02-D99	Dichtheit, zerstörungsfreie Prüfung (ZfP), Werkstoffkennzeichnung;
Z	Validierung (Bestätigung).

## 12.2 Zusammenfassung der Prüfungen

Die Formstücke sind nach den Festlegungen bei der Anfrage und Bestellung zu prüfen.

Die durchzuführenden Prüfungen sind in Tabelle 12 angegeben.

## 13 Probenentnahme

### 13.1 Häufigkeit der Prüfungen

#### 13.1.1 Prüflös

Ein Prüflös besteht aus Formstücken:

- des gleichen Typs;
- mit den gleichen festgelegten Maßen;
- nach dem gleichen Herstellverfahren;
- aus der gleichen Stahlsorte;
- nach dem gleichen Schweißverfahren (geschweißte Formstücke);
- aus der gleichen Schmelze;
- aus dem gleichen Wärmebehandlungslos;
- aus dem gleichen Fertigungslos.

Formstücke, die der vorgenannten Beschreibung entsprechen, jedoch in mehreren Chargen in Abhängigkeit der Maße oder Stückzahl einer Wärmebehandlung unterzogen wurden, dürfen als ein Prüflös behandelt werden, sofern die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

- die Temperatur ist innerhalb eines Bereiches von 15 °C regelbar;
- die Abkühlbedingungen sind gleich;
- der Ofen ist mit Aufzeichnungsgeräten ausgerüstet, so dass vollständige Aufzeichnungen der Wärmebehandlung zur Verfügung stehen.

Das Prüflös muss den Angaben in Tabelle 11 entsprechen.

**Tabelle 11 — Prüflös**

Durchmesser (D) mm	Maximale Anzahl der Proben je Prüflös
$D < 60,3$	2 500
$60,3 \geq D < 114,3$	1 000
$114,3 \geq D \leq 219,1$	500
$219,1 < D \leq 323,9$	100
$323,9 < D \leq 610$	50
$610 < D \leq 1219,0$	25
$1219 < D$	10

**Option 16:** Die Größe des Prüflöses muss den Festlegungen im Bestellauftrag entsprechen.

**Tabelle 12 — Zusammenfassung der Prüfung**

Art der Prüfung		Häufigkeit der Prüfung	Abschnitt
Verbindliche durchzuführende Prüfungen	Schmelzenanalyse des Vormaterials	1 je Schmelze	14.1
	Zugversuch bei Raumtemperatur	1 je Probe des Prüfloses	14.2.1
	Schweißnaht-Biegeversuch (geschweißte Formstücke)	1 je Probe des Prüfloses	14.4
	Maßprüfung	siehe 14.7	
	Sichtprüfung	siehe 14.8	
	ZfP der Schweißnaht (100 %)	siehe 14.9.2	
	Werkstoffkennzeichnung	siehe 14.10	
freigestellt Prüfungen	Stückanalyse	1 je Schmelze	9.2.2
	Zugversuch an der Schweißnaht bei Raumtemperatur	1 je Probe des Prüfloses	14.3
	Zugversuch bei erhöhter Temperatur	1 je Probe des Prüfloses	14.2.2
	Kerbschlagbiegeversuch bei Raumtemperatur	1 je Probe des Prüfloses	14.5
	Kerbschlagbiegeversuch bei niedriger Temperatur	1 je Probe des Prüfloses	9.3.3
	Prüfung auf interkristalline Korrosion	1 je Probe des Prüfloses	14.6
	Eindringprüfung von Schweißnähten und Schweißenden	nach Vereinbarung	14.9.2
	Eindringprüfung von Oberflächen	nach Vereinbarung	14.9.2
	Ultraschallprüfung zur Feststellung laminarer Unregelmäßigkeiten	nach Vereinbarung	14.9.2

## 13.2 Vorbereitung der Probenabschnitte und Proben

### 13.2.1 Vorbereitung der Probenabschnitte für die Stückprüfung

Die Probenabschnitte für die Stückanalyse sind der Probe oder den Proben für die mechanischen Prüfungen oder einem Querschnitt der Wanddicke des Formstücks an der gleichen Stelle, an der die Proben für die mechanischen Prüfungen entnommen werden, nach ISO 14284 zu entnehmen.

### 13.2.2 Probenabschnitte und Proben für die mechanischen Prüfungen

Die Probenabschnitte für die mechanischen Prüfungen sind zu entnehmen und die entsprechenden Proben sind nach den allgemeinen Bedingungen in EN ISO 377, so weit zutreffend, vorzubereiten. Die Proben können aus dem Formstück selbst oder aus überschüssigem Material entnommen werden oder sie müssen aus dem gleichen Halbzeug hergestellt und der gleichen Wärmebehandlung wie das Formstück unterzogen worden sein.

### 13.2.3 Probe für den Zugversuch am Grundwerkstoff

Die Probe für den Zugversuch am Grundwerkstoff bei Raumtemperatur muss aus einem in Längsrichtung des Formstücks entnommenen Abschnitt oder einem repräsentativen Probenabschnitt bestehen. Die Prüfung muss nach EN 10002-1 durchgeführt werden.

### 13.2.4 Probe für den Zugversuch an der Schweißnaht

Die Probe für den Zugversuch an der Schweißnaht muss quer zur Schweißnaht entnommen werden, wobei die Schweißnaht in der Mitte der Probe liegen muss.

### 13.2.5 Probe für den Schweißnaht-Biegeversuch

Die Proben für den Schweißnaht-Biegeversuch mit der Wurzel und mit der Decklage im Zug sind nach EN 910 zu entnehmen und vorzubereiten.

### 13.2.6 Probe für den Kerbschlagbiegeversuch

Es sind drei Standard-Charpy-V-Proben nach EN 10045-1 vorzubereiten. Können auf Grund der festgelegten Dicke keine Standard-Proben ohne eine Abflachung des Abschnittes hergestellt werden, sind Proben mit einer Breite unter 10 mm, jedoch nicht weniger als 5 mm, vorzubereiten, wobei die größte zu erreichende Breite zu verwenden ist.

Die Proben müssen quer (so weit möglich) zur Formstückachse entnommen werden, außer  $D_{\min}$  ist nach Berechnung mit nachfolgender Gleichung größer als der festgelegte Außendurchmesser, in diesem Fall müssen Längsproben verwendet werden:

$$D_{\min} = (T - 5) + [756, 25 / (T - 5)]$$

Dabei ist

T die festgelegte Wanddicke, in Millimeter.

Der Besteller muss die Lage der Proben für den Kerbschlagbiegeversuch, z. B. am Grundwerkstoff, der Wärmeeinflusszone (WEZ), der Schweißnaht, festlegen.

**Option 17:** Der Kerbschlagbiegeversuch quer zur Schweißnaht in der Wärmeeinflusszone oder in der Schweißnaht muss festgelegt werden.

### 13.2.7 Probe für die Prüfung auf interkristalline Korrosion

Die Probe für die Prüfung auf interkristalline Korrosion muss nach den Anforderungen in EN ISO 3651-2 entnommen werden.

## 14 Prüfverfahren

### 14.1 Chemische Analyse

Die in den Tabellen 2 bzw. 3 je nach Stahlsorte angegebenen Elemente sind zu bestimmen und aufzuzeichnen.

### 14.2 Zugversuch am Grundwerkstoff

#### 14.2.1 Bei Raumtemperatur

Die Prüfung ist bei Raumtemperatur nach EN 10002-1 durchzuführen, dabei sind folgende Werte zu bestimmen:

- die Zugfestigkeit ( $R_m$ );
- die 0,2 %-Dehngrenze ( $R_{p0,2}$ ) sowie, wo zutreffend, die 1,0 %-Dehngrenze ( $R_{p1,0}$ );
- die Bruchdehnung mit einer Messlänge ( $L_0$ ) von  $5,65 \sqrt{S_0}$ ; bei Verwendung einer nichtproportionalen Probe muss die Bruchdehnung mit den in EN ISO 2566-1 enthaltenen Umrechnungstabellen umgerechnet werden auf eine Messlänge von  $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ .

Bei Formstücken mit einem Außendurchmesser  $OD \leq 100$  mm muss an 10 % der Formstücke, mindestens an 3 Teilen, eine Härteprüfung durchgeführt werden. Bei diesen Formstücken sind dem Besteller die jeweiligen Werte für die Zugfestigkeit, Druckfestigkeit und Bruchdehnung des Vormaterials anzugeben.

Bei kaltgeformten Formstücken mit einem Außendurchmesser  $OD < 100$  mm, die keiner zusätzlichen Wärmebehandlung unterzogen wurden, darf der Zugversuch durch einen Ringaufweitversuch nach EN 10234 ersetzt werden.

Für die Gleichsetzung mit dem kleinsten Wert der bleibenden Dehnung „A“ nach dem Kaltumformen muss an mindestens einem Formstück je Prüfeinheit eine Aufweitung von 20 % erreicht und bestätigt werden.

#### 14.2.2 Bei erhöhter Temperatur

Die Prüfung ist nach EN 10002-5 bei der im Bestellauftrag festgelegten Temperatur durchzuführen und die 0,2 %-Dehngrenze ( $R_{p0,2}$ ) und, wo zutreffend, die 1,0 %-Dehngrenze ( $R_{p1,0}$ ) sind zu bestimmen.

#### 14.3 Zugversuch quer zur Schweißnaht

Die Prüfung ist nach EN 10002-1 bei Raumtemperatur durchzuführen und die Zugfestigkeit ( $R_m$ ) ist zu bestimmen.

#### 14.4 Schweißnaht-Biegeversuch

Die Prüfung ist nach EN 910 mit einem Dorn mit einem Durchmesser von 3T durchzuführen. Nach der Prüfung darf die Probe keine Risse oder Abplatzungen aufweisen, jedoch gelten leichte, beginnende Fehler an den Kanten nicht als Grund für eine Zurückweisung.

ANMERKUNG Diese Prüfung gilt nur für Formstücke aus Blech oder Band, bei denen das Schweißen Teil des Fertigungsvorganges ist.

#### 14.5 Kerbschlagbiegeversuch

**14.5.1** Die Prüfung ist nach EN 10045-1 bei der in der entsprechenden Option vereinbarten Temperatur durchzuführen.

**14.5.2** Der Mittelwert der drei Proben muss dem in Tabelle 5 bzw. 6 für die jeweilige Stahlsorte festgelegten kleinsten Mittelwert entsprechen. Ein Einzelwert darf unter dem festgelegten Wert liegen, sofern er nicht weniger als 70 % dieses Wertes beträgt.

**14.5.3** Beträgt die Breite ( $W$ ) der Probe weniger als 10 mm, muss der Messwert der Kerbschlagarbeit ( $KV_p$ ) mit nachstehender Gleichung auf die Kerbschlagarbeit ( $KV_c$ ) umgerechnet werden:

$$KV_c = 10 \times KV_p / W$$

Dabei ist

$KV_c$  die errechnete Kerbschlagarbeit, in Joule;

$KV_p$  die gemessene Kerbschlagarbeit, in Joule;

$W$  die Breite der Probe.

Die errechnete Kerbschlagarbeit  $KV_c$  muss den in 14.5.2 festgelegten Anforderungen entsprechen.

**14.5.4** Wird die Anforderung in 14.5.2 nicht erfüllt, darf nach Wahl des Herstellers eine zusätzliche Gruppe von drei Proben dem gleichen Probenabschnitt entnommen und geprüft werden. Die Prüfeinheit gilt als den Anforderungen entsprechend, wenn nach Durchführung der zweiten Prüfung folgende Bedingungen erfüllt sind:

- der Mittelwert aus sechs Prüfungen muss gleich oder größer sein als der festgelegte kleinste Mittelwert;
- höchstens zwei von sechs Einzelwerten dürfen den festgelegten kleinsten Mittelwert unterschreiten;
- höchstens einer von sechs Werten darf weniger als 70 % des festgelegten kleinsten Mittelwertes betragen.

**14.5.5** Die Messwerte der Kerbschlagarbeit und der sich daraus ergebende Mittelwert sind aufzuzeichnen.

## **14.6 Prüfung auf interkristalline Korrosion**

Die Prüfung auf interkristalline Korrosion ist nach EN ISO 3651-2 durchzuführen.

## **14.7 Maßprüfung**

Die Maße der Formstücke müssen den Anforderungen in 11.1, 11.2, 11.3 und 11.4 entsprechen. Der Hersteller legt in seiner Verantwortung die Häufigkeit der Prüfung fest.

## **14.8 Sichtprüfung**

Die Formstücke sind einer Sichtprüfung zu unterziehen und sie müssen den Anforderungen in Abschnitt 10 entsprechen. Der Hersteller legt in seiner Verantwortung die Häufigkeit der Prüfung fest.

## **14.9 Zerstörungsfreie Prüfung**

### **14.9.1 Personal**

Das Personal der Stufen 1 und 2 sowie die Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung sind durch einen Prüfer der Stufe 3 zuzulassen, der vom Arbeitgeber anerkannt und nach EN 473 zertifiziert ist.

### **14.9.2 Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) der Schweißnaht**

Alle Schweißnähte an Formstücken müssen vor oder nach dem Umformen einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen werden.

Der Hersteller muss die vollständige Rückverfolgbarkeit bis zu jedem einzelnen Formstück nachweisen.

Folgende Prüfverfahren können angewendet werden:

- Durchstrahlungsprüfung;
- Wirbelstromprüfung bei Formstücken mit Wanddicken bis höchstens 6 mm;
- Ultraschallprüfung.

**Option 18:** Eindringprüfung von Schweißnähten und Schweißenden.

**Option 19:** Eindringprüfung von Oberflächen, der Umfang der Prüfung ist bei der Anfrage und Bestellung festzulegen.

**Option 20:** Ultraschallprüfung von Band oder Blech für die Herstellung von Formstücken zur Feststellung laminarer Unregelmäßigkeiten.

## 14.10 Werkstoffprüfung

Jedes Formstück muss nach einem geeigneten Verfahren geprüft werden, um sicherzustellen, dass die richtige Werkstoffsorte geliefert wurde.

