

**DIN EN 13480-4**

ICS 23.040.01

Ersatzvermerk  
siehe unten**Metallische industrielle Rohrleitungen –  
Teil 4: Fertigung und Verlegung;  
Deutsche Fassung EN 13480-4:2017**

Metallic industrial piping –  
Part 4: Fabrication and installation;  
German version EN 13480-4:2017

Tuyauteries industrielles métalliques –  
Partie 4: Fabrication et installation;  
Version allemande EN 13480-4:2017

**Ersatzvermerk**

Ersatz für DIN EN 13480-4:2014-12, DIN EN 13480-4 Berichtigung 1:2016-10, DIN EN 13480-4/A2:2016-03, DIN EN 13480-4/A3:2017-01, DIN EN 13480-4/A4:2017-07 und DIN EN 13480-4/A5:2017-08

Gesamtumfang 51 Seiten

DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD)



## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN 13480-4:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 267 „Metallische industrielle Rohrleitungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird. Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 082-00-17 AA im DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD).

Dieser Teil von DIN EN 13480 enthält alle in Zusammenhang mit der Fertigung und Verlegung von Rohrleitungssystemen nach dieser Europäischen Norm relevanten Festlegungen.

### **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 13480-4:2014-12, DIN EN 13480-4 Berichtigung 1:2016-10, DIN EN 13480-4/A2:2016-03, DIN EN 13480-4/A3:2017-01, DIN EN 13480-4/A4:2017-07 und DIN EN 13480-4/A5:2017-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) die Bestimmungen in Abschnitt 3 zu Kaltumformen und Warmverformung wurden überarbeitet;
- c) in 5.2.3 wurden die Anforderungen für die Anstellung von Subunternehmern hinzugefügt;
- d) 7.2.1 und Tabelle 7.2.1-1 über Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen von Flacherzeugnissen wurden überarbeitet;
- e) Bild 7.1.3-1c) wurde korrigiert;
- f) Abschnitt 9 „Schweißen“ wurde überarbeitet;
- g) Abschnitt 9.1 „Schweißpersonal“ wurde überarbeitet;
- h) Abschnitt 9.14.1 über die Wärmenachbehandlung wurde überarbeitet;
- i) Tabelle 9.14.1-1 und Tabelle 9.14.1-2 über PWHT wurden überarbeitet;
- j) eine neue Tabelle 9.14.1-3 mit  $P_{\text{crit}}$ -Werten für Werkstoffgruppen und Werkstoffe für PWHT wurde hinzugefügt;
- k) Abschnitt 9.14.6 über die örtliche Wärmebehandlung wurde überarbeitet;
- l) 10.3 über Schweißausbesserung wurde überarbeitet;
- m) Abschnitt 11 „Kennzeichnung und Dokumentation“ wurde überarbeitet;
- n) Abschnitt 12.5 „Verbindungen für statische Elektrizität“ wurde überarbeitet;
- o) Anhang ZA über den Zusammenhang mit der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU wurde angepasst;
- p) die Literaturhinweise wurden aktualisiert;
- q) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

**Frühere Ausgaben**

DIN EN 13480-4: 2002-08, 2012-11, 2013-11, 2014-12

DIN EN 13480-4 Berichtigung 1: 2006-06, 2016-10

DIN EN 13480-4/A2: 2016-03

DIN EN 13480-4/A3: 2017-01

DIN EN 13480-4/A4: 2017-07

DIN EN 13480-4/A5: 2017-08

— Leerseite —

Deutsche Fassung

## Metallische industrielle Rohrleitungen - Teil 4: Fertigung und Verlegung

Metallic industrial piping - Part 4: Fabrication and installation

Tuyauteries industrielles métalliques - Partie 4: Fabrication et installation

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 21. Juni 2017 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

# Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort .....	5
1 Anwendungsbereich .....	7
2 Normative Verweisungen .....	7
3 Begriffe .....	8
4 Symbole .....	8
5 Allgemeines .....	9
5.1 Anforderungen an den Hersteller .....	9
5.2 Anforderungen an den Fertiger/Errichter der Rohrleitung einschließlich Halterungen .....	9
5.3 Anforderungen an die Fertigung und Verlegung .....	9
5.4 Einstufung von Rohrleitungen .....	10
5.5 Werkstoffgruppierung .....	10
5.6 Toleranzen .....	10
6 Trennen und Anfasen .....	10
6.1 Allgemeines .....	10
6.2 Kennzeichnung von druckbeanspruchten Teilen .....	10
7 Biegen und andere Umformverfahren .....	11
7.1 Allgemeines .....	11
7.2 Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen .....	13
7.2.1 Flacherzeugnisse .....	13
7.2.2 Rohre .....	14
7.3 Wärmebehandlung nach dem Warmverformen .....	15
7.3.1 Werkstoffgruppen 1, 3, 4, 5 und 6 .....	15
7.3.2 Werkstoffgruppen 8.1 und 8.2 .....	15
7.3.3 Wärmebehandlung nach der Warmverformung, Werkstoffgruppe 10 .....	17
7.3.4 Wärmebehandlung nach der Warmverformung, Plattierungswerkstoffe .....	17
7.4 Toleranzen .....	17
7.4.1 Unrundheit von Biegungen unter Innendruck $\geq$ Außendruck .....	17
7.4.2 Unrundheit von Biegungen unter Außendruck und Vakuum .....	18
7.4.3 Wellen in Biegungen .....	18
7.4.4 Anstauchungen von Induktivbiegungen .....	19
7.5 Oberflächenbeschaffenheit .....	20
8 Verlegung der Rohrleitung .....	20
8.1 Fixierung und Ausrichtung .....	20
8.2 Baustellenfertigung .....	21
8.3 Flanschverbindungen oder ähnliche mechanische Verbindungen .....	22
8.3.1 Flanschverbindungen .....	22
8.3.2 Gewindeanschlüsse .....	23
8.3.3 Schraubkupplungen, Klemmverbindungen und Schneidringverschraubungen .....	23
8.4 Schutz der Enden von Rohrleitungsteilen .....	23
9 Schweißen .....	23
9.1 Schweißpersonal .....	23
9.2 Schweißanweisungen .....	24
9.3 Schweißverfahren .....	24
9.3.1 Prüfung der Eignung .....	24
9.3.2 Anwendung .....	25

9.4	Schweißzusätze und Hilfsstoffe .....	25
9.5	Klimatische Bedingungen.....	25
9.6	Reinigung vor und nach dem Schweißen.....	26
9.7	Schweißnahtvorbereitung .....	26
9.8	Kantenschutz.....	26
9.9	Zusammenbau zum Schweißen.....	26
9.10	Erdung .....	27
9.11	Durchführung des Schweißvorgangs .....	27
9.11.1	Vorwärmen .....	27
9.11.2	Zündstellen .....	27
9.11.3	Äußere Schweißungen .....	27
9.11.4	Artungleiche Verbindungen .....	27
9.12	Einlegeringe.....	27
9.13	Anbauteile .....	28
9.13.1	Allgemeines .....	28
9.13.2	Zeitweilige Anbauteile.....	28
9.13.3	Nicht lösbare Anbauteile .....	28
9.14	Wärmenachbehandlung.....	28
9.14.1	Allgemeines .....	28
9.14.2	Einrichtung .....	32
9.14.3	Temperaturmessungen.....	32
9.14.4	Bezugsdicke .....	32
9.14.5	Aufheizgeschwindigkeit.....	34
9.14.6	Örtliche Wärmebehandlung.....	34
9.14.7	Isolierung .....	35
9.15	Kennzeichnung der Schweißnaht.....	35
10	Nachbesserung und Ausbesserung .....	35
10.1	Allgemeines .....	35
10.2	Nachbesserung .....	35
10.2.1	Kalthämmern .....	35
10.2.2	Nachbesserung durch Wärme.....	35
10.2.3	Nachbesserung durch Schweißen .....	36
10.2.4	Nachbesserung durch örtliches Schmieden.....	36
10.3	Ausbesserungen an Schweißnähten.....	36
11	Kennzeichnung und Dokumentation .....	36
11.1	Kennzeichnung von Spools und Bauteilen für die Verlegung .....	36
11.2	Kennzeichnung und Identifizierung von verlegten Rohrleitungen .....	36
11.2.1	Allgemeines .....	36
11.2.2	CE-Kennzeichnung von verlegten Rohrleitungen.....	37
11.2.3	Angabe der technischen Daten auf der Rohrleitung.....	37
12	Zusätzliche Anforderungen .....	38
12.1	Reinigung.....	38
12.2	Vorübergehende Schutzbehandlung.....	38
12.3	Äußerer Korrosionsschutz .....	38
12.4	Wärme- und Schalldämmung.....	38
12.5	Verbindungen für statische Elektrizität.....	39
<b>Anhang A (informativ) Verunreinigung und Oberflächenbeschaffenheit von nichtrostendem Stahl.....</b>		<b>40</b>
A.1	Einleitung .....	40
A.2	Schutz.....	40
A.2.1	Handhabung .....	40
A.2.2	Während der Fertigung und Verlegung .....	40
A.3	Kontrollierte Reinigungsverfahren .....	41