## 14.11 Freigestellte Prüfungen

Diese Prüfungen werden nach den Festlegungen in Tabelle 11 durchgeführt, falls sie bei der Anfrage und Bestellung vereinbart wurden.

## 15 Kennzeichnung

### 15.1 Umfang der Kennzeichnung

Die Kennzeichnung umfasst mindestens die folgenden Angaben:

- Herstellerzeichen oder Logo;
- Nummer dieser Europäischen Norm: EN 10253-4;
- „A“ oder „B“ für die Art des Formstücks;
- Werkstoffbezeichnung oder –Nummer;
- Schmelznummer oder Codennummer, die den Bezug zur Prüfbescheinigung herstellt;
- Außendurchmesser D;
- Wanddicke T;
- Kennzeichen des Prüfers; dieses kann entfallen, wenn der Prüfer auf andere Art und Weise festgestellt werden kann;
- das Land, in dem die Umformung durchgeführt wurde, muss im Abnahmeprüfzeugnis (12.2.2) angegeben und/oder auf dem Formstück gekennzeichnet sein.

Bei Reduzier-T-Stücken oder Reduzierstücken muss die Kennzeichnung die Angabe D1 und T1 beinhalten.

**Option 21:** Zusätzliche Kennzeichnungen und Kennzeichnungsverfahren gelten wie bei der Anfrage und Bestellung vereinbart.

Kennzeichnungsverfahren umfassen z. B.:

- Tintenstrahl-Kennzeichnung;
- elektrochemisches Ätzen;
- Fibro-Kennzeichnung;
- Laser-Kennzeichnung.

## **16 Vorbereitung zum Versand und Verpackung**

Die Formstücke werden in der üblichen Verpackung des Herstellers ohne Schutzüberzug und ohne Kappen (Endstopfen) geliefert.

**Option 22:** Besondere Verpackungen, Schutzüberzüge oder Kappen (Endstopfen) müssen den Vereinbarungen bei der Anfrage und Bestellung entsprechen.

## Anhang A (informativ)

### Besondere Maße der Formstücke

Die nachstehend angegeben besonderen Maße der Formstücke basieren auf ISO 5251 und ISO 3419.

**Tabelle A.1 — Besondere Maße für Rohrbogen mit Biegeradius  $R \sim 1 D$ ,  $R \sim 1,5 D$  und  $R \sim 2,5 D$**

DN	D mm	R ~ D			R ~1,5 D			R ~ 2,5 D
		F mm	C mm	B mm	F mm	C mm	B mm	F mm
15	21,3				28	56	38	45
20	26,9				29	58	43	57
25	33,7				38	76	55	72
32	42,4				48	96	69	93
40	48,3				57	114	81	108
50	60,3	51	102	81	76	152	106	135
65	76,1	63	127	102	95	190	133	175
80	88,9	76	152	121	114	228	159	205
100	114,3	102	203	159	152	304	209	270
125	139,7	127	254	197	190	380	260	330
150	168,3	152	305	237	229	458	313	390
200	219,1	203	406	313	305	610	414	510
250	273,0	254	508	391	381	762	518	650
300	323,9	305	610	467	457	914	619	775
350	355,6	356	711	533	533	1 066	711	850
400	406,4	406	813	610	610	1 220	813	970
450	457,0	457	914	686	686	1 372	914	1 122
500	508,0	508	1 016	762	762	1 524	1 016	1 245
600	610,0	610	1 220	914	914	1 828	1 219	1 524
700	711,0				1 067	2 134	1 422	1 778
800	813,0				1 219	2 438	1 625	2 033
900	914,0				1 372	2 744	1 829	2 285
1 000	1 016,0				1 524	3 048	2 032	2 540

Tabelle A.2 — Besondere Maße für egale und reduzierte T-Stücke

DN	D mm	DN1	D1 mm	F mm	G mm	DN	D mm	DN1	D1 mm	F mm	G mm	
15	21,3	15	21,3	25	—	300	323,9	300	323,9	254	—	
20	26,9	20	26,9	29	—			250	273		241	
		15	21,3		29			200	219,1		229	
25	33,7	25	33,7	38	—			150	168,3		219	
		20	26,9		38	350	355,6	350	355,6	—		
		15	21,3		38			300	323,9	270		
32	42,4	32	42,4	48	—	250	273	279	257			
		25	33,7		48	200	219,1		248			
		20	26,9		48	400	406,4		400	406,4	—	
		15	21,3		48				350	355,6	305	
40	48,3	40	48,3	57	—	300	323,9	305	295			
		32	42,4		57	250	273		283			
		25	33,7		57	450	457		450	457	—	
		20	26,9		57				400	406,4	343	
50	60,3	50	60,3	64	—	350	355,6	381	330			
		40	48,3		60	300	323,9		330			
		32	42,4		57	500	508		—			
		25	33,7		51	450	457		368			
65	76,1	65	76,1	76	—	400	406,4	432	356			
		50	60,3		70	350	355,6		356			
		40	48,3		67	600	610		—			
		32	42,4		64	500	508		432			
80	88,9	80	88,9	86	—	450	457	432	419			
		65	76,1		83	400	406,4		406			
		50	60,3		76	700	711		521	—		
		40	48,3		73	800	813		597	—		
100	114,3	100	114,3	105	—	900	914	432	673	—		
		80	88,9		98	1 000	1 016		1 000	1 016	749	—
		65	76,1		95							
		50	60,3		89							
125	139,7	125	139,7	124	—			432				
		100	114,3		117							
		80	88,9		111							
		65	76,1		108							
150	168,3	150	168,3	143	—			432				
		125	139,7		137							
		100	114,3		130							
		80	88,9		124							
200	219,1	200	219,1	178	—			432				
		150	168,3		168							
		125	139,7		162							
		100	114,3		156							
250	273	250	273	216	—			432				
		200	219,1		203							
		150	168,3		194							
		125	139,7		191							

**Tabelle A.3 — Besondere Maße für konzentrische und exzentrische Reduzierstücke**

DN	D mm	DN1	D1 mm	L mm	DN	D mm	DN1	D1 mm	L mm	
20	26,9	15	21,3	38	450	457	400	406,4	381	
25	33,7	20	26,9	51			350	355,6		
		15	21,3		300	323,9				
32	42,4	25	33,7	51	500	508	450	457	508	
		20	26,9				400	406,4		
		15	21,3				350	355,6		
40	48,3	32	42,4	64	600	610	500	508	508	
		25	33,7				450	457		
		20	26,9				400	406,4		
50	60,3	40	48,3	76	700	711	600	610	610	
		32	42,4				500	508		
		25	33,7				450	457		
65	76,1	50	60,3	89	800	813	700	711	610	
		40	48,3				600	610		
		32	42,4				500	508		
80	88,9	65	76,1	89	900	914	800	813	610	
		50	60,3				700	711		
		40	48,3				600	610		
100	114,3	80	88,9	102	1000	1016	900	914	610	
		65	76,1				800	813		
		50	60,3				700	711		
125	139,7	100	114,3	127						
		80	88,9							
		65	76,1							
150	168,3	125	139,7	140						
		100	114,3							
		80	88,9							
200	219,1	150	168,3	152						
		125	139,7							
		100	114,3							
250	273	200	219,1	178						
		150	168,3							
		125	139,7							
300	323,9	250	273	203						
		200	219,1							
		150	168,3							
350	355,6	300	323,9	330						
		250	273							
		200	219,1							
400	406,4	350	355,6	356						
		300	323,9							
		250	273							

Tabelle A.4 — Besondere Maße für Kappen

DN	D mm	K <sub>2</sub> mm
15	21,3	25,0
20	26,9	25,0
25	33,7	38,0
32	42,4	38,0
40	48,3	38,0
50	60,3	38,0
65	76,1	38,0
80	88,9	51,0
100	114,3	64,0
125	139,7	76,0
150	168,3	89,0
200	219,1	102,0
250	273,0	127,0
300	323,9	152,0
350	355,6	165,0
400	406,4	178,0
450	457,0	203,0
500	508,0	229,0
600	610,0	267,0
700	711,0	267,0
800	813,0	267,0
900	914,0	267,0
1 000	1 016,0	305,0

## Anhang B (informativ)

### Bestimmung der Wanddicke

#### B.1 Allgemeines

Anhang B legt die Anforderungen an die Wanddicke von Formstücken fest. Dies erfolgt durch genaue Festlegung der entsprechenden Berechnungsverfahren.

Die Wanddicken sind so festgelegt, dass die Formstücke im allgemeinen dem gleichen Druck standhalten wie ein gerades Rohr mit den gleichen Abmessungen (Durchmesser, Wanddicke, Grenzabmaße der Wanddicken) und aus dem gleichen Werkstoff. Das Grenzabmaß für die Wanddicke dieses entsprechenden Rohres wird als gleichwertig mit den Grenzabmaßen der Wanddicke am Schweißende des Formstücks angenommen.

ANMERKUNG Die Berechnungsverfahren basieren auf den in EN 13480-3:2002 und EN 13445-3:2002 festgelegten Berechnungsregeln.

#### B.2 Symbole und Einheiten

Für die Anwendung von Anhang B und C gelten zusätzlich zu den in Abschnitt 4 angegebenen Symbolen.

**Tabelle B.1 — Zusätzliche Symbole für die Anwendung der Anhänge B und C**

Symbol	Beschreibung
$A_f$	Spannungsbelastete Querschnittsfläche (Berechnung des T-Stückes)
$A_p$	Drucktragende Fläche (Berechnung des T-Stückes)
$D_s$	Außendurchmesser am Gehäusedurchgang eines T-Stückes
$D_b$	Außendurchmesser am Gehäuseabzweig eines T-Stückes
$l_s$	Länge der Verstärkung des Durchgangs (Berechnung des T-Stückes)
$l_b$	Länge der Verstärkung des Abzweigs (Berechnung des T-Stückes)
$L_{2_{min}}$	Mindestlänge des zylindrischen Teils am großen Ende eines Reduzierstückes
$L_{4_{min}}$	Mindestlänge des zylindrischen Teils am kleinen Ende eines Reduzierstückes
$r$	Biegeradius der Rohrbogen und Rohrbogen 180°, bezogen auf den Innendurchmesser
$r_c$	Krümmungsradius eines T-Stückes
$T_{min}$	Mindest-Wanddicke an den Schweißenden von Rohrbogen, Rohrbogen 180° und T-Stücken mit gleichem Abzweig oder am Schweißende bei D bei Reduzierstückes und Reduzier-T-Stücken
$T_{1_{min}}$	Mindest-Wanddicke am Schweißende bei D1 bei Reduzierstückes und Reduzier-T-Stücken
$T_{ext}$	Wanddicke an der Bogenaußenseite eines Rohrbogens (einschließlich Grenzabmaße)
$T_{int}$	Wanddicke an der Bogeninnenseite eines Rohrbogens (einschließlich Grenzabmaße)
$T_{min, ext}$	Mindest-Wanddicke an der Bogenaußenseite eines Rohrbogens

Tabelle B.1 (fortgesetzt)

Symbol	Beschreibung
$T_{\min, \text{int}}$	Mindest-Wanddicke an der Bogeninnenseite eines Rohrbogens
$T_s$	Wanddicke am Durchgang eines T-Stückes
$T_{s, \text{min}}$	Mindest-Wanddicke am Durchgang eines T-Stückes
$T_b$	Wanddicke am Abzweig eines T-Stückes
$T_{b, \text{min}}$	Mindest-Wanddicke am Abzweig eines T-Stückes
$T_{c, \text{min}}$	Mindest-Wanddicke am Abzwegbereich eines T-Stückes
$T_{\text{co, min}}$	Mindest-Wanddicke eines Konus
$T_2$	Wanddicke des zylindrischen Teils eines Reduzierstückes an seinem großen Ende
$T_{2\text{min}}$	Mindest-Wanddicke des zylindrischen Teils eines Reduzierstückes an seinem großen Ende
$T_3$	Wanddicke des konischen Teils eines Reduzierstückes
$T_{3\text{min}}$	Mindest-Wanddicke des konischen Teils eines Reduzierstückes
$T_4$	Wanddicke des zylindrischen Teils eines Reduzierstückes an seinem kleinen Ende
$T_{4\text{min}}$	Mindest-Wanddicke des zylindrischen Teils eines Reduzierstückes an seinem kleinen Ende
$\alpha$	Öffnungswinkel eines Reduzierstückes
$\beta, \beta_H, s, \tau$	Beiwerte (Berechnung des Reduzierstückes)

### B.3 Mindest- und Nenn-Wanddicke

Die in EN 13480-3 und EN 13445-3 festgelegten Berechnungsregeln basieren auf den geforderten kleinsten Wanddicken. Deshalb müssen in einem ersten Schritt diese kleinsten Wanddicken aus der Nenn-Wanddicke des Formstückes abgeleitet werden. Unter Berücksichtigung der in Tabelle 9 angegebenen Minus-Toleranzen wird die Mindest-Wanddicke wie folgt errechnet:

$$T_{\min} = \begin{cases} T \cdot (100 - 12,5) / 100 & \text{wenn } D \leq 610 \text{ mm} \\ T - 0,35 \text{ mm} & \text{wenn } D > 610 \text{ mm und } T \leq 10 \text{ mm} \\ T - 0,5 \text{ mm} & \text{wenn } D > 610 \text{ mm und } T > 10 \text{ mm} \end{cases} \quad (\text{B.1})$$

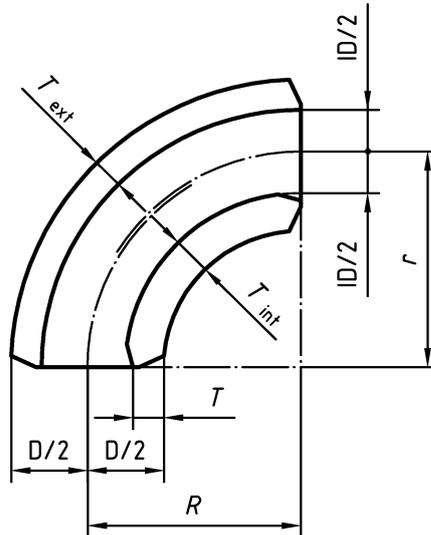
Um eine Wanddicke einschließlich ihrer Grenzabmaße aus einer Mindest-Wanddicke zu errechnen, wird die folgende Gleichung angewendet:

$$T = \begin{cases} T_{\min} \cdot 100 / (100 - 12,5) & \text{wenn } D \leq 610 \text{ mm} \\ T_{\min} + 0,35 \text{ mm} & \text{wenn } D > 610 \text{ mm und } T \leq 9,65 \text{ mm} \\ T_{\min} + 0,5 \text{ mm} & \text{wenn } D > 610 \text{ mm und } T > 9,65 \text{ mm} \end{cases} \quad (\text{B.2})$$

Werden für das Formstück andere Grenzabmaße festgelegt, müssen diese Werte in die vorstehenden Formeln eingesetzt werden.

## B.4 Rohrbogen

Die Wanddicken und weitere Maße eines Rohrbogens sind in Bild B.1 dargestellt.



**Bild B.1 — Rohrbogen**

Die Wanddicke an der Bogeninnenseite eines Rohrbogens ist wie folgt zu berechnen:

$$T_{min,int} = T_{min} \cdot \left[ \frac{D}{2 \cdot T_{min}} + \frac{r}{T_{min}} - \left( \frac{D}{2 \cdot T_{min}} + \frac{r}{T_{min}} - 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{\left( \frac{r}{T_{min}} \right)^2 - \left( \frac{D}{2 \cdot T_{min}} \right)^2}{\left( \frac{r}{T_{min}} \right)^2 - \frac{D}{2 \cdot T_{min}} \cdot \left( \frac{D}{2 \cdot T_{min}} - 1 \right)}} \right] \quad (B.3)$$

Dabei ist

$$\frac{r}{T_{min}} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left\{ \left( \frac{D}{2 \cdot T_{min}} \right)^2 + \left( \frac{R}{T_{min}} \right)^2 \right\}} + \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left\{ \left( \frac{D}{2 \cdot T_{min}} \right)^2 + \left( \frac{R}{T_{min}} \right)^2 \right\}^2 - \left( \frac{D}{2 \cdot T_{min}} \right) \cdot \left( \frac{D}{2 \cdot T_{min}} - 1 \right) \cdot \left( \frac{R}{T_{min}} \right)^2} \quad (B.4)$$

Die Wanddicke an der Bogeninnenseite eines Rohrbogens muss der Wanddicke des Anschlussrohres entsprechen:

$$T_{min,ext} = T_{min} \quad (B.5)$$

**ANMERKUNG 1** Mit  $T_{min,ext} = T_{min}$  ist sichergestellt, dass die Anforderungen an die Auslegung nach EN 13480-3 und EN 13445-3 im Hinblick auf die Korrosions-/Erosionszuschläge erfüllt sind.

**ANMERKUNG 2** Die Gleichungen (B.3) und (B.4) sind in EN 13480-3:2002 unter (B.4.1-3) und (B.4.1-4) enthalten.

BEISPIEL Wändicken eines Rohrbogens  $1D711 \times 7.1$ .

$R = 711 \text{ mm}$

(B.1):  $T_{\min} = 7,1 \text{ mm} - 0,35 \text{ mm} = 6,75 \text{ mm}$

(B.4)  $r/T_{\min} = 105,66 \text{ mm}$

(B.3):  $T_{\min, \text{int}} = 10,07 \text{ mm}$

(B.5)  $R_{\min, \text{ext}} = 6,75 \text{ mm}$

Die Wändicken einschließlich Grenzabmaße sind:

(B.2):  $T_{\text{int}} = 10,07 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} = 10,57 \text{ mm},$

$$T_{\text{ext}} = 6,75 \text{ mm} + 0,35 \text{ mm} = 7,1 \text{ mm}$$

## B.5 T-Stücke

Die Wändicke von T-Stücken kann nicht direkt berechnet werden, sondern muss in einem ersten Schritt abgeschätzt werden. Diese Annahme muss dann mit dem beschriebenen Verfahren überprüft werden. Dieses Verfahren zeigt in Bild B.2 das Verhältnis zwischen der drucktragenden Fläche  $A_p$  und der spannungsbelasteten Querschnittsfläche  $A_f$ . Unter bestimmten Umständen kann es erforderlich sein, diese Berechnung mit einer verbesserten Annahme für die Wändicke zu wiederholen.

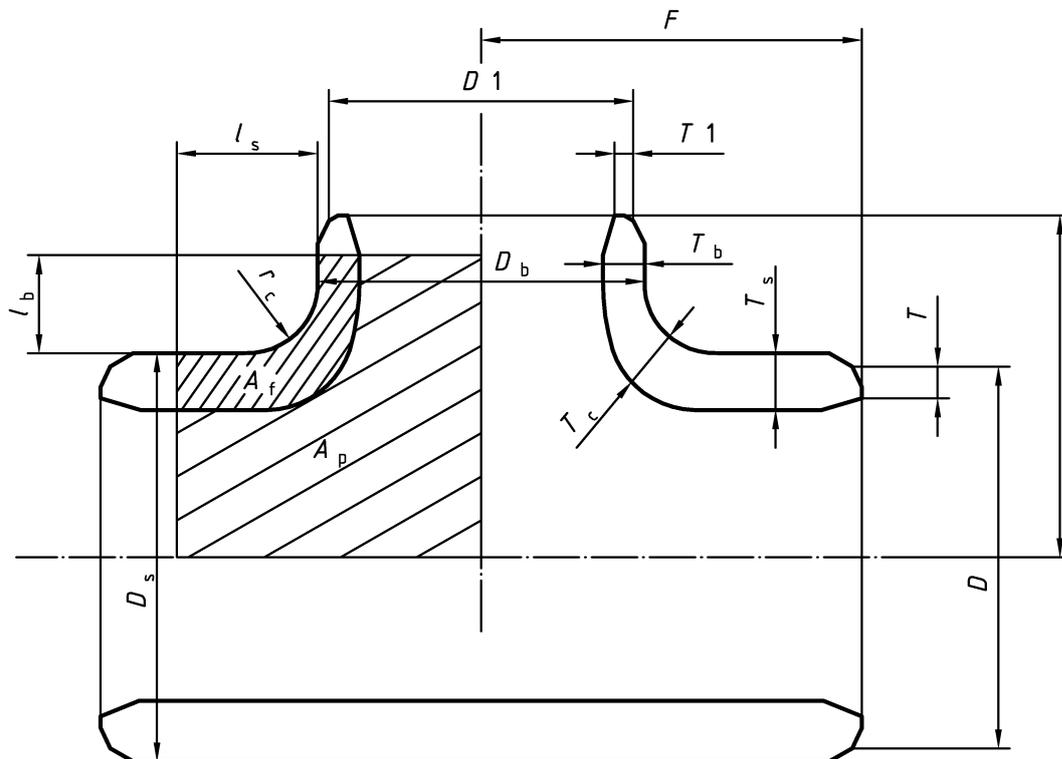


Bild B.2 — Maße und Flächen  $A_p$  und  $A_f$  eines T-Stückes

Für das T-Stück gelten die folgenden Bedingungen:

$$\frac{A_p}{A_f} \leq \max \left( \frac{D - 2 \cdot T_{\min}}{2 \cdot T_{\min}}, \frac{D1 - 2 \cdot T1_{\min}}{2 \cdot T1_{\min}} \right) \quad (B.5)$$

Die Längen der Verstärkungen werden wie folgt berechnet:

$$l_s = \min \left( \sqrt{(D_s - T_{s,\min}) \cdot T_{s,\min}}, F - \frac{D_b}{2} - T_{\min} \right) \quad (B.6)$$

$$l_b = \min \left( \sqrt{(D_b - T_{b,\min}) \cdot T_{b,\min}}, G - \frac{D_s}{2} - T1_{\min} \right) \quad (B.7)$$

Zusätzlich müssen die Wanddicken die folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{T_{b,\min}}{T_{s,\min}} \leq \begin{cases} 2 & \text{wenn } \frac{(D_b - 2 \cdot T_{b,\min})}{(D_s - 2 \cdot T_{s,\min})} \leq 0,3 \\ 2,6 - 2 \cdot \frac{(D_b - 2 \cdot T_{b,\min})}{(D_s - 2 \cdot T_{s,\min})} & \text{wenn } 0,3 < \frac{(D_b - 2 \cdot T_{b,\min})}{(D_s - 2 \cdot T_{s,\min})} < 0,8 \\ 1 & \text{wenn } \frac{(D_b - 2 \cdot T_{b,\min})}{(D_s - 2 \cdot T_{s,\min})} \geq 0,8 \end{cases} \quad (B.8)$$

**ANMERKUNG** Die Gleichung (B.5) ist abgeleitet aus (8.4.3-3) und (6.1-3) in EN 13480-3, die Gleichungen (B.6) und (A-7) basieren auf (8.4.1-2) und (8.4.3-1) in EN 13480-3, die Gleichung (B.8) basiert auf Bild 8.3.1-1 in EN 13480-3.

**BEISPIEL** Wanddicken eines Reduzier-T-Stückes 813 × 5,6 – 508 × 4,0

mit  $D_s = D$ ,  $D_b = D1$ ,  $r_c = 95$  mm und  $T_{c,\min} = (T_{s,\min} + T_{b,\min})/2$ .

$F = 597$  mm,  $G = 533$  mm.

Zu überprüfende angenommene Wanddicken:  $T_s = 16,0$  mm,  $T_b = 13,3$  mm

(8.1):  $T_{\min} = 5,6$  mm –  $0,35$  mm =  $5,25$  mm

$T1_{\min} = 4,0$  mm \*  $(100 - 12,5)/100 = 3,50$  mm

$T_{s,\min} = 16,0$  mm –  $0,5$  mm =  $15,5$  mm,

$T_{b,\min} = 13,3$  mm \*  $(100 - 12,5)/100 = 11,64$  mm

$T_{c,\min} = (15,5$  mm +  $11,64$  mm)/2 =  $13,57$  mm

(8-6):  $l_s = 111,18$  mm

(8.7):  $l_b = 76,01$  mm

Berechnung der Flächen  $A_f$  und  $A_p$  siehe Bild B.3.

$$a_s = a \sin \left( \max \left( \frac{r_c - l_s}{r_c}, 0 \right) \right) = 0^\circ$$

$$a_b = a \sin \left( \max \left( \frac{r_c - l_b}{r_c}, 0 \right) \right) = 11,53^\circ$$

$$T_{sc, \min} = \frac{45^\circ - a_s}{45^\circ} \cdot T_{s, \min} + \frac{a_s}{45^\circ} \cdot T_{c, \min} = 15,5 \text{ mm}$$

$$T_{bc, \min} = \frac{45^\circ - a_b}{45^\circ} \cdot T_{b, \min} + \frac{a_b}{45^\circ} \cdot T_{c, \min} = 12,13 \text{ mm}$$

$$A_{fs} = \max(l_s - r_{c,0}) \cdot T_{s, \min} = 250,79 \text{ mm}^2$$

$$A_{fsc} = \left( \left( r_c + \frac{T_{sc, \min} + T_{c, \min}}{2} \right)^2 - r_c^2 \right) \cdot p \cdot \frac{45^\circ - a_s}{360^\circ} + T_{sc, \min}^2 \cdot \frac{\tan(a_s)}{2} = 1167,46 \text{ mm}^2$$

$$A_{fbc} = \left( \left( r_c + \frac{T_{bc, \min} + T_{c, \min}}{2} \right)^2 - r_c^2 \right) \cdot p \cdot \frac{45^\circ - a_b}{360^\circ} + T_{bc, \min}^2 \cdot \frac{\tan(a_b)}{2} = 776,35 \text{ mm}^2$$

$$A_{fb} = \max(l_b - r_{c,0}) \cdot T_{s, \min} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_f = A_{fs} + A_{fsc} + A_{fbc} + A_{fb} = 2194,60 \text{ mm}^2$$

$$A_{psc} = r_c^2 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot (1 - \sin(a_s))^2 - p \cdot \frac{45^\circ - a_s}{360^\circ} + \frac{1}{2} \cdot \sin(a_s) \cdot (\cos(a_s) - \sin(a_s)) \right) = 968,39 \text{ mm}^2$$

$$A_{pbc} = r_c^2 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot (1 - \sin(a_b))^2 - p \cdot \frac{45^\circ - a_b}{360^\circ} + \frac{1}{2} \cdot \sin(a_b) \cdot (\cos(a_b) - \sin(a_b)) \right) = 956,31 \text{ mm}^2$$

$$A_p = \left( \frac{D1}{2} + l_s \right) \left( \frac{D}{2} + l_b \right) - l_s \cdot l_b + A_{psc} + A_{psb} - A_f = 167482,31 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_p}{A_f} = 76,31$$

$$\max \left( \frac{D - 2 \cdot T_{\min}}{2 \cdot T_{\min}}, \frac{D1 - 2 \cdot T1_{\min}}{2 \cdot T1_{\min}} \right) = 76,43$$

In Gleichung (8 - 5) ist die Anforderung (76,31 ≤ 76,43) erfüllt, folglich sind die angenommenen Wanddicken  $T_s$  und  $T_b$  zulässig.