<b>A.4</b>	<b>Chemische Behandlungen .....</b>	<b>41</b>
<b>A.4.1</b>	<b>Beizen.....</b>	<b>41</b>
<b>A.4.2</b>	<b>Dekontaminierung, Passivierung.....</b>	<b>42</b>
<b>A.5</b>	<b>Vorbereitung zum Versand.....</b>	<b>42</b>
<b>Anhang B (normativ)</b>	<b>Maßtoleranzen für vorgefertigte Spools .....</b>	<b>43</b>
<b>Anhang Y (informativ)</b>	<b>Entwicklung der EN 13480-4.....</b>	<b>45</b>
<b>Y.1</b>	<b>Unterschiede zwischen EN 13480-4:2012 und EN 13480-4:2017.....</b>	<b>45</b>
<b>Anhang ZA (informativ)</b>	<b>Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/68/EU.....</b>	<b>46</b>
<b>Literaturhinweise.....</b>		<b>47</b>



## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13480-4:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 267 „Industrielle Rohrleitungen und Fernrohrleitungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2017 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Diese Europäische Norm EN 13480 für industrielle Rohrleitungen aus metallischen Werkstoffen besteht aus den folgenden aufeinander verweisenden und zusammengehörenden acht Teilen:

- *Teil 1: Allgemeines*
- *Teil 2: Werkstoffe*
- *Teil 3: Konstruktion und Berechnung*
- *Teil 4: Fertigung und Verlegung*
- *Teil 5: Prüfung*
- *Teil 6: Zusätzliche Anforderungen an erdgedeckte Rohrleitungen*
- *CEN/TR 13480-7: Anleitung für den Gebrauch des Konformitätsbewertungsverfahrens*
- *Teil 8: Zusatzanforderungen an Rohrleitungen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen*

Obwohl die Teile dieser Norm einzeln erhältlich sind, sollte erkennbar sein, dass sie voneinander abhängig sind. Die Herstellung von metallischen industriellen Rohrleitungen erfordert schlechthin die Anwendung aller relevanten Normteile, damit die Anforderungen der Norm ausreichend erfüllt werden können.

Diese Europäische Norm wird von einer Maintenance MHD Working Group bearbeitet, deren Aufgabe darauf beschränkt ist, Korrekturen und Interpretationen vorzunehmen, die im Zusammenhang mit EN 13480 stehen.

Die Kontaktdaten für Fragen finden Sie hier: [http://www.unm.fr\(en13480@unm.fr\)http://portailgroupe.afnor.fr/public/espacenormalisation/CENTC267WG8/index.htm](http://www.unm.fr(en13480@unm.fr)http://portailgroupe.afnor.fr/public/espacenormalisation/CENTC267WG8/index.htm).

Über den Link zur MHD-Webseite kann auch ein Formular zur Übermittlung von Fragen heruntergeladen werden. Nachdem sich die Experten der Fachgebiete auf eine Antwort geeinigt haben, wird diese dem Fragesteller mitgeteilt. Korrigierte Seiten erhalten eine spezifische Ausstellungsnummer und werden von CEN nach den CEN-Regularien herausgegeben. Die Auswertungsbögen werden auf die Webseite des MHD gestellt.

Dieses Dokument ersetzt EN 13480-4:2012. Diese neue Ausgabe umfasst die vorher von den CEN-Mitgliedern genehmigten Änderungen und Korrekturen sowie die korrigierten Seiten bis Ausgabe 4 ohne jegliche technische Änderungen. Anhang Y liefert genaue Angaben zu den maßgeblichen technischen Änderungen zwischen dieser Europäischen Norm und der vorherigen Ausgabe.

Zu dieser neuen Ausgabe können von Zeit zu Zeit Änderungen/Ergänzungen herausgegeben werden, die unmittelbar als Alternative zu den hier verwendeten Regularien genutzt werden.

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

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Europäischen Norm legt die Anforderungen an die Fertigung und Verlegung, einschließlich der Halterungen, von Rohrleitungssystemen, die nach EN 13480-3:2017 konstruiert sind, fest.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 12952-5:2011, *Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten — Teil 5: Verarbeitung und Bauausführung für drucktragende Kesselteile*

EN 13480-1:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 1: Allgemeines*

EN 13480-2:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 2: Werkstoffe*

EN 13480-3:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 3: Konstruktion und Berechnung*

EN 13480-5:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 5: Prüfung*

EN ISO 3834-2:2005, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen (ISO 3834-2:2005)*

EN ISO 3834-3:2005, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen (ISO 3834-3:2005)*

EN ISO 4063:2010, *Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern (ISO 4063:2009, Korrigierte Fassung 2010-03-01)*

EN ISO 5817:2007, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2003 + Cor. 1:2006)*

EN ISO 9606-1:2013, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1:2012, einschließlich Cor 1:2012)* EN ISO 14732:2013, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14732:2013)*

EN ISO 13920, *Schweißen — Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen — Längen- und Winkelmaße; Form und Lage (ISO 13920:1996)*

EN ISO 14732:2013, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14732:2013)*

EN ISO 15609 (alle Teile), *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung*

EN ISO 15610:2003, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung (ISO 15610:2003)*

EN ISO 15611:2003, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund von vorliegender schweißtechnischer Erfahrung (ISO 15611:2003)*

EN ISO 15612:2004, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung durch Einsatz eines Standardschweißverfahrens (ISO 15612:2004)*

EN ISO 15613:2004, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung (ISO 15613:2004)*

EN ISO 15614-1:2004, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2004)*

EN ISO 17663:2009, *Schweißen — Qualitätsanforderungen zur Wärmebehandlung beim Schweißen und bei verwandten Prozessen (ISO 17663:2009)*

CEN ISO/TR 15608, *Schweißen — Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen (ISO/TR 15608)*

### **3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in der EN 13480-1:2012 enthaltenen und folgende Definitionen.

#### **3.1**

##### **Baustellenfertigung**

Rohrleitungen, bei denen der Verlauf und die Halterungspunkte nicht durch Zeichnungen vorgeplant sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Abmessungen sind DN 50 oder kleiner.

#### **3.2**

##### **Spool (mit oder ohne Überlänge)**

vorgefertigte Baueinheit, die Teil eines Rohrleitungssystems ist

#### **3.3**

##### **Kaltumformen**

Umformung bei Umgebungstemperatur, jedoch nicht unter +5 °C

#### **3.4**

##### **Warmverformung**

bei ferritischen Stählen die Umformung bei Temperaturen gleich oder über der für die Wärmenachbehandlung zulässigen Höchsttemperatur; für austenitische und austenitisch-ferritische Stähle bei Temperaturen über 300 °C

### **4 Symbole**

Für die Anwendung dieses Teils dieser Europäischen Norm gelten die Symbole nach EN 13480-1. Zusätzliche Symbole sind in den entsprechenden Abschnitten dieser Norm festgelegt.

## 5 Allgemeines

### 5.1 Anforderungen an den Hersteller

Der Hersteller trägt die Verantwortung für die Fertigung und Verlegung, selbst dann, wenn diese Arbeiten im Unterauftrag von anderen Fertigern und/oder Errichtern ausgeführt werden.

### 5.2 Anforderungen an den Fertiger/Errichter der Rohrleitung einschließlich Halterungen

**5.2.1** Fertiger und/oder Errichter müssen den sachgemäßen Transport, die Handhabung, die Lagerung, die Fertigung, die Verlegung und die Prüfung aller Rohrleitungsteile einschließlich Halterungen sicherstellen.

**5.2.2** Fertiger und Errichter müssen Zugang zu entsprechenden Einrichtungen für die sachgemäße Handhabung der Rohrleitungsteile einschließlich Halterungen haben und die geforderten Prüfungen durchführen können.

**5.2.3** Fertiger und/oder Errichter müssen eine eigene verantwortliche Schweißaufsicht und sachkundiges Personal beschäftigen. Werden Subunternehmer beauftragt, bleiben Fertiger und/oder Errichter für deren Sachkenntnis und die Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm verantwortlich.