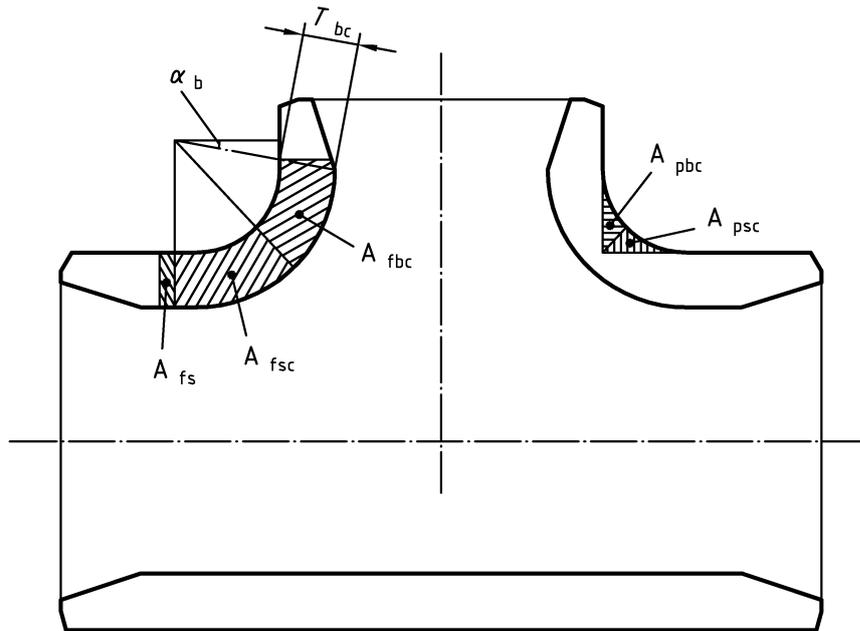


Bild B.3 — Zusätzliche in die Berechnung von  $A_p$  und  $A_f$  eines T-Stückes einbezogene Maße und Flächen

## B.6 Reduzierstücke

Im Allgemeinen kann die Wanddicke des konischen Teiles des Reduzierstückes leicht errechnet werden.

Trotzdem sind bei kleinen Wanddicken/Durchmesser-Verhältnissen zusätzliche Verstärkungen an den Enden des Konus und der zylindrischen Teile erforderlich. Diese Verstärkungen können nicht direkt berechnet werden, sondern sind durch Iteration zu bestimmen.

Die Wanddicken und weitere Maße eines Reduzierstückes sind sowohl für konzentrische als auch exzentrische Reduzierstücke in Bild B.4 dargestellt.

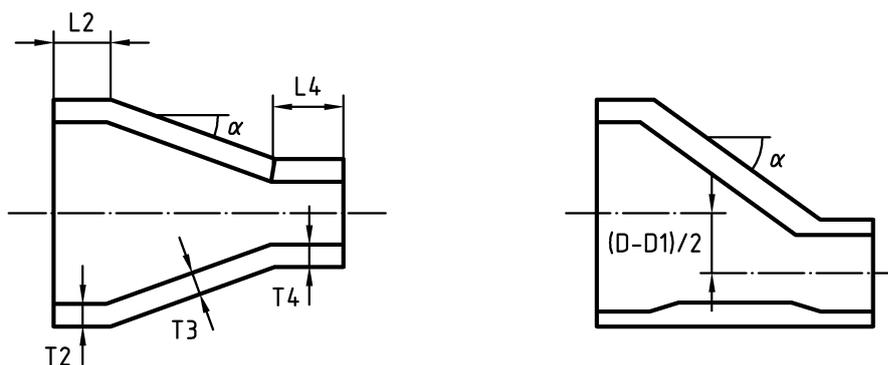


Bild B.4 — Wanddicken und Maße von Reduzierstücken

Die Wanddicke eines Konus mit vorgegebenem Öffnungswinkel wird wie folgt errechnet:

$$T_{\text{co, min}} = \frac{D}{\frac{1}{\min\left(\frac{T_{\text{min}}}{D - T_{\text{min}}}, \frac{T1_{\text{min}}}{D1 - T1_{\text{min}}}\right)} + 1} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \quad (\text{B.9})$$

Die Verstärkung der Wanddicke am großen Ende des Reduzierstückes wird wie folgt errechnet:

$$T_{\text{j, min}} = \beta \cdot (D - T_{\text{j, min}}) \cdot \min\left(\frac{T_{\text{min}}}{D - T_{\text{min}}}, \frac{T1_{\text{min}}}{D1 - T1_{\text{min}}}\right) \quad (\text{B.10})$$

mit

$$\beta = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{D - T_{\text{j, min}}}{T_{\text{j, min}}}} \cdot \frac{\tan(\alpha)}{1 + \frac{1}{\sqrt{\cos(\alpha)}}} - 0,15 \quad (\text{B.11})$$

ANMERKUNG Die Gleichungen (B.11) und (B.10) können nicht direkt berechnet werden, sondern müssen durch Iteration gelöst werden.

Die Wanddicke des konischen Teils eines Reduzierstückes beträgt:

$$T3_{\text{min}} = \max(T_{\text{co, min}}, T_{\text{j, min}}) \quad (\text{B.12})$$

Die Wanddicke des zylindrischen Teils am großen Ende des Reduzierstückes beträgt:

$$T2_{\text{min}} = \max(T_{\text{min}}, T_{\text{j, min}}) \quad (\text{B.13})$$

Wenn die Wanddicke des zylindrischen Teiles am großen Ende des Reduzierstückes verstärkt werden muss, muss eine Mindestlänge für diesen Teil sichergestellt sein:

$$L2_{\text{min}} = \begin{cases} 1,4 \cdot \sqrt{(D - T_{\text{j, min}}) \cdot T_{\text{j, min}}} & \text{wenn } T_{\text{j, min}} > T_{\text{min}} \\ 0 & \text{wenn } T_{\text{j, min}} \leq T_{\text{min}} \end{cases} \quad (\text{B.14})$$

Die Wanddicke des zylindrischen Teils am kleinen Ende des Reduzierstückes ist nach folgenden Gleichungen zu errechnen:

$$s = \frac{T3_{\text{min}}}{T4_{\text{min}}} \quad (\text{B.15})$$

$$\tau = \begin{cases} s \cdot \sqrt{\frac{s}{\cos(\alpha)}} + \sqrt{\frac{1 + s^2}{2}} & \text{wenn } s < 1 \\ 1 + \sqrt{s \cdot \left(\frac{1 + s^2}{2 \cdot \cos(\alpha)}\right)} & \text{wenn } s \geq 1 \end{cases} \quad (\text{B.16})$$

$$\beta_H = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{D1 - T4_{min}}{T4_{min}}} \cdot \frac{\tan(\alpha)}{\tau} + 0,5 \quad (B.17)$$

wenn

$$\min\left(\frac{T_{min}}{D - T_{min}}, \frac{T_{min}}{D1 - T1_{min}}\right) \leq \frac{T4_{min}}{(D1 - T4_{min}) \cdot \beta_H} \quad (B.18)$$

und

$$T4_{min} \geq T1_{min} \quad (B.19)$$

$T4_{min}$  ist zulässig. Anderenfalls ist die Berechnung mit einem höheren Wert für  $T4_{min}$  zu wiederholen. Um die Anforderungen nach (B.18) zu erfüllen, darf auch der Wert für  $T3_{min}$  erhöht werden.

Wenn die Wanddicke am zylindrischen Teil am kleinen Ende des Reduzierstückes verstärkt werden muss, muss für diesen Teil eine Mindest-Länge sichergestellt sein:

$$L4_{min} = \begin{cases} \sqrt{(D1 - T4_{min}) \cdot T4_{min}} & \text{wenn } T4_{min} > T1_{min} \\ 0 & \text{wenn } T4_{min} \leq T1_{min} \end{cases} \quad (B.20)$$

**ANMERKUNG** Die Gleichungen (B.9) bis (B.18) gelten nur für einen Öffnungswinkel  $\alpha \leq 60^\circ$  und  $D/T_{min}$  – Verhältnisse  $\leq 1\ 000$ .

**ANMERKUNG** Formel (B.9) ist abgeleitet aus (8.6.4-2) und (6.1-3) in EN 13480-3.  
 Formel (B.10) ist abgeleitet aus (6.4.4-3) und (6.1-3) in EN 13480-3.  
 Formel (B.11) ist enthalten in EN 13480-3 als (6.4.4-4).  
 Formel (B.14) basiert auf (6.4.4-1) und Bild 6.4.4-1 in EN 13480-3.  
 Die Formeln (B.15) bis (B.17) sind enthalten in EN 13445-3 als (7.6-22) bis (7.6-25).  
 Formel (B.18) ist abgeleitet aus (7.6-26) in EN 13445-3 und (6.1-3) in EN 13480-3.  
 Formel (B.20) ist enthalten in EN 13445-3 als (7.6-9).

**BEISPIEL** Wanddicken eines konzentrischen Reduzierstückes 813 x 5,6 – 508 x 4,0 mit einem Öffnungswinkel  $\alpha = 20^\circ$

(8-1):  $T_{min} = 5,6\text{ mm} - 0,35\text{ mm} = 5,25\text{ mm}$   
 $T1_{min} = 4,0\text{ mm} \cdot (100 - 12,5)/100 = 3,50\text{ mm}$

(8-9):  $T_{co,min} = 5,59\text{ mm}$

Erste Annahme:  $T_{j,min} = 5,59\text{ mm}$   
 (B.11), (B.10):  $\beta = 0,57, T_{j,min} = 2,99\text{ mm}$   
 $\beta = 0,83, T_{j,min} = 4,37\text{ mm}$   
 $\beta = 0,66, T_{j,min} = 3,47\text{ mm}$   
 $\beta = 0,76, T_{j,min} = 4,00\text{ mm}$   
 $\beta = 0,70, T_{j,min} = 3,68\text{ mm}$   
 $\beta = 0,74, T_{j,min} = 3,89\text{ mm}$   
 $\beta = 0,71, T_{j,min} = 3,73\text{ mm}$   
 $\beta = 0,73, T_{j,min} = 3,84\text{ mm}$   
 $\beta = 0,72, T_{j,min} = 3,79\text{ mm}$   
 $\beta = 0,72, T_{j,min} = 3,79\text{ mm}$

(8-12):  $T3_{min} = 5,59\text{ mm}$

(8-13):  $T2_{min} = 5,25\text{ mm}$

(8-14):  $L2_{min} = 0\text{ mm}$

Erste Annahme:	$T_{4\min} = 3,50 \text{ mm}$
(B.15) bis (B.17):	$s = 1,60, \tau = 2,74, \beta_H = 1,14,$
bei Prüfung nach (B.18):	$0,00650 \geq 0,00608$
nächste Annahme:	$T_{4\min} = 3,70 \text{ mm}$
(B.15) bis (B.17):	$s = 1,51, \tau = 2,62, \beta_H = 1,15,$
bei Prüfung nach (B.18):	$0,00650 \geq 0,00637$
nächste Annahme:	$T_{4\min} = 3,80 \text{ mm}$
(B.15) bis (B.17):	$s = 1,47, \tau = 2,57, \beta_H = 1,15,$
bei Prüfung nach (B.18):	$0,00650 \leq 0,00655$
	$T_{4\min} = 3,80 \text{ mm}$ ist zulässig.
(8-20):	$L_{4\min} = 43,77 \text{ mm}$
(8-2):	$T2 = 5,25 \text{ mm} + 0,35 \text{ mm} = 5,60 \text{ mm}$
	$T3 = 5,59 \text{ mm} + 0,35 \text{ mm} = 5,94 \text{ mm}$
	$T4 = 3,80 \text{ mm} * 100/(100 - 12,5) = 4,34 \text{ mm}$

## **Anhang C** (informativ)

### **Tabellen für die Wanddicke**

#### **C.1 Allgemeines**

Dieser Anhang enthält 6 Wanddicken-Reihen für die Wanddicken von Rohrbogen, T-Stücken und Reduzier-T-Stücken.

Diese Wanddicken werden mit den in Anhang B angegebenen Verfahren und den in Tabelle 9 festgelegten Grenzabmaßen errechnet. Festlegung der Symbole, siehe B.1 sowie die Bilder in Anhang B.

Formstücke mit Nennmaßen, die nicht in den Tabellen dieses Anhangs aufgeführt sind oder mit anderen Grenzabmaßen als in Tabelle 9 angegeben, können nach Anhang B berechnet werden.

#### **C.2 Rohrbogen**

Tabelle C.1 enthält die Wanddicken an der Bogeninnenseite von Rohrbogen Typ 1D, 1,5 D und 2,5 D, deren Biegeradien in Anhang A angegeben sind. Die Wanddicke an der Bogenaußenseite der Rohrbogen muss der Wanddicke der Schweißenden entsprechen.