ANMERKUNG Die Aufgaben und Verantwortungen der Schweißaufsicht sind in EN ISO 14731 beschrieben.

**5.2.4** Alle Fertigungs- und Montageabschnitte sind so zu überwachen, dass die Zuverlässigkeit der Konstruktion des fertigen Systems gewahrt bleibt.

**5.2.5** Die Verantwortlichen für die Konstruktion und für die Fertigung und/oder Verlegung und Prüfung müssen zu jeder Zeit zusammenarbeiten, um sicherzustellen, dass die Fertigung, Verlegung und Prüfung nach den Konstruktionsfestlegungen durchgeführt werden.

**5.2.6** Der Hersteller und/oder der Errichter muss die Anforderungen von EN ISO 3834-3 erfüllen.

### 5.3 Anforderungen an die Fertigung und Verlegung

**5.3.1** Vor jedem Arbeitsgang muss eine Kontrolle stattfinden, um sicherzustellen, dass die gelieferten vorgefertigten Rohrleitungsteile und Komponenten mit den einschlägigen Dokumenten (Spezifikationen, Zeichnungen, Bescheinigungen usw.) übereinstimmen.

**5.3.2** Vorgefertigte Rohrleitungsteile und Komponenten müssen während Handhabung, Transport und Lagerung geschützt sein.

**5.3.3** Bei der Verbindung von vorgefertigten Spools oder Rohrleitungsbauteilen dürfen diese weder übermäßig beansprucht noch anders verformt werden, als dies durch die Konstruktion erforderlich ist. Die Montageanweisungen des Konstrukteurs, falls vorhanden, sind zu beachten.

ANMERKUNG 5.3.3 gilt als erfüllt, wenn die Güteeigenschaften des Werkstoffs durch die Kalt- oder Warmbearbeitung der Rohre, z. B. Trennen, Schleifen, Richten oder Biegen, nicht beeinträchtigt werden und die verschiedenen Rohre so verbunden wurden, dass keine Spannungen und Verformungen auftreten, die die Sicherheit der Rohrleitung beeinträchtigen können.

**5.3.4** Alle vorübergehend montierten Halterungen bzw. Befestigungsmittel, die bei Transport, Verlegung oder Prüfung als Hilfsmittel benutzt werden, müssen vor der Inbetriebnahme entfernt werden.

**5.3.5** Es sind geeignete Maßnahmen zu treffen, um Korrosion zu vermeiden, ausgelöst durch eine Verunreinigung von nichtrostendem Stahl und Nichteisen-Metallen. Falls eine Verunreinigung auftritt, muss diese so bald als möglich vollständig entfernt werden, ungeachtet jeder Schlussbehandlung.

**ANMERKUNG** Empfohlene Verfahren zur Vermeidung und Beseitigung von Verunreinigungen an nichtrostendem Stahl sind in Anhang A enthalten.

**5.3.6** Rohrleitungen für Fluide, in denen sich Kondensat bilden kann, sind mit ausreichendem Gefälle und Kondensatableiter zu verlegen.

## **5.4 Einstufung von Rohrleitungen**

Die Rohrleitungssysteme sind je nach befördertem Fluid, Durchmesser und Druck verschiedenen Kategorien zuzuordnen. Diese sind in EN 13480-1 festgelegt.

## **5.5 Werkstoffgruppierung**

Die Werkstoffgruppierung ist in EN 13480-2 angegeben.

## **5.6 Toleranzen**

Toleranzen müssen EN ISO 13920, Klasse C und Klasse G entsprechen, es sei denn, in der vorliegenden Europäischen Norm oder aufgrund der Konstruktion sind andere Klassen festgelegt.

Winkeltoleranzen für vorgefertigte Rohrleitungen müssen nach der Maßtoleranz für die Anschlussstellen des Fertigteiles bestimmt werden.

Andere Toleranzen für die Fertigung und Verlegung von Rohrleitungen müssen bestimmt werden und in allen Fällen in den Konstruktionsfestlegungen gekennzeichnet sein. Maßtoleranzen für vorgefertigte Spools müssen Anhang B entsprechen.

# **6 Trennen und Anfasen**

## **6.1 Allgemeines**

Trennen und Anfasen durch Zerspanen sind für alle Werkstoffe zulässig.

Autogenes Brennschneiden ist für die Werkstoffgruppen 1, 2, 3, 4 und 5 nur mit Vorwärmen, wie für das Schweißen festgelegt, zulässig.

**ANMERKUNG** Autogenes Brennschneiden bei den Werkstoffgruppen 1 und 2 kann für das Anfasen angewendet werden, sofern die gewünschten Formen und Toleranzen erreicht werden können und die Wärmeeinflusszone auf die Qualität der Schweißnaht keine nachteiligen Auswirkungen hat.

Bei den Werkstoffgruppen 3, 4 und 5 ist die Wärmeeinflusszone durch Zerspanen oder Schleifen zu beseitigen.

Plasmaschneiden ist für alle in dieser Europäischen Norm angegebenen Werkstoffgruppen zulässig. Vor dem Plasmaschneiden muss das Vorwärmen nach denselben Anforderungen erfolgen, die für das Schweißen gelten.

Andere Trenn- und Anfasverfahren sind zulässig, sofern ihre Eignung nachgewiesen ist.

## **6.2 Kennzeichnung von druckbeanspruchten Teilen**

Bei drucktragenden Teilen muss die Identifizierung der Werkstoffe möglich bleiben, entweder indem das in der Produktnorm festgelegte Kennzeichen erhalten oder übertragen wird oder indem ein eindeutiger Code benutzt wird, der in den Berichten des Rohrleitungs-Herstellers vermerkt ist.

Durch das Stempeln darf keine Kerbwirkung auftreten, empfohlen wird daher die Stempelung mit abgerundeten Kanten.

Falls die Kennzeichnung durch andere Verfahren als Stempelung mit einem Metallstempel, Ätzen oder Gravieren (Vibrograph) vorgenommen wird, muss der Fertiger der Rohrleitung sicherstellen, dass es nicht zu einer Vermischung der verschiedenen Werkstoffe kommen kann.

## 7 Biegen und andere Umformverfahren

### 7.1 Allgemeines

**7.1.1** Fertiger von umgeformten druckbeanspruchten Teilen müssen über geeignete Verfahren, Einrichtungen und Werkzeuge für die Umformverfahren und die nachfolgende Wärmebehandlung verfügen.

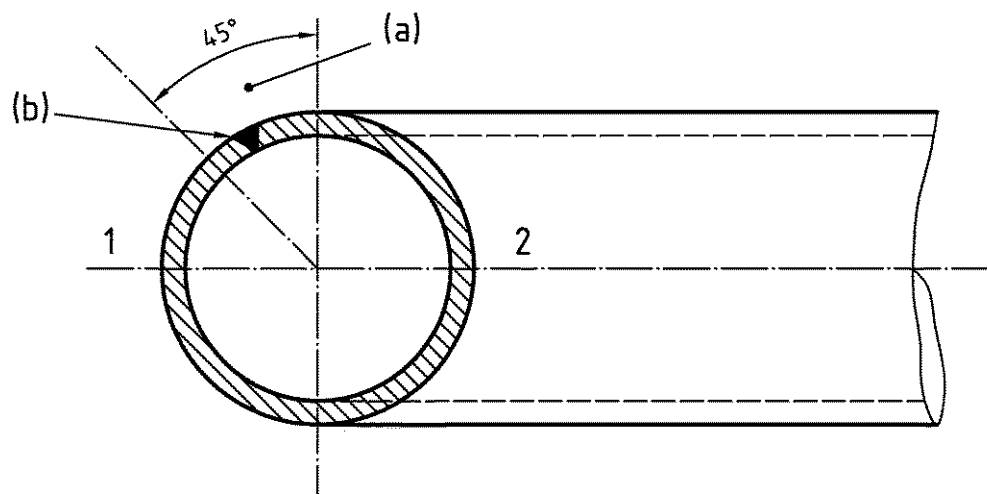
Das Rohrbiegeverfahren muss geeignet sein nach EN 12952-5:2011, Anhang A, insbesondere im Hinblick auf die Prüfung und den Umfang der Qualifikationen.

Rohre mit einer Innenbeschichtung, z. B. aus Glas, Gummi oder Kunststoff, dürfen nicht umgeformt werden, außer es wurde nachgewiesen, dass das Umformverfahren für die Auskleidung nicht schädlich ist.

**ANMERKUNG** Innerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm gibt es zwei Arten der Umformung: Kaltumformung und Warmumformung.

Nach dem Biegen oder Umformen muss die Dicke mindestens den Konstruktionsfestlegungen entsprechen.

Längsnähte sollten im neutralen Bereich angeordnet sein. Der Bereich der neutralen Zone nach dem Biegen ist in Bild 7.1.1-1 dargestellt.



#### Legende

- 1 Außenbogen
- 2 Innenbogen
- (a) Optimaler Bereich für die Längsschweißnaht beim Biegen
- (b) Schweißnaht

**Bild 7.1.1-1 — Optimaler Bereich für die Längsschweißnaht beim Biegen**

**7.1.2** Dem Umformen und der danach folgenden Wärmebehandlung von thermomechanisch behandelten Stählen ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Empfehlungen des Stahlherstellers sind zu berücksichtigen.

Rohre, deren charakteristische Eigenschaften sich durch thermomechanische Verfahren ergeben, z. B. gesteuertes Walzen, können durch Kaltverfahren umgeformt werden. Diese Werkstoffe können durch das Umformverfahren wesentlich verändert werden und erfordern besondere Beachtung, um sicherzustellen, dass die festgelegten Eigenschaften nach dem Umformen erhalten bleiben.

**7.1.3** Für die Berechnung der prozentualen Verformung bei kalt umgeformten zylindrischen und kegeligen Produkten, die durch Walzen hergestellt wurden, sind die folgenden Gleichungen anzuwenden (siehe Bild 7.1.3-1):

- a) für Zylinder und kegelige Produkte, die aus Blechen gewalzt wurden (siehe Bilder 7.1.3-1 a) und 7.1.3-1 c)):

$$V_d = \frac{50 e_{ord}}{r_{mf}} \quad (7.1.3-1)$$

- b) für Zylinder und kegelige Produkte, die aus Zwischenprodukten gewalzt wurden (siehe Bilder 7.1.3-1 b) und 7.1.3-1 c)):

$$V_d = \frac{50 e_{int}}{r_{mf}} \left( 1 - \frac{r_{mf}}{r_{mi}} \right) \quad (7.1.3-2)$$

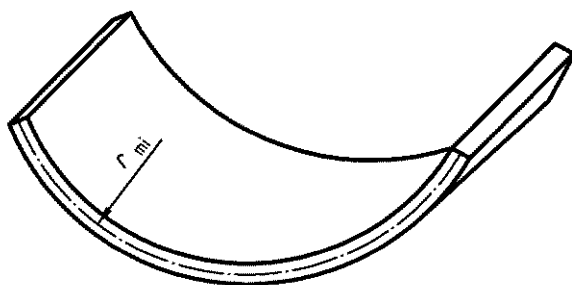
Dabei ist

- $e_{ord}$  die bestellte Dicke;
- $e_{int}$  die Dicke des Zwischenprodukts;
- $r_{mf}$  der mittlere Radius des Fertigprodukts;
- $r_{mi}$  der mittlere Radius des Zwischenprodukts;
- $V_d$  die prozentuale Verformung.

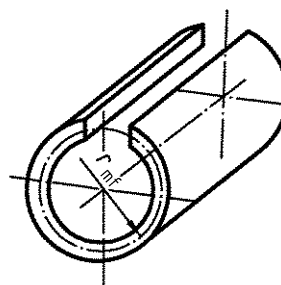
**ANMERKUNG** Wird zwischen den einzelnen Umformschritten keine Wärmebehandlung zur Verbesserung der Qualität durchgeführt, so ist die Verformung die aus den einzelnen Schritten resultierende Gesamtverformung. Bei einer zwischendurch durchgeführten Wärmebehandlung zur Verbesserung der Qualität ist die Verformung diejenige nach der letzten Wärmebehandlung.



a)



b)



c)

a) Ausgangsprodukt

b) Zwischenprodukt

c) Fertigprodukt

**Bild 7.1.3-1 — Umformung von Zylindern und Kegeln**



**7.1.4** Die für die Umformung verwendeten Werkzeuge und Einrichtungen müssen gewartet werden, um eine glatte Oberfläche sicherzustellen, die frei von spannungserhöhenden Fehlern, wie z. B. Kerben, ist.

**7.1.5** Die Wärmebehandlung nach dem Umformen muss der jeweiligen Werkstoffnorm entsprechen.

**7.1.6** Das Schweißen in umgeformten Bereichen darf erst nach Abschluss der Wärmebehandlung durchgeführt werden.

## 7.2 Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen

### 7.2.1 Flacherzeugnisse

Flacherzeugnisse müssen nach dem Kaltumformen wärmebehandelt werden, wie in Tabelle 7.2.1-1 festgelegt.

Bei besonderen konstruktiven Bedingungen, z. B. zyklischer Belastung oder Spannungskorrosion, kann eine über Tabelle 7.2.1-1 hinausgehende Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen festgelegt werden.

Keine Wärmebehandlung für austenitische Stähle ist erforderlich bei:

- a) austenitischen Stählen mit einer geforderten Mindestbruchdehnung  $A_5 \geq 30$  %. Hier ist eine Kaltumformung von höchstens 15 % zulässig.

Eine größere Verformung kann zulässig sein, wenn der Nachweis erbracht ist, dass eine Bruchdehnung von mindestens 15 % nach dem Kaltumformen gegeben ist.

Dieser Nachweis gilt als erbracht, wenn die Abnahmebescheinigung zeigt, dass die Bruchdehnung  $A_5$  nicht unter 30 % liegt. Dies gilt nur in Fällen, in denen keine Gefahr von Spannungsrisskorrosion besteht.

- b) austenitischen Stählen mit einer geforderten Mindestbruchdehnung  $A_5 < 30$  %. Hier muss der Nachweis erbracht werden, dass nach dem Kaltumformen eine bleibende Dehnung von mindestens 15 % gegeben ist;

- c) die Verformung darf nicht mehr als 10 % betragen, wenn die Arbeitstemperatur unter  $-196$  °C liegt.

**Tabelle 7.2.1-1 — Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen von Flacherzeugnissen**

Werkstoffgruppen nach CEN ISO/TR 15608	Verformung	Wärmebehandlung
1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2 <sup>a</sup> , 3, 4 <sup>b</sup> , 5.1, 5.2 <sup>b</sup> , 5.3 <sup>b</sup> , 5.4 <sup>b</sup> , 6 <sup>b</sup> , 7.1, 7.2, 7.3, 9.1, 9.2, 10	$\leq 5$ %	Nein
	$> 5$ %	Ja
8.1, 8.2	c	d
<sup>a</sup> Falls auf eine Wärmebehandlung verzichtet wird, sind Eignungsprüfungen erforderlich, um nachzuweisen, dass die Werkstoffeigenschaften nicht beeinträchtigt sind. <sup>b</sup> Eine Wärmebehandlung ist nach den Werkstoffnormen erforderlich, wenn die Tiefsttemperatur des Metalls unter $-10$ °C liegt. <sup>c</sup> Siehe 7.2.1 a), b) und c). <sup>d</sup> Lösungsgeglühte und abgeschreckte oder stabilisierte Werkstoffe brauchen nach dem Kaltumformen keine Wärmebehandlung.		

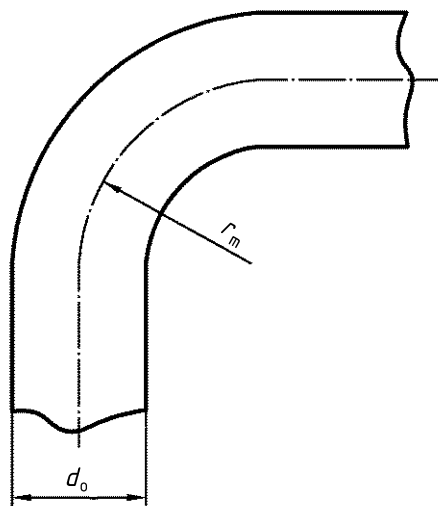
## 7.2.2 Rohre

Rohre müssen nach dem Kaltumformen nach Tabelle 7.2.2-1 wärmebehandelt werden.

Bei besonderen Bedingungen, z. B. zyklische Belastung oder Spannungskorrosion, kann die Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen festgelegt werden.