**Tabelle C.1 — Wanddicke an der Bogeninnenseite von Rohrbogen**

D	1			2			3			4			5			6					
	T	1,5D	2,5D	T	1,5D	2,5D	T	1,5D	2,5D												
		T <sub>int</sub>	T <sub>int</sub>		T <sub>int</sub>	T <sub>int</sub>		T <sub>int</sub>													
21,3	1,6	—	2,1	1,9	—	—	—	—	—	2,0	—	2,6	2,3	3,2	—	4,1	3,7	4,0	—	5,1	4,6
26,9	1,6	—	2,3	1,9	—	—	—	—	—	2,0	—	2,8	2,3	3,2	—	4,4	3,7	4,0	—	5,5	4,6
33,7	1,6	—	2,3	1,9	2,0	—	2,8	2,3	—	2,3	—	3,2	2,7	3,2	—	4,4	3,7	4,5	—	6,1	5,2
42,4	1,6	—	2,3	1,9	2,0	—	2,8	2,3	—	2,6	—	3,6	3,0	3,6	—	4,9	4,2	5,0	—	6,8	5,7
48,3	1,6	—	2,2	1,9	2,0	—	2,8	2,3	—	2,6	—	3,5	3,0	3,6	—	4,9	4,2	5,0	—	6,7	5,7
60,3	1,6	2,7	2,2	1,9	2,0	3,4	2,7	2,3	2,3	2,9	4,8	3,9	3,4	4,0	6,5	5,3	4,6	5,6	8,9	7,3	6,4
76,1	1,6	2,8	2,2	1,9	2,3	4,0	3,1	2,7	2,6	2,9	5,0	3,9	3,3	5,0	8,3	6,6	5,7	7,1	11,5	9,3	8,1
88,9	2,0	3,4	2,7	2,3	2,3	3,9	3,1	2,7	2,9	3,2	5,3	4,2	3,7	5,6	9,1	7,3	6,4	8,0	12,7	10,4	9,1
114,3	2,0	3,3	2,6	2,3	2,6	4,2	3,4	3,0	2,9	4,7	3,8	3,3	4,1	6,3	9,9	8,2	7,2	8,8	13,7	11,3	10,0
139,7	2,0	3,2	2,6	2,3	2,6	4,2	3,4	3,0	3,2	5,1	4,2	3,7	4,6	6,3	9,9	8,1	7,2	10,0	15,4	12,8	11,4
168,3	2,0	3,3	2,6	2,3	2,6	4,2	3,4	3,0	3,2	5,2	4,2	3,7	5,2	7,1	11,2	9,1	8,1	11,0	17,1	14,1	12,5
219,1	2,0	3,2	2,6	2,3	2,6	4,1	3,4	3,0	3,6	5,7	4,6	4,1	7,2	8,0	12,4	10,2	9,1	12,5	19,1	15,9	14,2
273,0	2,0	3,2	2,6	2,3	3,6	5,7	4,6	4,1	4,0	6,3	5,2	4,6	7,2	10,0	15,5	12,8	11,4	—	—	—	—
323,9	2,6	4,1	3,4	3,0	4,0	6,3	5,1	4,6	4,5	7,0	5,8	5,1	8,1	10,0	15,4	12,7	11,4	—	—	—	—
355,6	2,6	3,9	3,3	3,0	4,0	6,0	5,0	4,6	5,0	7,5	6,3	5,7	8,0	11,0	16,3	13,7	12,5	—	—	—	—
406,4	2,6	3,9	3,3	3,0	4,0	6,0	5,0	4,6	5,0	7,5	6,3	5,7	8,8	12,5	18,5	15,6	14,2	—	—	—	—
457,0	3,2	4,8	4,0	3,7	4,0	6,0	5,0	4,6	5,0	7,5	6,3	5,7	10,0	—	—	—	—	—	—	—	—
508,0	3,2	4,8	4,0	3,7	5,0	7,5	6,3	5,7	5,6	8,4	7,0	6,4	11,0	—	—	—	—	—	—	—	—
610,0	3,2	4,8	4,0	3,6	5,6	8,4	7,0	6,3	6,3	9,4	7,9	7,1	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
711,0	4,0	—	5,0	4,5	5,6	—	7,0	6,3	7,1	—	8,8	8,0	15,5	—	—	—	—	—	—	—	—
813,0	4,0	—	5,0	4,5	5,6	—	7,0	6,3	8,0	—	9,9	9,0	15,5	—	—	—	—	—	—	—	—
914,0	4,0	—	5,0	4,5	6,3	—	7,8	7,1	8,8	—	11,1	9,9	15,5	—	—	—	—	—	—	—	—
1 016,0	4,0	—	5,0	4,5	6,3	—	7,8	7,1	10,0	—	12,6	11,4	15,5	—	—	—	—	—	—	—	—

### C.3 T-Stücke

Tabelle C.3 enthält die Wanddicke von T-Stücken mit gleichem Abzweig und mit reduziertem Abzweig. Diese Daten sind anwendbar, wenn eine der beiden folgenden Bedingungen zutrifft:

- 1) Die Verstärkung ist innen ( $D_s = D$ ,  $D_b = D1$ ) und der Krümmungsradius ist  $\leq \frac{3}{4}$  der Höhe des Abzweigs ( $r_c = 0,75 * (G - D/2)$ ) und die Wanddicke am Abzweigbereich entspricht mindestens dem Mittelwert der Wanddicken von Durchgang und Abzweig ( $T_{c, \min} \geq (T_{s, \min} + T_{, \min})/2$ ) und die Maße F und G entsprechen den Angaben in Anhang A.
- 2) Die Verstärkung entspricht höchstens der Hälfte der außenseitigen Verstärkung ( $D_c \leq D + (T_s - T)$ ,  $D_b \leq D1 + (T_b - T1)$ ) und der Krümmungsradius ist  $\leq \frac{1}{2}$  der Höhe des Abzweigs ( $r_c \leq 0,5 * (G - D/2)$ ) und die Wanddicke am Abzweigbereich entspricht mindestens dem Mittelwert der Wanddicken von Durchgang und Abzweig ( $T_{c, \min} \geq (T_{s, \min} + T_{b, \min})/2$ ) und die Maße F und G entsprechen den Angaben in Anhang A.

In allen anderen Fällen können die Wanddicken nach Anhang B errechnet werden.

Kleinere Wanddicken als in Tabelle C.2 angegeben sind zulässig, sofern sie nach Anhang B berechnet werden, z. B. für kleinere Krümmungsradien oder andere Wanddickenverhältnisse zwischen Durchgang und Abzweig.



Table C.2 (fortgesetzt)

D	D1	1			2			3			4			5			6									
		T	T1	Ts	Tb	T	T1	Ts	Tb	T	T1	Ts	Tb	T	T1	Ts	Tb	T	T1	Ts	Tb					
219,1	219,1	2,0	2,0	7,9	5,9	2,6	2,6	9,3	7,0	3,6	3,6	11,6	8,7	6,3	6,3	17,2	12,9	12,5	8,0	8,0	21,3	16,0	12,5	12,5	34,8	26,1
	168,3	2,0	2,0	6,9	5,2	2,6	2,6	8,1	6,1	3,6	3,2	10,1	7,6	6,3	6,3	14,1	10,6	12,5	8,0	7,1	17,6	13,2	12,5	11,0	24,3	18,3
	139,7	2,0	2,0	6,2	4,7	2,6	2,6	7,4	5,6	3,6	3,2	9,2	6,9	6,3	6,3	13,5	10,1	12,5	8,0	6,3	16,1	12,1	12,5	10,0	22,3	16,7
	114,3	2,0	2,0	5,6	4,2	2,6	2,6	6,7	5,0	3,6	2,9	8,3	6,3	6,3	6,3	12,3	9,3	12,5	8,0	6,3	14,7	11,0	12,5	8,8	20,4	15,3
273	273	2,0	2,0	8,4	6,3	3,6	3,6	12,2	9,2	4,0	4,0	13,1	9,9	6,3	6,3	17,9	13,5	12,5	10,0	10,0	27,7	20,8	—	—	—	—
	219,1	2,0	2,0	7,3	5,5	3,6	3,6	10,0	7,5	4,0	3,6	11,5	8,7	6,3	6,3	15,8	11,9	12,5	10,0	8,0	21,9	16,5	—	—	—	—
	168,3	2,0	2,0	6,4	4,8	3,6	3,6	9,4	7,1	4,0	3,2	10,1	7,6	6,3	6,3	13,9	10,4	12,5	10,0	7,1	19,4	14,6	—	—	—	—
	139,7	2,0	2,0	5,9	4,5	3,6	3,6	8,7	6,6	4,0	3,2	9,4	7,1	6,3	6,3	12,9	9,7	12,5	10,0	6,3	18,0	13,5	—	—	—	—
323,9	323,9	2,6	2,6	10,4	7,8	4,0	4,0	13,8	10,4	4,5	4,5	14,9	11,2	7,1	7,1	20,4	15,3	12,5	10,0	10,0	27,7	20,8	—	—	—	—
	273	2,6	2,6	8,8	6,6	4,0	4,0	12,4	9,3	4,5	4,0	13,5	10,1	7,1	6,3	18,4	13,8	12,5	10,0	10,0	23,5	17,7	—	—	—	—
	219,1	2,6	2,6	8,3	6,2	4,0	4,0	10,7	8,1	4,5	3,6	11,9	9,0	7,1	6,3	16,4	12,3	12,5	10,0	8,0	21,0	15,8	—	—	—	—
	168,3	2,6	2,6	7,2	5,4	4,0	4,0	9,7	7,3	4,5	3,2	10,5	7,9	7,1	4,5	14,5	10,9	12,5	10,0	7,1	18,6	13,9	—	—	—	—
355,6	355,6	2,6	2,6	10,8	8,1	4,0	4,0	14,2	10,7	5,0	5,0	16,5	12,4	8,0	8,0	22,9	17,2	12,5	11,0	11,0	30,5	22,9	—	—	—	—
	323,9	2,6	2,6	10,1	7,6	4,0	4,0	13,4	10,1	5,0	4,5	15,4	11,6	8,0	7,1	21,1	15,9	12,5	11,0	10,0	27,0	20,2	—	—	—	—
	273	2,6	2,6	9,1	6,8	4,0	4,0	12,1	9,1	5,0	4,0	14,1	10,6	8,0	6,3	19,5	14,7	12,5	11,0	10,0	24,5	18,4	—	—	—	—
	219,1	2,6	2,6	8,2	6,1	4,0	4,0	10,8	8,1	5,0	3,6	12,6	9,5	8,0	6,3	17,6	13,2	12,5	11,0	8,0	22,1	16,6	—	—	—	—
406,4	406,4	2,6	2,6	10,9	8,2	4,0	4,0	14,4	10,8	5,0	5,0	16,7	12,6	8,8	8,8	26,0	19,5	12,5	12,5	12,5	37,7	28,3	—	—	—	—
	355,6	2,6	2,6	10,4	7,8	4,0	4,0	13,7	10,3	5,0	5,0	15,9	11,9	8,8	8,0	23,4	17,6	12,5	12,5	11,0	30,0	22,5	—	—	—	—
	323,9	2,6	2,6	9,7	7,3	4,0	4,0	12,9	9,7	5,0	4,5	14,9	11,2	8,8	7,1	22,1	16,6	12,5	12,5	10,0	28,4	21,3	—	—	—	—
	273	2,6	2,6	8,8	6,6	4,0	4,0	11,7	8,8	5,0	4,0	13,6	10,2	8,8	6,3	20,2	15,1	12,5	12,5	10,0	26,0	19,5	—	—	—	—
457	457	2,6	2,6	11,4	8,5	4,0	4,0	15,0	11,3	5,0	5,0	17,4	13,1	8,8	8,8	26,4	19,8	12,5	12,5	12,5	37,2	27,9	—	—	—	—
	406,4	2,6	2,6	10,5	7,9	4,0	4,0	13,9	10,4	5,0	5,0	16,1	12,1	8,8	8,8	23,9	17,9	12,5	12,5	12,5	30,7	23,0	—	—	—	—
	355,6	2,6	2,6	10,0	7,5	4,0	4,0	13,2	9,9	5,0	5,0	15,3	11,5	8,8	8,0	22,6	16,9	12,5	12,5	11,0	29,0	21,7	—	—	—	—
	323,9	2,6	2,6	9,4	7,1	4,0	4,0	12,5	9,4	5,0	4,5	14,5	10,9	8,8	7,1	21,4	16,1	12,5	12,5	10,0	27,5	20,6	—	—	—	—
508	508	3,2	3,2	13,4	10,1	5,0	5,0	18,0	13,5	5,6	5,6	19,4	14,6	11,0	11,0	32,6	24,4	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	457	3,2	3,2	11,7	8,8	5,0	5,0	15,6	11,7	5,6	5,0	18,1	13,6	11,0	8,8	26,7	20,0	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	406,4	3,2	3,2	11,6	8,7	5,0	5,0	15,7	11,8	5,6	5,0	16,9	12,7	11,0	8,8	27,1	20,4	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	355,6	3,2	3,2	11,1	8,3	5,0	5,0	14,9	11,2	5,6	5,0	16,1	12,1	11,0	8,0	25,7	19,3	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
610	610	3,2	3,2	13,7	10,3	5,6	5,6	19,8	14,9	6,3	6,3	21,5	16,1	12,5	12,5	41,4	31,1	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	508	3,2	3,2	12,7	9,6	5,6	5,6	18,4	13,8	6,3	5,6	19,9	14,9	12,5	11,0	32,0	24,0	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	457	3,2	3,2	11,9	8,9	5,6	5,6	16,7	12,5	6,3	5,0	18,6	14,0	12,5	8,8	28,8	21,6	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	406,4	3,2	3,2	11,0	8,3	5,6	5,6	16,0	12,0	6,3	5,0	17,4	13,1	12,5	8,8	28,2	21,2	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
711	4,0	4,0	15,9	12,1	5,6	5,6	20,1	15,2	7,1	7,1	23,6	17,9	12,5	12,5	37,1	28,0	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	
813	4,0	4,0	16,7	12,7	5,6	5,6	21,0	15,9	8,0	8,0	26,8	20,3	12,5	12,5	37,6	28,3	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	
914	4,0	4,0	17,5	13,2	6,3	6,3	23,7	17,9	8,8	8,8	29,8	22,5	12,5	12,5	37,9	28,6	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	
1016	1016	4,0	4,0	18,2	13,8	6,3	6,3	24,6	18,6	10,0	10,0	33,7	25,4	12,5	12,5	39,0	29,4	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—

## C.4 Reduzierstücke

Die Tabellen C.3 bis C.8 enthalten die Wanddicken für konzentrische und exzentrische Reduzierstücke. Die Daten gelten für Reduzierstücke mit Öffnungswinkeln  $\alpha \leq$  dem größten Öffnungswinkel  $\alpha_{\max}$ . Für größere Öffnungswinkel können die Wanddicken nach Anhang B errechnet werden.

Bei kleinen Wanddicken/Durchmesser-Verhältnissen sind Verstärkungen an den Enden des Konus und der zylindrischen Teile erforderlich. Für diese Fälle sind in den Tabellen ebenfalls die entsprechenden Mindestlängen der zylindrischen Abschnitte des Reduzierstückes angegeben.

Kleinere Wanddicken als in den Tabellen C.3 bis C.8 angegeben sind zulässig, sofern sie nach Anhang B berechnet werden, z. B. für kleinere Öffnungswinkel  $\alpha$ .