**Tabelle 7.2.2-1 — Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen**

Werkstoffgruppen nach CEN ISO/TR 15608	Mittlerer Biegeradius des Rohrs $r_m$	Rohr- Außendurchmesser $d_o$	Wärmebehandlung
1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2 <sup>b</sup> , 3 <sup>b</sup> , 4 <sup>a</sup> , 5.1, 5.2 <sup>a</sup> , 5.3 <sup>a</sup> , 5.4 <sup>a</sup> , 6a, 7, 8, 9, 10	$r_m \leq 1,3 d_o$	Alle Durchmesser	Ja
	$1,3 d_o < r_m < 2,5 d_o$	$d_o \leq 142 \text{ mm}$	Nein
		$d_o > 142 \text{ mm}$	Ja <sup>c</sup>
	$2,5 d_o \leq r_m$	Alle Durchmesser	Nein
ANMERKUNG Für $d_o$ und $r_m$ siehe Bild 7.2.2-1.			
<sup>a</sup> Eine besondere Wärmebehandlung ist nach den Werkstoffnormen erforderlich, wenn die Tiefsttemperatur des Metalls unter $-10^\circ\text{C}$ liegt. <sup>b</sup> Falls auf eine Wärmebehandlung verzichtet wird, sind Eignungsprüfungen erforderlich, um nachzuweisen, dass die Werkstoffeigenschaften nicht beeinträchtigt sind. <sup>c</sup> Nicht erforderlich für die Werkstoffgruppen 8.1 und 8.2.			



**Bild 7.2.2-1 — Rohrbiegung**

### 7.3 Wärmebehandlung nach dem Warmverformen

#### 7.3.1 Werkstoffgruppen 1, 3, 4, 5 und 6

Nach dem Warmverformen, einschließlich Induktivbiegen, müssen die Teile in Übereinstimmung mit der Werkstoffspezifikation wärmebehandelt werden (Normalglühen, Normalglühen und Anlassen, Härten und Anlassen), um sicherzustellen, dass die Eigenschaften den in der Werkstoffnorm oder anderen geeigneten Spezifikationen geforderten Eigenschaften entsprechen. Besondere Überlegungen sind für Werkstoffe erforderlich, die für den Betrieb bei erhöhten Temperaturen oder Temperaturen unter Null oder für andere Sonderbedingungen ausgelegt sind.

Wenn die Warmverformung von Werkstoffen der Gruppen 1, 3, 5 bis 2 % Cr innerhalb des in der Werkstoffspezifikation festgelegten Temperaturbereichs begonnen und beendet wurde, gilt Folgendes:

- a) normalgeglühte Stähle brauchen nicht erneut normalgeglüht zu werden;
- b) gehärtete und angelassene Stähle brauchen nur angelassen zu werden, vorausgesetzt, sie wurden von der Umformtemperatur schnell mittels Wasser oder Luft abgekühlt.

Rohre, die mittels örtlicher Induktionserwärmung (Induktivbiegung) gebogen wurden, dürfen während des Biegens einer thermischen Behandlung durch Abschrecken mit Wasser oder Luft unterzogen werden.

Mit dem Induktivbiegeverfahren umgeformte Kohlenstoff- und Kohlenstoff-Mangan-Stähle, die mit Wasser oder Luft abgeschreckt wurden, können im gebogenen Zustand für Anwendungsfälle geeignet sein, in denen keine hohe Kerbschlagzähigkeit und Verformbarkeit gefordert ist. Solche Biegungen dürfen ohne Wärmebehandlung nach dem Biegen geliefert werden, vorausgesetzt, die Biegehärtung beträgt höchstens HV 285.

Bei hochlegierten ferritischen Werkstoffen sollten eventuelle Wärmebehandlungen so schnell wie möglich nach dem Umformen durchgeführt werden, um die Gefahr von wasserstoffinduzierter Rissbildung möglichst gering zu halten.

Der Hersteller muss durch die Untersuchung und Prüfung einer oder mehrerer Probiegungen nachweisen, dass die geforderten Eigenschaften im Endprodukt erreicht sind. Diese Prüfkörper müssen unter Beachtung aller einschlägigen Kenngrößen für die Serienherstellung der Rohrbögen hergestellt werden. Diese Kenngrößen umfassen u. a. chemische Zusammensetzung, Umformtemperatur, Umformgeschwindigkeit, Kühlungsart, Umformmaße (z. B. Biegeradius und  $r_m/d_o$ ) und die Wärmebehandlung nach dem Umformen.

#### 7.3.2 Werkstoffgruppen 8.1 und 8.2

Bei austenitischen Stählen, die während des Umformprozesses von einer höheren Temperatur als der Temperatur beim Lösungsglühen schnell mit Wasser oder Luft abgekühlt wurden, wird keine Wärmebehandlung nach dem Umformen verlangt. Stabilisierte austenitische Stähle, die bei einer höheren Temperatur als beim Lösungsglühen umgeformt wurden, müssen nach dem Umformen stabilisiert werden. Im Stabilisierungs-Temperaturbereich umgeformte stabilisierte austenitische Stähle erfordern keine anschließende Behandlung.

Die Wärmebehandlung ist nach Tabelle 7.3.2-1 durchzuführen.

Tabelle 7.3.2-1 — Wärmebehandlung von austenitischen Stählen nach der Warmverformung

Werkstoffart	Typische Stahlsorten		Bedingungen, unter denen auf eine Wärmebehandlung nach dem Umformen verzichtet werden kann		Temperaturbereich für die Wärmebehandlung beim Stabilisieren <sup>a</sup>		Temperatur beim Lösungs-glühen <sup>b,c</sup>
	Bezeichnung	Werkstoff-nummer	Ungeschweißte Teile	Geschweißte Teile	Ungeschweißte Teile °C	Geschweißte Teile °C	
Stabilisierte Stähle ohne Mo-Legierung	X 6 CrNiTi 18-10 X 6 CrNiNb 18-10	1.4541 1.4550	Die Umformung beginnt bei 1 000 °C <sup>f</sup> bis 1 150 °C und endet bei > 750 °C (schnellstmögliche Kühlung).	Die Umformung beginnt bei 1 000 °C bis 1 150 °C und endet bei > 750 °C (schnellstmögliche Kühlung) und stabilisierte Zusatzmetalle oder nicht stabilisierte Zusatzmetalle mit ≤ 0,04 % im Schweißgut.	900 ± 20 (L) <sup>c</sup>	920 ± 20	≥ 1 020
Mo-Legierung	X 6 CrNiMoTi 17-12-2 X 6 CrNiMoNb 17-12-2	1.4571 1.4580			Nicht zulässig <sup>d</sup>	Nicht zulässig <sup>d</sup>	≥ 1 050
	(X 4 NiCrMoCuNb 20-18) <sup>e</sup>	1.4505					
Nicht stabilisierte Stähle niedriger C-Gehalt/ ohne Mo-Legierung	X 2 CrNi 19-11 X 2 CrNi 18-10	1.4306 1.4311			900 ± 20 (L) <sup>c</sup>	920 ± 20 (L) <sup>c,g</sup>	≥ 1 000
niedriger C-Gehalt/ ohne Mo-Legierung	X 2 CrNiMo 17-12-2 X 2 CrNiMo 18-14-3 X 2 CrNiMoN 17-11-2	1.4404 1.4435 1.4406			960 ± 20 °C (L) <sup>c,e</sup>	980 ± 20 (L) <sup>c,g,h</sup>	≥ 1 020
	X 2 CrNiMoN 17-13-3 X 2 CrNiMo 18-15-4 X 2 CrNiMoN 17-13-5	1.4429 1.4438 1.4439					≥ 1 040
hoher C-Gehalt/ ohne Mo-Legierung	X 4 CrNi 18-10 X 4 CrNi 18-12	1.4301 1.4303	Die Umformung beginnt bei 1 000 °C <sup>f</sup> bis 1 150 °C <sup>e</sup> und endet bei > 875 °C (Abschrecken in/mit Wasser für Wanddicken ≥ 6 mm)	Die Umformung beginnt bei 1 000 °C <sup>f</sup> bis 1 150 °C <sup>e</sup> und endet bei > 875 °C (Abschrecken in/mit Wasser für Wanddicken ≥ 6 mm) und stabilisierte Zusatzmetalle oder nicht stabilisierte Zusatzmetalle mit ≤ 0,06 % C	Nicht zulässig	Nicht zulässig	≥ 1 000
hoher C-Gehalt/ Mo-Legierung	X 5 CrNiMo 17-12-2 X 3 CrNiMo 17-13-3	1.4401 1.4436					≥ 1 050

<sup>a</sup> Stabilisieren oder entsprechendes Glühen bei nicht stabilisierten Stählen mit etwa 30 min Haltezeit.<sup>b</sup> Für  $e_{ord} \geq 6$  mm erfolgt die Abschreckung in/mit Wasser oder Kühlung im Luftstrom (WSL).<sup>c</sup> Für  $e_{ord} < 6$  mm erfolgt die Kühlung im Luftstrom (L).<sup>d</sup> Sofern nicht durch Verfahrensbedingungen gefordert.<sup>e</sup> Haltezeit mindestens 5 min.<sup>f</sup> Die Anfangstemperatur von 1 000 °C darf gesenkt werden, wenn das Teil vor der Warmverformung in abgeschrecktem Zustand war.<sup>g</sup> Stabilisieren nicht zulässig, wenn stabilisierte Schweißzusätze verwendet werden.<sup>h</sup> Die Stähle 1.4406 und 1.4429 dürfen bei niedrigeren Temperaturen stabilisiert werden, sofern die gleichen Werkstoffeigenschaften erreicht werden.

### 7.3.3 Wärmebehandlung nach der Warmverformung, Werkstoffgruppe 10

Nach dem Warmverformen müssen die Teile in Übereinstimmung mit den Werkstoffspezifikationen wärmebehandelt werden.

### 7.3.4 Wärmebehandlung nach der Warmverformung, Plattierungswerkstoffe

Falls die Umformung nicht vermieden werden kann, muss nachgewiesen werden, dass der Umform- und Wärmebehandlungsprozess die festgelegten Eigenschaften ergibt.

## 7.4 Toleranzen

### 7.4.1 Unrundheit von Biegungen unter Innendruck $\geq$ Außendruck

Die Unrundheit  $u$  (in %) wird errechnet aus:

$$u = \frac{2(d_{o\ max} - d_{o\ min})}{d_{o\ max} + d_{o\ min}} 100 \quad (7.4.1-1)$$

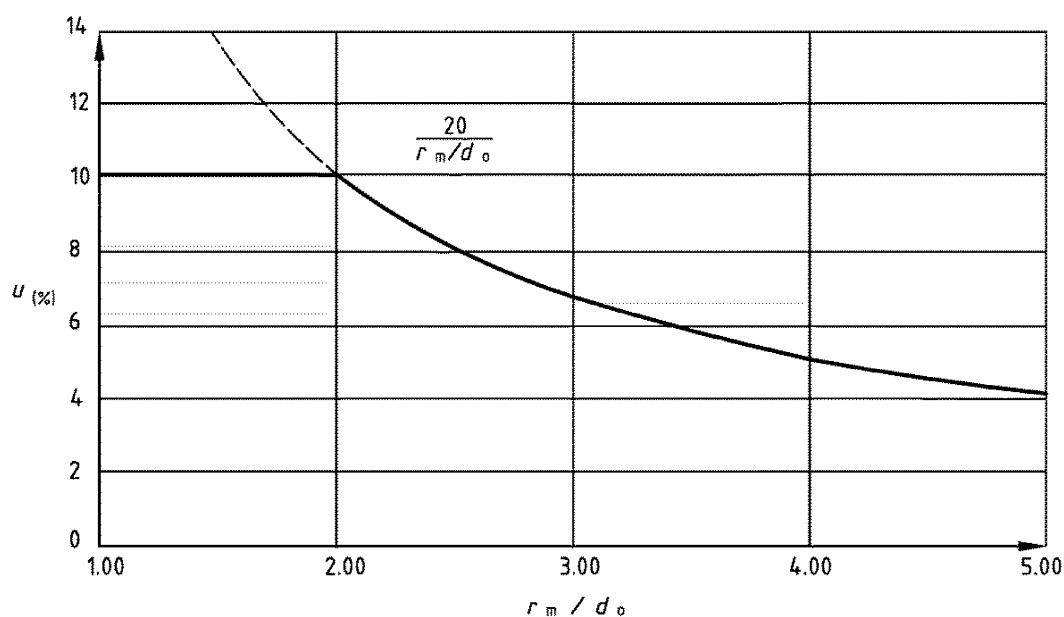
Dabei ist

$d_{o\ max}$  der größte gemessene Außendurchmesser, in mm;

$d_{o\ min}$  der kleinste Außendurchmesser, gemessen am gleichen Querschnitt wie  $d_{o\ max}$ , in mm.

Die Unrundheit der Biegungen darf die in Bild 7.4.1-1 angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

Die Enden der gebogenen Rohre müssen die Anforderungen an die Rohr-Toleranzen erfüllen.



### Legende

$d_o$  Außendurchmesser  
 $r_m$  mittlerer Biegeradius  
 $u$  Unrundheit

**Bild 7.4.1-1 — Zulässige Unrundheit**

### 7.4.2 Unrundheit von Biegungen unter Außendruck und Vakuum

Die Werte für die Unrundheit müssen den Werten in den Konstruktionsfestlegungen entsprechen.

### 7.4.3 Wellen in Biegungen

Wellen in Biegungen sind zulässig, sofern die Wellen die beiden folgenden Bedingungen erfüllen:

a)

$$h_m \leq 0,03 d_{01} \quad (7.4.3-1)$$

Dabei ist

$h_m$  die durchschnittliche Höhe nebeneinanderliegender Wellen, die wie folgt errechnet wird:

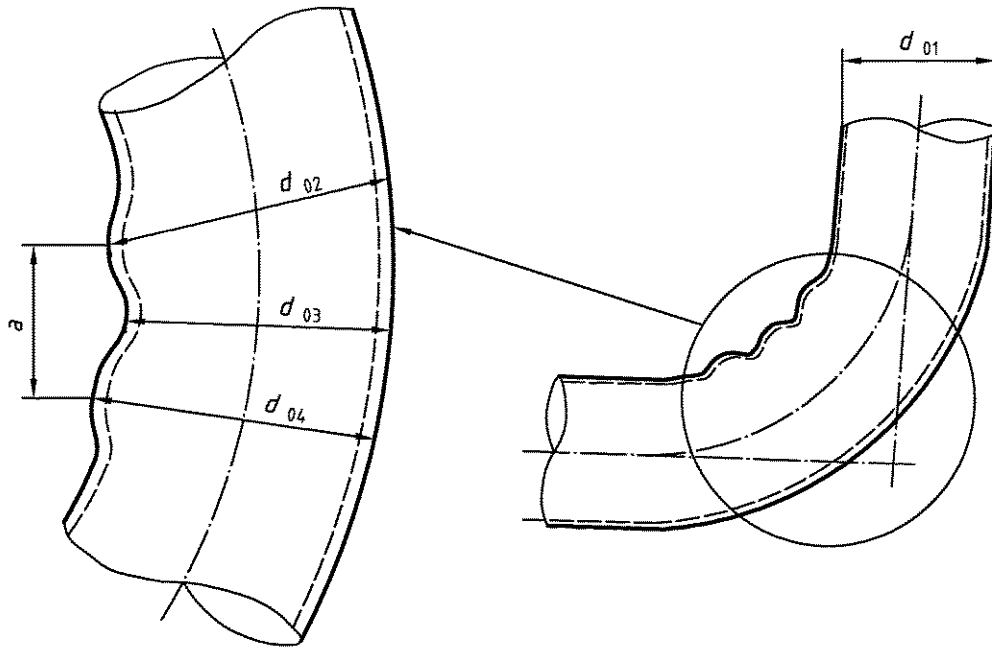
$$h_m = \frac{d_{02} + d_{04}}{2} - d_{03} \quad (7.4.3-2)$$

Dabei entsprechen  $d_{01}$ ,  $d_{02}$ ,  $d_{03}$  und  $d_{04}$  der Darstellung in Bild 7.4.3-1.

b)

$$a \geq 12 \cdot h_m \quad (7.4.3-3)$$

Dabei ist

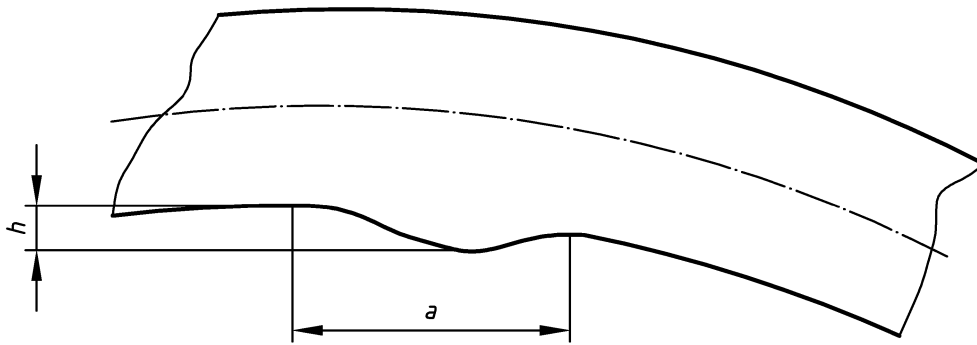
 $a$  der Wellenabstand; $h_m$  die durchschnittliche Höhe nebeneinanderliegender Wellen und diese wird wie in Gleichung (7.4.3-1) errechnet.