**Tabelle C.3 — Wanddicke von Reduzierstücken — Wanddicke Reihe 1**

D	D1	T	T1	konzentrisch						exzentrisch					
				$\alpha_{\max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>	$\alpha_{\max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>
26,9	21,3	1,6	1,6	8°	—	1,6	1,7	1,6	—	15°	—	1,6	1,7	1,6	—
33,7	26,9	1,6	1,6	7°	—	1,6	1,7	1,6	—	13°	—	1,6	1,7	1,6	—
	21,3	1,6	1,6	12°	—	1,6	1,7	1,6	—	24°	—	1,6	1,8	1,6	—
42,4	33,7	1,6	1,6	9°	—	1,6	1,7	1,6	—	16°	—	1,6	1,7	1,6	—
	26,9	1,6	1,6	15°	—	1,6	1,7	1,6	—	30°	—	1,6	1,9	1,6	—
	21,3	1,6	1,6	19°	—	1,6	1,7	1,6	—	42°	—	1,6	2,2	1,6	—
48,3	42,4	1,6	1,6	6°	—	1,6	1,7	1,6	—	8°	—	1,6	1,7	1,6	—
	33,7	1,6	1,6	10°	—	1,6	1,7	1,6	—	19°	—	1,6	1,7	1,6	—
	26,9	1,6	1,6	16°	—	1,6	1,7	1,6	—	28°	—	1,6	1,9	1,6	—
60,3	48,3	1,6	1,6	7°	—	1,6	1,7	1,6	—	13°	—	1,6	1,7	1,6	—
	42,4	1,6	1,6	11°	—	1,6	1,7	1,6	—	20°	—	1,6	1,8	1,6	—
	33,7	1,6	1,6	16°	—	1,6	1,7	1,6	—	29°	—	1,6	1,9	1,6	—
76,1	60,3	1,6	1,6	9°	—	1,6	1,7	1,6	—	15°	—	1,6	1,7	1,6	—
	48,3	1,6	1,6	15°	—	1,6	1,7	1,6	—	27°	—	1,6	1,8	1,6	—
	42,4	1,6	1,6	18°	—	1,6	1,7	1,6	—	34°	—	1,6	2,0	1,6	—
88,9	76,1	2,0	1,6	7°	—	2,0	1,9	1,6	—	13°	—	2,0	2,0	1,6	—
	60,3	2,0	1,6	16°	—	2,0	2,1	1,6	—	30°	—	2,0	2,4	1,6	—
	48,3	2,0	1,6	22°	—	2,0	2,2	1,6	—	44°	—	2,0	2,8	1,6	—
114,3	88,9	2,0	2,0	13°	—	2,0	2,1	2,0	—	24°	—	2,0	2,2	2,0	—
	76,1	2,0	1,6	18°	—	2,0	2,2	1,6	—	37°	—	2,0	2,6	1,8	10,6
	60,3	2,0	1,6	26°	—	2,0	2,3	1,6	—	51°	21,4	2,4	3,2	1,6	—
139,7	114,3	2,0	2,0	10°	—	2,0	2,1	2,0	—	18°	—	2,0	2,2	2,0	—
	88,9	2,0	2,0	20°	—	2,0	2,2	2,0	—	35°	—	2,0	2,5	2,0	—
	76,1	2,0	1,6	25°	—	2,0	2,3	1,6	—	43°	22,6	2,2	2,8	1,6	—
168,3	139,7	2,0	2,0	9°	—	2,0	2,1	2,0	—	18°	—	2,0	2,2	2,0	—
	114,3	2,0	2,0	19°	—	2,0	2,2	2,0	—	34°	—	2,0	2,5	2,0	—
	88,9	2,0	2,0	27°	—	2,0	2,3	2,0	—	48°	27,1	2,6	3,0	2,0	—
219,1	168,3	2,0	2,0	18°	—	2,0	2,2	2,0	—	31°	—	2,0	2,4	2,4	18,6
	139,7	2,0	2,0	27°	—	2,0	2,3	2,0	—	45°	31,4	2,7	2,9	2,4	16,8
	114,3	2,0	2,0	33°	27,4	2,1	2,4	2,0	—	55°	34,8	3,3	3,5	2,0	—

**Tabelle C.3 (fortgesetzt)**

D	D1	T	T1	konzentrisch						exzentrisch					
				$\alpha_{\max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>	$\alpha_{\max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>
273,0	219,1	2,0	2,0	16°	—	2,0	2,1	2,0	—	28°	—	2,0	2,5	2,5	21,6
	168,3	2,0	2,0	30°	30,6	2,1	2,4	2,0	—	48°	37,6	3,1	3,1	2,6	19,1
	139,7	2,0	2,0	36°	33,0	2,4	2,5	2,0	—	55°	40,4	3,6	3,6	2,0	—
323,9	273,0	2,6	2,0	12°	—	2,6	2,5	2,0	—	23°	—	2,6	2,8	2,8	25,6
	219,1	2,6	2,0	24°	—	2,6	2,9	2,3	20,9	44°	44,1	3,6	3,7	3,5	25,5
	168,3	2,6	2,0	35°	39,8	2,9	3,2	2,0	—	55°	49,4	4,5	4,6	2,6	19,3
355,6	323,9	2,6	2,6	6°	—	2,6	2,7	2,6	—	8°	—	2,6	2,7	2,6	—
	273,0	2,6	2,0	14°	—	2,6	2,7	2,1	22,0	25°	—	2,6	2,9	2,9	26,1
	219,1	2,6	2,0	22°	—	2,6	2,9	2,0	—	37°	43,5	3,2	3,3	2,8	22,9
406,4	355,6	2,6	2,6	8°	—	2,6	2,7	2,6	—	15°	—	2,6	2,7	2,7	28,5
	323,9	2,6	2,6	13°	—	2,6	2,7	2,6	—	24°	—	2,6	3,1	3,1	29,2
	273,0	2,6	2,0	21°	—	2,6	2,8	2,3	23,1	36°	47,0	3,2	3,3	3,3	27,6
457,0	406,4	3,2	2,6	7°	—	3,2	3,0	2,6	—	11°	—	3,2	3,0	2,6	—
	355,6	3,2	2,6	14°	—	3,2	3,3	2,6	—	24°	—	3,2	3,6	3,6	33,1
	323,9	3,2	2,6	18°	—	3,2	3,4	2,7	27,2	31°	51,1	3,4	3,8	3,8	32,3
508,0	457,0	3,2	3,2	4°	—	3,2	3,3	3,2	—	8°	—	3,2	3,3	3,2	—
	406,4	3,2	2,6	10°	—	3,2	3,3	2,6	—	18°	—	3,2	3,4	3,2	33,7
	355,6	3,2	2,6	17°	—	3,2	3,4	2,6	—	27°	—	3,2	3,6	3,5	32,7
610,0	508,0	3,2	3,2	10°	—	3,2	3,3	3,2	—	17°	—	3,2	3,5	3,5	38,9
	457,0	3,2	3,2	15°	—	3,2	3,4	3,2	—	27°	58,9	3,4	4,0	4,0	39,5
	406,4	3,2	2,6	21°	—	3,2	3,5	3,0	32,1	35°	65,5	4,2	4,2	4,1	37,8
711,0	610,0	4,0	3,2	10°	—	4,0	3,7	3,2	—	19°	—	4,0	4,2	4,4	48,0
	508,0	4,0	3,2	15°	—	4,0	4,2	3,3	38,1	34°	78,1	4,8	5,1	5,5	48,9
	457,0	4,0	3,2	20°	—	4,0	4,3	3,4	36,6	40°	83,8	5,5	5,5	5,3	45,7
813,0	711,0	4,0	4,0	10°	—	4,0	4,1	4,0	—	19°	—	4,0	4,8	4,8	55,5
	610,0	4,0	3,2	15°	—	4,0	4,2	3,7	44,1	34°	85,6	5,0	5,6	5,9	55,9
	508,0	4,0	3,2	20°	—	4,0	4,3	3,4	38,7	45°	96,8	6,3	6,3	5,6	49,6
914,0	813,0	4,0	4,0	10°	—	4,0	4,1	4,0	—	19°	—	4,0	5,0	5,0	60,7
	711,0	4,0	4,0	15°	—	4,0	4,2	4,0	—	34°	92,7	5,2	5,9	5,9	62,5
	610,0	4,0	3,2	20°	—	4,0	4,3	3,9	45,3	45°	104,9	6,6	6,6	6,4	58,0
1 016,0	914,0	4,0	4,0	10°	—	4,0	4,1	4,0	—	19°	—	4,0	5,1	5,1	65,6
	813,0	4,0	4,0	15°	—	4,0	4,2	4,1	55,0	34°	99,6	5,4	6,3	6,3	68,8
	711,0	4,0	4,0	20°	—	4,0	4,3	4,1	51,5	45°	112,7	6,8	6,8	6,5	65,8

Tabelle C.4 — Wanddicke von Reduzierstücken — Wanddicke Reihe 2

D	D1	T	T1	konzentrisch						exzentrisch					
				$\alpha_{max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>	$\alpha_{max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>
42,4	33,7	2,0	2,0	9°	—	2,0	2,1	2,0	—	16°	—	2,0	2,1	2,0	—
48,3	42,4	2,0	2,0	6°	—	2,0	2,1	2,0	—	8°	—	2,0	2,1	2,0	—
	33,7	2,0	2,0	10°	—	2,0	2,1	2,0	—	19°	—	2,0	2,2	2,0	—
60,3	48,3	2,0	2,0	7°	—	2,0	2,1	2,0	—	13°	—	2,0	2,1	2,0	—
	42,4	2,0	2,0	11°	—	2,0	2,1	2,0	—	20°	—	2,0	2,2	2,0	—
	33,7	2,0	2,0	16°	—	2,0	2,1	2,0	—	29°	—	2,0	2,3	2,0	—
76,1	60,3	2,3	2,0	9°	—	2,3	2,4	2,0	—	15°	—	2,3	2,4	2,0	—
	48,3	2,3	2,0	15°	—	2,3	2,4	2,0	—	27°	—	2,3	2,6	2,0	—
	42,4	2,3	2,0	18°	—	2,3	2,5	2,0	—	34°	—	2,3	2,8	2,0	—
88,9	76,1	2,3	2,3	7°	—	2,3	2,4	2,3	—	13°	—	2,3	2,4	2,3	—
	60,3	2,3	2,0	16°	—	2,3	2,4	2,0	—	30°	—	2,3	2,7	2,0	—
	48,3	2,3	2,0	22°	—	2,3	2,5	2,0	—	44°	—	2,3	3,2	2,0	—
114,3	88,9	2,6	2,3	13°	—	2,6	2,7	2,3	—	24°	—	2,6	2,9	2,3	—
	76,1	2,6	2,3	18°	—	2,6	2,8	2,3	—	37°	—	2,6	3,3	2,3	—
	60,3	2,6	2,0	26°	—	2,6	2,9	2,0	—	51°	23,2	2,9	4,2	2,0	—
139,7	114,3	2,6	2,6	10°	—	2,6	2,7	2,6	—	18°	—	2,6	2,8	2,6	—
	88,9	2,6	2,3	20°	—	2,6	2,8	2,3	—	35°	—	2,6	3,2	2,3	—
	76,1	2,6	2,3	25°	—	2,6	2,9	2,3	—	43°	—	2,6	3,6	2,3	—
168,3	139,7	2,6	2,6	9°	—	2,6	2,7	2,6	—	18°	—	2,6	2,8	2,6	—
	114,3	2,6	2,6	19°	—	2,6	2,8	2,6	—	34°	—	2,6	3,2	2,6	—
	88,9	2,6	2,3	27°	—	2,6	3,0	2,3	—	48°	29,4	3,1	3,9	2,3	—
219,1	168,3	2,6	2,6	18°	—	2,6	2,8	2,6	—	31°	—	2,6	3,1	2,9	20,2
	139,7	2,6	2,6	27°	—	2,6	3,0	2,6	—	45°	34,1	3,2	3,7	2,8	18,1
	114,3	2,6	2,6	33°	—	2,6	3,2	2,6	—	55°	37,8	3,9	4,6	2,6	—
273,0	219,1	3,6	2,6	16°	—	3,6	3,4	2,6	—	28°	—	3,6	3,7	3,5	25,7
	168,3	3,6	2,6	30°	—	3,6	4,2	2,7	19,7	48°	45,3	4,5	5,4	3,6	22,7
	139,7	3,6	2,6	36°	—	3,6	4,5	2,6	—	55°	48,7	5,2	6,3	2,7	17,8
323,9	273,0	4,0	3,6	12°	—	4,0	4,1	3,6	—	23°	—	4,0	4,4	4,1	30,9
	219,1	4,0	2,6	24°	—	4,0	4,3	3,0	23,8	44°	49,9	4,6	5,4	4,4	28,6
	168,3	4,0	2,6	35°	—	4,0	4,9	2,6	—	55°	56,6	5,9	7,0	3,2	21,3
355,6	323,9	4,0	4,0	6°	—	4,0	4,1	4,0	—	8°	—	4,0	4,1	4,0	—
	273,0	4,0	3,6	14°	—	4,0	4,2	3,6	—	25°	—	4,0	4,5	3,9	30,2
	219,1	4,0	2,6	22°	—	4,0	4,4	2,7	22,3	37°	49,8	4,1	5,1	3,6	26,1
406,4	355,6	4,0	4,0	8°	—	4,0	4,1	4,0	—	15°	—	4,0	4,2	4,0	—
	323,9	4,0	4,0	13°	—	4,0	4,2	4,0	—	24°	—	4,0	4,4	4,2	34,0
	273,0	4,0	3,6	21°	—	4,0	4,3	3,6	—	36°	53,9	4,3	5,0	4,3	31,5
457,0	406,4	4,0	4,0	7°	—	4,0	4,1	4,0	—	11°	—	4,0	4,1	4,0	—
	355,6	4,0	4,0	14°	—	4,0	4,2	4,0	—	24°	—	4,0	4,4	4,2	35,8
	323,9	4,0	4,0	18°	—	4,0	4,3	4,0	—	31°	—	4,0	4,7	4,3	34,7
508,0	457,0	5,0	4,0	4°	—	5,0	4,5	4,0	—	8°	—	5,0	4,5	4,0	—
	406,4	5,0	4,0	10°	—	5,0	5,1	4,0	—	18°	—	5,0	5,3	4,4	39,3
	355,6	5,0	4,0	17°	—	5,0	5,3	4,0	—	27°	—	5,0	5,7	4,7	37,8
610,0	508,0	5,6	5,0	10°	—	5,6	5,7	5,0	—	17°	—	5,6	5,9	5,2	47,5
	457,0	5,6	4,0	15°	—	5,6	5,6	4,0	—	27°	—	5,6	6,0	5,7	47,3
	406,4	5,6	4,0	21°	—	5,6	6,0	4,3	38,7	35°	78,2	5,9	6,9	5,9	45,4
711,0	610,0	5,6	5,6	10°	—	5,6	5,7	5,6	—	19°	—	5,6	6,0	6,3	57,4
	508,0	5,6	5,0	15°	—	5,6	5,8	5,0	—	34°	87,7	6,0	6,7	7,1	55,5
	457,0	5,6	4,0	20°	—	5,6	6,0	4,4	41,4	40°	94,0	6,8	7,3	6,8	51,6
813,0	711,0	5,6	5,6	10°	—	5,6	5,7	5,6	—	19°	—	5,6	6,1	6,1	63,7
	610,0	5,6	5,6	15°	—	5,6	5,8	5,6	—	34°	96,1	6,2	7,1	7,7	63,8
	508,0	5,6	5,0	20°	—	5,6	6,0	5,0	—	45°	108,8	7,9	7,9	7,4	56,9
914,0	813,0	6,3	5,6	10°	—	6,3	6,4	5,6	—	19°	—	6,3	7,0	7,0	72,8
	711,0	6,3	5,6	15°	—	6,3	6,6	5,6	—	34°	108,3	7,0	8,3	8,3	74,6
	610,0	6,3	5,6	20°	—	6,3	6,7	5,6	—	45	122,6	8,9	8,9	9,2	69,6
1 016,0	914,0	6,3	6,3	10°	—	6,3	6,4	6,3	—	19°	—	6,3	7,2	7,2	78,9
	813,0	6,3	5,6	15°	—	6,3	6,6	5,7	65,2	34°	116,4	7,2	8,8	8,8	82,0
	711,0	6,3	5,6	20°	—	6,3	6,7	5,6	—	45°	131,7	9,2	9,2	9,2	78,7