ANMERKUNG Zur Verdeutlichung wurden die Wellen vergrößert dargestellt.

**Bild 7.4.3-1 — Wellen in Biegungen****7.4.4 Anstauhungen von Induktivbiegungen**

Die Höhe einer Anstauung oder eines Wulstes darf 25 % der Nennwanddicke nicht überschreiten, und das größte Maß der Breite muss mindestens der 8-fachen Höhe entsprechen und glatt in die angrenzenden Flächen übergehen (siehe Bild 7.4.4-1).

Die in 7.4.1 festgelegte Unrundheitstoleranz gilt auch an einem Querschnitt, der an dieser unregelmäßigen Stelle gemessen wird.



### Legende

$$a \geq 8 h$$

$$h \leq \frac{e}{4} \text{ wobei } e \text{ die Nennwanddicke ist}$$

**Bild 7.4.4-1 — Anstauchung**

## 7.5 Oberflächenbeschaffenheit

Die Oberfläche der Biegung muss so beschaffen sein, dass eine Sichtprüfung möglich ist.

Alle Biegungen müssen frei von Oberflächenfehlern, wie z. B. Rissen, Einkerbungen, Dopplungen und Schalen sein. Wenn Oberflächenfehler abgeschliffen werden, darf die Wanddicke nicht unter die errechnete Mindestwanddicke fallen. Flächen, die zur Beseitigung von Fehlern geschliffen werden, müssen mit werkstoffgeeigneten Verfahren zur Feststellung von Oberflächenrissen untersucht werden, um sicherzustellen, dass die Fehler vollständig beseitigt wurden.

Ausbesserungen durch Schweißen sind nicht zulässig.

## 8 Verlegung der Rohrleitung

### 8.1 Fixierung und Ausrichtung

Die Rohrleitung muss in Übereinstimmung mit den in EN 13480-3 festgelegten Konstruktionsanforderungen verlegt werden. Für besondere Arbeitsgänge, wie z. B. Ausgleichen und Kaltvorspannung, müssen spezielle Anweisungen festgelegt werden. Das Gefälle der Rohrleitung muss überprüft werden, um sicherzustellen, dass ein kontinuierliches Gefälle entsprechend den Konstruktionsfestlegungen erreicht wird.

Falls erforderlich, muss der Errichter beim Zusammenbau von Rohrleitungsabschnitten vorübergehend Halterungen montieren, um sicherzustellen, dass in der Rohrleitung und den anschließenden Komponenten keine unzulässige Beanspruchung oder Verformung infolge des Eigengewichts übertragender Rohrleitungs-enden auftritt.

Es sollten vorübergehend Zusatzhalterungen montiert werden, die die Tragleistung der angeschlossenen Komponenten übernehmen.

Eine Verformung der Rohrleitung, um sie für den Zusammenbau auszurichten, ist verboten.



Durch eine solche Verformung können schädliche Beanspruchungen auf die Rohrleitungsteile bzw. die angeschlossenen Komponenten übertragen werden.

Längsschweißnähte müssen so weit wie möglich so angeordnet werden, dass sie nicht durch Bereiche mit Öffnungen oder Anbauteilen verlaufen.

Längsschweißnähte in anschließenden Bauteilen müssen um die 2-fache Nennwanddicke versetzt, mit einem Mindestabstand von 20 mm, angeordnet sein.

Halterungen müssen so montiert werden, dass die Kennzeichnung und die Last- und Bewegungsbereiche deutlich sichtbar sind. Alle Gewindeteile müssen voll im Eingriff stehen, und alle Kontermuttern müssen angezogen sein.

Der Errichter muss sicherstellen, dass alle Klemmteile passend auf dem Rohr sitzen.

Falls in den Konstruktionsfestlegungen nichts Anderes festgelegt ist, dürfen Halterungen für größere Rohre als DN 50 von der vorgeschriebenen Position um höchstens einen Außendurchmesser entfernt angeordnet sein. Wo erforderlich, muss die Befestigung der Halterung an der Tragkonstruktion so angepasst werden, dass die Schrägstellung der Tragestangen innerhalb der festgelegten Grenzen liegt.

Feder- und Konstanthänger müssen während der Verlegung und Montage der Rohrleitungen arretiert sein, sofern in den Konstruktionsanweisungen nichts Anderes festgelegt ist. Wenn Arretierungen für speziell geregelte Arbeitsgänge, z. B. Ausgleichen und Kaltvorspannung gelöst werden, dann müssen sie vor der Wasserdruckprüfung und dem chemischen Reinigen erneut arretiert werden.

Vorübergehende Verstellung der Federn sollte z. B. für die chemische Heißreinigung vorgesehen werden.

Der Errichter muss sicherstellen, dass die Lasteinstellung bei Federhängern den Berechnungen entsprechend vorgenommen wird. Falls eine Lastverstellung notwendig ist, muss der Errichter sicherstellen, dass der erforderliche Wegbereich erhalten bleibt.

Gleit- und Führungslager müssen in kaltem Zustand der Leitung so angeordnet sein, dass der Gleitschuh bei allen durch die Konstruktion vorgegebenen Bewegungen auf seinen Tragelementen aufliegt.

Vor dem endgültigen Zusammenbau muss das Rohrleitungssystem untersucht werden, und alle eventuellen Bewegungsbehinderungen müssen beseitigt werden.

Wenn eine Kaltvorspannung festgelegt ist, muss diese Vorspannung gegen bleibende, starre Verankerungen erfolgen und gehalten werden, um während des gesamten Schweißvorgangs und der nachfolgenden Wärmebehandlung der fertigen Verbindungen fehlerfreie Fugen und eine genaue Ausrichtung sicherzustellen. Nach der Kaltvorspannung muss der Errichter überprüfen, ob die Rohrleitung die vorgesehene Kaltlage eingenommen hat. Falls bei der Montage der Feder- und Konstanthänger eine Wegverstellung erforderlich ist (z. B. mittels Spannschraube und Stange), muss der Errichter nachträglich prüfen, ob benachbarte Halterungen in der Lage sind, sich entsprechend den Konstruktionsfestlegungen frei zu bewegen.

Kompensatoren müssen nach den Festlegungen des Systemanalytikers, z. B. hinsichtlich Ausrichtung, Kaltvorspannung und unter Beachtung der Einbauanweisungen des Lieferanten des jeweiligen Kompensators eingebaut werden.

Nach dem endgültigen Zusammenbau und der Wasserdruckprüfung muss der Errichter sicherstellen, dass alle vorübergehend montierten Halterungen und Arretierungen entfernt wurden.

## 8.2 Baustellenfertigung

Die Baustellenfertigung muss in Übereinstimmung mit den in EN 13480-3 festgelegten Anforderungen an den Abstand zwischen den Halterungen, die Schwingungsgefahren und die Flexibilität des Rohrleitungssystems erfolgen.

Während des Verlegens ist darauf zu achten, dass es bei nachfolgendem Betrieb keinesfalls zu gegenseitigen Behinderungen mit anderen Rohrleitungen und der Tragkonstruktion kommt.

Die Lage der Rohrleitung während des Betriebs sollte berücksichtigt werden.

Die leichte Zugänglichkeit und Auswechselbarkeit der Bauteile muss sichergestellt sein.

### 8.3 Flanschverbindungen oder ähnliche mechanische Verbindungen

#### 8.3.1 Flanschverbindungen

Vor dem Zusammenbau muss der Errichter sicherstellen, dass alle Flanschflächen sauber sind.

Die Flansche müssen ohne Kraftanwendung bündig und glatt zusammengefügt werden, sodass die gesamten Berührungsflächen gleichmäßig auf der Dichtung aufliegen und dann mit gleichmäßigem Anzugsdrehmoment festgezogen werden.

Flansche müssen so ausgerichtet werden, dass die Schraubenlöcher gleichmäßig beiderseits einer Linie rechtwinklig zur Rohrebene angeordnet sind, siehe Bild 8.3.1-1. Es ist auf die Ausrichtung der Gegenflansche zu achten, um sicherzustellen, dass die Schrauben genau sitzen.

Flanschschrauben müssen bis zu dem für die Verbindung angegebenen Wert angezogen werden.