**Tabelle C.5 — Wanddicke von Reduzierstücken — Wanddicke Reihe 3**

D	D1	T	T1	konzentrisch						exzentrisch					
				$\alpha_{max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>	$\alpha_{max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>
76,1	60,3	2,6	2,3	9°	—	2,6	2,7	2,3	—	15°	—	2,6	2,7	2,3	—
88,9	76,1	2,9	2,6	7°	—	2,9	3,0	2,6	—	13°	—	2,9	3,0	2,6	—
	60,3	2,9	2,3	16°	—	2,9	3,1	2,3	—	30°	—	2,9	3,4	2,3	—
114,3	88,9	2,9	2,9	13°	—	2,9	3,0	2,9	—	24°	—	2,9	3,2	2,9	—
	76,1	2,9	2,6	18°	—	2,9	3,1	2,6	—	37°	—	2,9	3,7	2,6	—
	60,3	2,9	2,3	26°	—	2,9	3,3	2,3	—	51°	24,0	3,1	4,7	2,3	—
139,7	114,3	3,2	2,9	10°	—	3,2	3,3	2,9	—	18°	—	3,2	3,4	2,9	—
	88,9	3,2	2,9	20°	—	3,2	3,5	2,9	—	35°	—	3,2	4,0	2,9	—
	76,1	3,2	2,6	25°	—	3,2	3,6	2,6	—	43°	—	3,2	4,4	2,6	—
168,3	139,7	3,2	3,2	9°	—	3,2	3,3	3,2	—	18°	—	3,2	3,4	3,2	—
	114,3	3,2	2,9	19°	—	3,2	3,4	2,9	—	34°	—	3,2	3,9	2,9	—
	88,9	3,2	2,9	27°	—	3,2	3,6	2,9	—	48°	31,3	3,5	4,8	2,9	—
219,1	168,3	3,6	3,2	18°	—	3,6	3,8	3,2	—	31°	—	3,6	4,2	3,5	22,5
	139,7	3,6	3,2	27°	—	3,6	4,1	3,2	—	45°	37,8	3,9	5,1	3,3	19,9
	114,3	3,6	2,9	33°	—	3,6	4,3	2,9	—	55°	41,9	4,8	6,3	2,9	—
273,0	219,1	4,0	3,6	16°	—	4,0	4,2	3,6	—	28°	—	4,0	4,6	4,1	27,6
	168,3	4,0	3,2	30°	—	4,0	4,7	3,2	—	48°	46,8	4,8	6,0	3,8	23,3
	139,7	4,0	3,2	36°	—	4,0	5,0	3,2	—	55°	50,3	5,5	7,0	3,2	—
323,9	273,0	4,5	4,0	12°	—	4,5	4,7	4,0	—	23°	—	4,5	4,9	4,4	32,2
	219,1	4,5	3,6	24°	—	4,5	5,0	3,6	—	44°	52,4	5,0	6,3	4,8	30,0
	168,3	4,5	3,2	35°	—	4,5	5,5	3,2	—	55°	58,7	6,4	7,9	3,3	21,9
355,6	323,9	5,0	4,5	6°	—	5,0	5,0	4,5	—	8°	—	5,0	5,0	4,5	—
	273,0	5,0	4,0	14°	—	5,0	5,2	4,0	—	25°	—	5,0	5,6	4,5	32,5
	219,1	5,0	3,6	22°	—	5,0	5,4	3,6	—	37°	—	5,0	6,3	4,2	27,9
406,4	355,6	5,0	5,0	8°	—	5,0	5,1	5,0	—	15°	—	5,0	5,2	5,0	—
	323,9	5,0	4,5	13°	—	5,0	5,2	4,5	—	24°	—	5,0	5,5	4,8	36,7
	273,0	5,0	4,0	21°	—	5,0	5,4	4,0	—	36°	—	5,0	6,2	4,9	33,8
457,0	406,4	5,0	5,0	7°	—	5,0	5,1	5,0	—	11°	—	5,0	5,1	5,0	—
	355,6	5,0	5,0	14°	—	5,0	5,2	5,0	—	24°	—	5,0	5,5	5,0	—
	323,9	5,0	4,5	18°	—	5,0	5,3	4,5	—	31°	—	5,0	5,9	5,0	37,3
508,0	457,0	5,6	5,0	4°	—	5,6	5,6	5,0	—	8	—	5,6	5,7	5,0	—
	406,4	5,6	5,0	10°	—	5,6	5,7	5,0	—	18°	—	5,6	5,9	5,0	—
	355,6	5,6	5,0	17°	—	5,6	5,9	5,0	—	27°	—	5,6	6,3	5,0	—
610,0	508,0	6,3	5,6	10°	—	6,3	6,4	5,6	—	17°	—	6,3	6,6	5,6	—
	457,0	6,3	5,0	15°	—	6,3	6,6	5,0	—	27°	—	6,3	7,1	6,4	50,0
	406,4	6,3	5,0	21°	—	6,3	6,8	5,0	—	35°	81,1	6,4	7,7	6,4	47,1
711,0	610,0	7,1	6,3	10°	—	7,1	6,9	6,3	—	19°	—	7,1	7,2	7,2	61,6
	508,0	7,1	5,6	15°	—	7,1	7,4	5,6	—	34°	—	7,1	8,5	8,3	60,1
	457,0	7,1	5,0	20°	—	7,1	7,6	5,2	45,1	40°	101,8	7,9	9,2	7,9	55,7
813,0	711,0	8,0	7,1	10°	—	8,0	8,2	7,1	—	19°	—	8,0	8,5	8,0	73,0
	610,0	8,0	6,3	15°	—	8,0	8,0	6,3	—	34°	—	8,0	9,3	9,8	71,7
	508,0	8,0	5,6	20°	—	8,0	8,5	5,6	—	45°	122,5	9,9	11,4	9,3	63,5
914,0	813,0	8,8	8,0	10°	—	8,8	9,0	8,0	—	19°	—	8,8	9,3	9,0	83,2
	711,0	8,8	7,1	15°	—	8,8	9,1	7,1	—	34°	—	8,8	10,8	10,8	84,7
	610,0	8,8	6,3	20°	—	8,8	9,2	6,8	59,6	45°	136,0	11,0	12,2	11,2	76,7
1 016,0	914,0	10,0	8,8	10°	—	10,0	9,9	8,8	—	19°	—	10,0	10,3	10,1	93,6
	813,0	10,0	8,0	15°	—	10,0	10,3	8,0	—	34°	—	10,0	12,4	12,4	97,5
	711,0	10,0	7,1	20°	—	10,0	10,8	7,6	71,4	45°	153,6	12,5	14,2	12,6	91,7

Tabelle C.6 — Wanddicke von Reduzierstücken — Wanddicke Reihe 4

D	D1	T	T1	konzentrisch						exzentrisch					
				$\alpha_{max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>	$\alpha_{max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>
26,9	21,3	2,0	2,0	8°	—	2,0	2,1	2,0	—	15°	—	2,0	2,1	2,0	—
33,7	26,9	2,3	2,0	7°	—	2,3	2,4	2,0	—	13°	—	2,3	2,4	2,0	—
	21,3	2,3	2,0	12°	—	2,3	2,4	2,0	—	24°	—	2,3	2,6	2,0	—
42,4	33,7	2,6	2,3	9°	—	2,6	2,7	2,3	—	16°	—	2,6	2,8	2,3	—
	26,9	2,6	2,0	15°	—	2,6	2,7	2,0	—	30°	—	2,6	3,1	2,0	—
	21,3	2,6	2,0	19°	—	2,6	2,8	2,0	—	42°	—	2,6	3,5	2,0	—
48,3	42,4	2,6	2,6	6°	—	2,6	2,7	2,6	—	8°	—	2,6	2,7	2,6	—
	33,7	2,6	2,3	10°	—	2,6	2,7	2,3	—	19°	—	2,6	2,8	2,3	—
	26,9	2,6	2,0	16°	—	2,6	2,8	2,0	—	28°	—	2,6	3,0	2,0	—
60,3	48,3	2,9	2,6	7°	—	2,9	3,0	2,6	—	13°	—	2,9	3,0	2,6	—
	42,4	2,9	2,6	11°	—	2,9	3,0	2,6	—	20°	—	2,9	3,1	2,6	—
	33,7	2,9	2,3	16°	—	2,9	3,1	2,3	—	29°	—	2,9	3,4	2,3	—
76,1	60,3	2,9	2,9	9°	—	2,9	3,0	2,9	—	15°	—	2,9	3,1	2,9	—
	48,3	2,9	2,6	15°	—	2,9	3,1	2,6	—	27°	—	2,9	3,3	2,6	—
	42,4	2,9	2,6	18°	—	2,9	3,1	2,6	—	34°	—	2,9	3,5	2,6	—
88,9	76,1	3,2	2,9	7°	—	3,2	3,3	2,9	—	13°	—	3,2	3,3	2,9	—
	60,3	3,2	2,9	16°	—	3,2	3,4	2,9	—	30°	—	3,2	3,7	2,9	—
	48,3	3,2	2,6	22°	—	3,2	3,5	2,6	—	44°	—	3,2	4,5	2,6	—
114,3	88,9	3,6	3,2	13°	—	3,6	3,7	3,2	—	24°	—	3,6	4,0	3,2	—
	76,1	3,6	2,9	18°	—	3,6	3,8	2,9	—	37°	—	3,6	4,6	2,9	—
	60,3	3,6	2,9	26°	—	3,6	4,1	2,9	—	51°	—	3,6	5,8	2,9	—
139,7	114,3	4,0	3,6	10°	—	4,0	4,1	3,6	—	18°	—	4,0	4,3	3,6	—
	88,9	4,0	3,2	20°	—	4,0	4,3	3,2	—	35°	—	4,0	4,9	3,2	—
	76,1	4,0	2,9	25°	—	4,0	4,5	2,9	—	43°	—	4,0	5,5	2,9	—
168,3	139,7	4,5	4,0	9°	—	4,5	4,6	4,0	—	18°	—	4,5	4,8	4,0	—
	114,3	4,5	3,6	19°	—	4,5	4,8	3,6	—	34°	—	4,5	5,5	3,6	—
	88,9	4,5	3,2	27°	—	4,5	5,1	3,2	—	48°	—	4,5	6,8	3,2	—
219,1	168,3	6,3	4,5	18°	—	6,3	6,2	4,5	—	31°	—	6,3	6,9	4,9	26,5
	139,7	6,3	4,0	27°	—	6,3	7,1	4,0	—	45°	—	6,3	8,9	4,7	23,4
	114,3	6,3	3,6	33°	—	6,3	7,6	3,6	—	55°	49,9	6,8	11,0	3,6	—
273,0	219,1	6,3	6,3	16°	—	6,3	6,6	6,3	—	28°	—	6,3	7,2	6,3	—
	168,3	6,3	4,5	30°	—	6,3	7,3	4,5	—	48°	54,0	6,4	9,5	4,9	26,5
	139,7	6,3	4,0	36°	—	6,3	7,8	4,0	—	55°	58,0	7,4	11,0	4,0	—
323,9	273,0	7,1	6,3	12°	—	7,1	7,3	6,3	—	23°	—	7,1	7,8	6,3	—
	219,1	7,1	6,3	24°	—	7,1	7,8	6,3	—	44°	—	7,1	9,9	6,3	—
	168,3	7,1	4,5	35°	—	7,1	8,7	4,5	—	55°	67,7	8,5	12,4	4,5	—
355,6	323,9	8,0	7,1	6°	—	8,0	7,9	7,1	—	8°	—	8,0	7,9	7,1	—
	273,0	8,0	6,3	14°	—	8,0	8,3	6,3	—	25°	—	8,0	8,9	6,3	—
	219,1	8,0	6,3	22°	—	8,0	8,7	6,3	—	37°	—	8,0	10,1	6,3	—
406,4	355,6	8,8	8,0	8°	—	8,8	8,9	8,0	—	15°	—	8,8	9,2	8,0	—
	323,9	8,8	7,1	13°	—	8,8	9,1	7,1	—	24°	—	8,8	9,7	7,2	44,6
	273,0	8,8	6,3	21°	—	8,8	9,5	6,3	—	36°	—	8,8	10,9	7,0	40,4
457,0	406,4	10,0	8,8	7°	—	10,0	10,0	8,8	—	11°	—	10,0	10,1	8,8	—
	355,6	10,0	8,0	14°	—	10,0	10,4	8,0	—	24°	—	10,0	11,0	8,0	—
	323,9	10,0	7,1	18°	—	10,0	10,6	7,1	—	31°	—	10,0	11,7	7,9	46,8
508,0	457,0	11,0	10,0	4°	—	11,0	11,1	10,0	—	8°	—	11,0	11,2	10,0	—
	406,4	11,0	8,8	10°	—	11,0	11,2	8,8	—	18°	—	11,0	11,6	8,8	—
	355,6	11,0	8,0	17°	—	11,0	11,6	8,0	—	27°	—	11,0	12,4	8,0	—
610,0	508,0	12,5	11,0	10°	—	12,5	12,7	11,0	—	17°	—	12,5	13,1	11,0	—
	457,0	12,5	10,0	15°	—	12,5	13,0	10,0	—	27°	—	12,5	14,1	10,1	62,9
	406,4	12,5	8,8	21°	—	12,5	13,4	8,8	—	35°	—	12,5	15,3	9,8	58,4
711,0	610,0	12,5	12,5	10°	—	12,5	12,7	12,5	—	19°	—	12,5	13,2	12,5	—
	508,0	12,5	11,0	15°	—	12,5	13,0	11,0	—	34°	—	12,5	15,0	12,0	72,3
	457,0	12,5	10,0	20°	—	12,5	13,3	10,0	—	40°	—	12,5	16,2	11,2	66,2
813,0	711,0	12,5	12,5	10°	—	12,5	12,7	12,5	—	19°	—	12,5	13,2	12,5	—
	610,0	12,5	12,5	15°	—	12,5	13,0	12,5	—	34°	—	12,5	15,0	13,5	84,0
	508,0	12,5	11,0	20°	—	12,5	13,3	11,0	—	45°	141,2	13,2	17,5	12,0	72,3
914,0	813,0	12,5	12,5	10°	—	12,5	12,7	12,5	—	19°	—	12,5	13,2	12,5	—
	711,0	12,5	12,5	15°	—	12,5	13,0	12,5	—	34°	—	12,5	15,0	13,4	94,9
	610,0	12,5	12,5	20°	—	12,5	13,3	12,5	—	45°	153,0	13,8	17,5	14,0	85,6
1016,0	914,0	12,5	12,5	10°	—	12,5	12,7	12,5	—	19°	—	12,5	13,2	12,5	—
	813,0	12,5	12,5	15°	—	12,5	13,0	12,5	—	34°	—	12,5	15,0	14,4	105,4
	711,0	12,5	12,5	20°	—	12,5	13,3	12,5	—	45°	164,5	14,3	17,5	14,3	97,9

**Tabelle C.7 — Wanddicke von Reduzierstücken — Wanddicke Reihe 5**

D	D1	T	T1	konzentrisch						exzentrisch					
				$\alpha_{\max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>	$\alpha_{\max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>
26,9	21,3	3,2	3,2	8°	—	3,2	3,3	3,2	—	15°	—	3,2	3,4	3,2	—
33,7	26,9	3,2	3,2	7°	—	3,2	3,3	3,2	—	13°	—	3,2	3,3	3,2	—
	21,3	3,2	3,2	12°	—	3,2	3,3	3,2	—	24°	—	3,2	3,6	3,2	—
42,4	33,7	3,6	3,2	9°	—	3,6	3,7	3,2	—	16°	—	3,6	3,8	3,2	—
	26,9	3,6	3,2	15°	—	3,6	3,8	3,2	—	30°	—	3,6	4,2	3,2	—
	21,3	3,6	3,2	19°	—	3,6	3,9	3,2	—	42°	—	3,6	4,9	3,2	—
48,3	42,4	3,6	3,6	6°	—	3,6	3,7	3,6	—	8°	—	3,6	3,7	3,6	—
	33,7	3,6	3,2	10°	—	3,6	3,7	3,2	—	19°	—	3,6	3,9	3,2	—
	26,9	3,6	3,2	16°	—	3,6	3,8	3,2	—	28°	—	3,6	4,1	3,2	—
60,3	48,3	4,0	3,6	7°	—	4,0	4,1	3,6	—	13°	—	4,0	4,2	3,6	—
	42,4	4,0	3,6	11°	—	4,0	4,1	3,6	—	20°	—	4,0	4,3	3,6	—
	33,7	4,0	3,2	16°	—	4,0	4,2	3,2	—	29°	—	4,0	4,6	3,2	—
76,1	60,3	5,0	4,0	9°	—	5,0	5,1	4,0	—	15°	—	5,0	5,2	4,0	—
	48,3	5,0	3,6	15°	—	5,0	5,2	3,6	—	27°	—	5,0	5,7	3,6	—
	42,4	5,0	3,6	18°	—	5,0	5,3	3,6	—	34°	—	5,0	6,1	3,6	—
88,9	76,1	5,6	5,0	7°	—	5,6	5,7	5,0	—	13°	—	5,6	5,8	5,0	—
	60,3	5,6	4,0	16°	—	5,6	5,9	4,0	—	30°	—	5,6	6,5	4,0	—
	48,3	5,6	3,6	22°	—	5,6	6,1	3,6	—	44°	—	5,6	7,8	3,6	—
114,3	88,9	6,3	5,6	13°	—	6,3	6,5	5,6	—	24°	—	6,3	6,9	5,6	—
	76,1	6,3	5,0	18°	—	6,3	6,7	5,0	—	37°	—	6,3	7,9	5,0	—
	60,3	6,3	4,0	26°	—	6,3	7,1	4,0	—	51°	—	6,3	10,1	4,0	—
139,7	114,3	6,3	6,3	10°	—	6,3	6,4	6,3	—	18°	—	6,3	6,7	6,3	—
	88,9	6,3	5,6	20°	—	6,3	6,8	5,6	—	35°	—	6,3	7,7	5,6	—
	76,1	6,3	5,0	25°	—	6,3	7,0	5,0	—	43°	—	6,3	8,7	5,0	—
168,3	139,7	7,1	6,3	9°	—	7,1	7,2	6,3	—	18°	—	7,1	7,5	6,3	—
	114,3	7,1	6,3	19°	—	7,1	7,6	6,3	—	34°	—	7,1	8,6	6,3	—
	88,9	7,1	5,6	27°	—	7,1	8,0	5,6	—	48°	—	7,1	10,7	5,6	—
219,1	168,3	8,0	7,1	18°	—	8,0	8,5	7,1	—	31°	—	8,0	9,4	7,1	—
	139,7	8,0	6,3	27°	—	8,0	9,0	6,3	—	45°	—	8,0	11,4	6,3	—
	114,3	8,0	6,3	33°	—	8,0	9,6	6,3	—	55°	—	8,0	14,0	6,3	—
273,0	219,1	10,0	8,0	16°	—	10,0	10,4	8,0	—	28°	—	10,0	11,3	8,0	—
	168,3	10,0	7,1	30°	—	10,0	11,6	7,1	—	48°	—	10,0	15,0	7,1	—
	139,7	10,0	6,3	36°	—	10,0	12,4	6,3	—	55°	—	10,0	17,5	6,3	—
323,9	273,0	10,0	10,0	12°	—	10,0	10,3	10,0	—	23°	—	10,0	10,9	10,0	—
	219,1	10,0	8,0	24°	—	10,0	11,0	8,0	—	44°	—	10,0	14,0	8,0	—
	168,3	10,0	7,1	35°	—	10,0	12,3	7,1	—	55°	75,3	10,5	17,5	7,1	—
355,6	323,9	11,0	10,0	6°	—	11,0	11,1	10,0	—	8°	—	11,0	11,1	10,0	—
	273,0	11,0	10,0	14°	—	11,0	11,4	10,0	—	25°	—	11,0	12,2	10,0	—
	219,1	11,0	8,0	22°	—	11,0	11,9	8,0	—	37°	—	11,0	13,8	8,0	—
406,4	355,6	12,5	11,0	8°	—	12,5	12,7	11,0	—	15°	—	12,5	13,0	11,0	—
	323,9	12,5	10,0	13°	—	12,5	12,9	10,0	—	24°	—	12,5	13,7	10,0	—
	273,0	12,5	10,0	21°	—	12,5	13,4	10,0	—	36°	—	12,5	15,5	10,0	—

Tabelle C.8 — Wanddicke von Reduzierstücken — Wanddicke Reihe 8

D	D1	T	T1	konzentrisch						exzentrisch					
				$\alpha_{max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>	$\alpha_{max}$	L2 <sub>min</sub>	T2	T3	T4	L4 <sub>min</sub>
26,9	21,3	4,0	4,0	8°	—	4,0	4,1	4,0	—	15°	—	4,0	4,2	4,0	—
33,7	26,9	4,5	4,0	7°	—	4,5	4,6	4,0	—	13°	—	4,5	4,7	4,0	—
	21,3	4,5	4,0	12°	—	4,5	4,7	4,0	—	24°	—	4,5	5,0	4,0	—
42,4	33,7	5,0	4,5	9°	—	5,0	5,1	4,5	—	16°	—	5,0	5,3	4,5	—
	26,9	5,0	4,0	15°	—	5,0	5,2	4,0	—	30°	—	5,0	5,8	4,0	—
	21,3	5,0	4,0	19°	—	5,0	5,3	4,0	—	42°	—	5,0	6,8	4,0	—
48,3	42,4	5,0	5,0	6°	—	5,0	5,1	5,0	—	8°	—	5,0	5,1	5,0	—
	33,7	5,0	4,5	10°	—	5,0	5,1	4,5	—	19°	—	5,0	5,3	4,5	—
	26,9	5,0	4,0	16°	—	5,0	5,3	4,0	—	28°	—	5,0	5,7	4,0	—
60,3	48,3	5,6	5,0	7°	—	5,6	5,7	5,0	—	13°	—	5,6	5,8	5,0	—
	42,4	5,6	5,0	11°	—	5,6	5,8	5,0	—	20°	—	5,6	6,0	5,0	—
	33,7	5,6	4,5	16°	—	5,6	5,9	4,5	—	29°	—	5,6	6,5	4,5	—
76,1	60,3	7,1	5,6	9°	—	7,1	7,2	5,6	—	15°	—	7,1	7,4	5,6	—
	48,3	7,1	5,0	15°	—	7,1	7,4	5,0	—	27°	—	7,1	8,0	5,0	—
	42,4	7,1	5,0	18°	—	7,1	7,5	5,0	—	34°	—	7,1	8,6	5,0	—
88,9	76,1	8,0	7,1	7°	—	8,0	8,1	7,1	—	13°	—	8,0	8,3	7,1	—
	60,3	8,0	5,6	16°	—	8,0	8,4	5,6	—	30°	—	8,0	9,3	5,6	—
	48,3	8,0	5,0	22°	—	8,0	8,7	5,0	—	44°	—	8,0	11,2	5,0	—
114,3	88,9	8,8	8,0	13°	—	8,8	9,1	8,0	—	24°	—	8,8	9,7	8,0	—
	76,1	8,8	7,1	18°	—	8,8	9,3	7,1	—	37°	—	8,8	11,1	7,1	—
	60,3	8,8	5,6	26°	—	8,8	9,8	5,6	—	51°	—	8,8	14,0	5,6	—
139,7	114,3	10,0	8,8	10°	—	10,0	10,2	8,8	—	18°	—	10,0	10,6	8,8	—
	88,9	10,0	8,0	20°	—	10,0	10,7	8,0	—	35°	—	10,0	12,3	8,0	—
	76,1	10,0	7,1	25°	—	10,0	11,1	7,1	—	43°	—	10,0	13,7	7,1	—
168,3	139,7	11,0	10,0	9°	—	11,0	11,2	10,0	—	18°	—	11,0	11,6	10,0	—
	114,3	11,0	8,8	19°	—	11,0	11,7	8,8	—	34°	—	11,0	13,3	8,8	—
	88,9	11,0	8,0	27°	—	11,0	12,4	8,0	—	48°	—	11,0	16,5	8,0	—
219,1	168,3	12,5	11,0	18°	—	12,5	13,2	11,0	—	31°	—	12,5	14,6	11,0	—
	139,7	12,5	10,0	27°	—	12,5	14,1	10,0	—	45°	—	12,5	17,7	10,0	—
	114,3	12,5	8,8	33°	—	12,5	15,0	8,8	—	55°	—	12,5	21,8	8,8	—

**Anhang D**  
(informativ)

**Allgemein verwendete Innendurchmesser und Wanddicken**

**Tabelle D.1 — Allgemein verwendete Innendurchmesser und Wanddicken**

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15,0	1,5									
16,0	1,5	2,0								
20,0	1,5	2,0								
21,0		2,0								
25,0	1,5									
26,0		2,0								
32,0	1,5									
34,0		2,0								
35,0	1,5									
40,0	1,5	2,0								
50,0	1,5	2,0								
51,0		2,0		3,0						
65,0		2,0								
75,0		2,0								
80,0		2,0	2,5	3,0						
100,0		2,0	2,5	3,0						
125,0		2,0	2,5	3,0						
150,0		2,0	2,5	3,0	4,0					
200,0		2,0	2,5	3,0	4,0	5,0				
250,0		2,0	2,5	3,0	4,0	5,0				
300,0		2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0			
350,0				3,0	4,0	5,0	6,0	8,0		
400,0				3,0	4,0	5,0	6,0	8,0		
450,0				3,0	4,0	5,0	6,0	8,0		
500,0				3,0	4,0	5,0	6,0	8,0		
600,0				3,0	4,0	5,0	6,0	8,0		
700,0					4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	
800,0					4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	
900,0					4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	
1 000,0						5,0	6,0	8,0	10,0	12,0

**Anhang ZA**  
(informativ)

**Abschnitte in dieser Europäischen Norm, die grundlegende Anforderungen oder andere Vorgaben von EU-Richtlinien betreffen**

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission erteilt wurde, erarbeitet und unterstützt grundlegende Anforderungen der Europäischen Richtlinie 97/23/EU.

WARNHINWEIS: Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EU-Richtlinien anwendbar sein.

Die Abschnitte dieser Europäischen Norm sind geeignet, die grundlegenden Anforderungen nach Abschnitt 4 in Anhang I, „Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ der Druckgeräterichtlinie 97/23/EU zu unterstützen.

Die Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm ist eine Möglichkeit, die relevanten grundlegenden Anforderungen der betreffenden Richtlinie zu erfüllen.