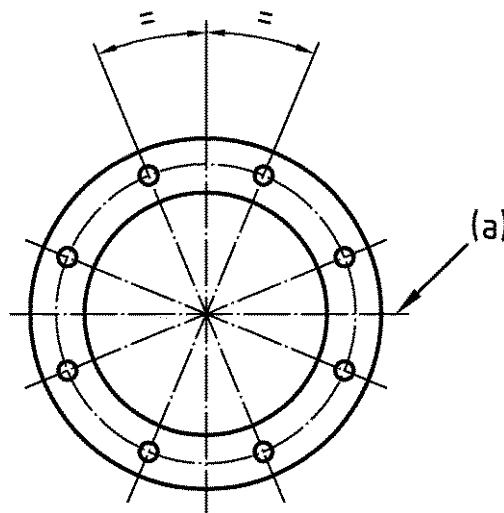
Hinweise zur Ausbildung des Personals können CEN/TS 1591-4 entnommen werden.

Sofern in keiner Europäischen Norm andere Festlegungen enthalten sind, müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- Muttern müssen so auf die Schraube aufgeschraubt werden, dass mindestens ein voller Gewindegang der Schraube übersteht;
- Bei Schrauben und Bolzen sind für die kleinste Gewindelänge  $l_e$ , die in das Gewindeloch eingreift, die Werkstoffe, in die die Verbindungselemente eingeschraubt werden und deren Nenndurchmesser  $d$  maßgebend.

Dabei ist

$l_e$  gleich  $d$  für Stahl und Stahlguss.



#### Legende

(a) Ebene des Rohres

Bild 8.3.1-1 — Flanschfläche

### 8.3.2 Gewindeanschlüsse

Die richtige Anzahl Gewindegänge muss jeweils in das Formstück eingreifen, und das Formstück darf weder auf dem Rohrende noch am Gewindeauslauf aufliegen.

ANMERKUNG Gewindeanschlüsse umfassen Verschraubungen und Gewindestutzen.

Für alle Gewindeverbindungen, ausgenommen dichtgeschweißte Gewindeverbindungen, dürfen geeignete Dichtungsmassen, Dichtungsbänder usw. verwendet werden.

Dichtschweißen von Gewindeverbindungen muss von geprüften Schweißern nach anerkannten Schweißverfahren ausgeführt werden.

### 8.3.3 Schraubkupplungen, Klemmverbindungen und Schneidringverschraubungen

Die Schraubkupplungen, Klemmverbindungen und Schneidringverschraubungen müssen Europäischen Normen entsprechen oder durch den Hersteller der Rohrleitung für den spezifischen Anwendungsfall geprüft sein. Sie müssen mit entsprechenden Bauartangaben gekennzeichnet sein. Alle Bauteile von Schraubkupplungen, Klemmverbindungen und Schneidringverschraubungen, die keiner Europäischen Norm entsprechen, müssen von demselben Hersteller geliefert werden.

Rohre mit Klemmverbindungen und Schneidringverschraubungen müssen den vom Formstück-Hersteller festgelegten Anforderungen entsprechen. Vor dem Zusammenbau sind alle Grate und verformte Flächen zu beseitigen.

## 8.4 Schutz der Enden von Rohrleitungsteilen

Um die Enden von Rohrleitungsteilen (z. B. Fasen, Gewindeenden, Flanschflächen) während Transport, Lagerung und Zusammenbau zu schützen, müssen gegebenenfalls geeignete Maßnahmen getroffen werden (z. B. Abdecken, Beschichten). Alle vom Fertiger an den Enden vorgenommenen Schutzmaßnahmen dürfen erst unmittelbar vor dem Verbinden der Teile entfernt werden.

## 9 Schweißen

### 9.1 Schweißpersonal

9.1.1 Schweißarbeiten müssen von qualifizierten Schweißern ausgeführt werden.

Die Schweißer müssen nach EN ISO 9606-1:2013 im Hinblick auf die geplanten Schweißverfahren, Werkstoffgruppen und Abmessungsbereiche geprüft sein und eine gültige Schweißer-Prüfungsbescheinigung in Übereinstimmung mit EN ISO 9606-1:2013, Anhang A, besitzen.

Bediener für vollmechanisierte und automatische Schweißverfahren müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 14732:2013 qualifiziert sein.

Bei Druckgeräten ist für dauerhafte Verbindungen der Kategorien II und III, die Route 9.3c) nach EN ISO 9606-1 und die Route 5.3 c) nach EN ISO 14732 nicht zulässig.

ANMERKUNG Vorherige Qualifizierungen nach EN 287-1 oder EN 1418 bleiben gültig, solange ihr Zeitraum der Gültigkeit nicht überschritten ist.

9.1.2 Schweißarbeiten müssen von einer Schweißaufsicht überwacht werden.

ANMERKUNG Die Aufgaben und Verantwortungen der Schweißaufsicht sind in EN ISO 14731 beschrieben.

## 9.2 Schweißanweisungen

Schweißanweisungen (WPS) sind nach EN ISO 15609 (alle Teile) für alle Schweißungen zwischen druckbeanspruchten Teilen und Anschweißteilen an druckbeanspruchte Teile sowohl für die Schweißung auf der Baustelle als auch im Werk zu erstellen. Die Schweißanweisung muss auch Angaben über Kantenversatz und den Wanddickenbereich enthalten; sie darf darüber hinaus Angaben über zerstörungsfreie Prüfungen enthalten.

Das Schweißen muss so ausgeführt werden, dass die Bewertungsgruppe C den Anforderungen von EN ISO 5817 entspricht.

Für Anwendungen zur Prüfung des Kriech- oder Ermüdungsverhaltens müssen die Oberflächenfehler den Anforderungen der Bewertungsgruppe B nach EN ISO 5817 entsprechen.

## 9.3 Schweißverfahren

### 9.3.1 Prüfung der Eignung

Die Eignung der geplanten Schweißverfahren muss auf der Grundlage einer Schweißverfahrensprüfung nach Tabelle 9.3.1-1 nachgewiesen werden.

**Tabelle 9.3.1-1 — Schweißverfahrensprüfung**

Kategorie	Anforderung
II, III	Die Schweißverfahren müssen nach EN ISO 15614-1:2004 oder EN ISO 15613:2004 erfolgen und von einer zuständigen Behörde <sup>a</sup> anerkannt sein.
I	Die Schweißverfahren im Druckraum müssen nach EN ISO 15614-1:2004 oder nach EN ISO 15613:2004 anerkannt sein, es sein denn, in den Konstruktionsunterlagen ist festgelegt, dass EN ISO 15611:2003 oder EN ISO 15612:2004 zulässig ist.
0	Die Schweißverfahren im Druckraum müssen nach EN ISO 15614-1:2004, EN ISO 15611:2003, EN ISO 15612:2004 oder EN ISO 15613:2004 anerkannt sein. Die Schweißverfahren in drucklosen Teilen müssen nach EN ISO 15610:2003 anerkannt sein.
ANMERKUNG Die Rohrleitungskategorien sind in EN 13480-1 angegeben.	
<sup>a</sup> Zuständige Prüfstelle: eine kompetente und vom Hersteller unabhängige Organisation. Für die Anwendung im Zuständigkeitsbereich der Europäischen Union kann diese Organisation eine notifizierte Stelle oder eine anerkannte unabhängige Prüfstelle sein.	

Dies bedeutet jedoch nicht, dass die vorliegende Europäische Norm die Gültigkeit irgendwelcher zuvor und nach älteren Nationalen Normen oder Festlegungen oder älteren Ausgaben dieser Norm erhaltener Ergebnisse von Schweißverfahrensprüfungen aufhebt. Falls zusätzliche Prüfungen durchgeführt werden müssen, um die technische Gleichwertigkeit des entsprechenden Befähigungsnachweises sicherzustellen, brauchen diese Zusatzprüfungen nur an einem Prüfkörper durchgeführt zu werden, der nach der vorliegenden Norm hergestellt sein sollte.

Kerbschlagbiegeversuch: Die Prüfung und die Zulässigkeitsgrenzen müssen der angewendeten Norm für die Qualifizierung der Schweißverfahren entsprechen; zusätzlich gelten die Anforderungen für den Kerbschlagbiegeversuch nach EN 13480-2.

Wenn die minimale Metalltemperatur  $T_M$  der Rohrleitung bei austenitischen Stählen geringer als  $-105\text{ °C}$  ist, müssen die Schweißnaht und die Wärmeeinflusszonen bei einer Prüfung bei  $-196\text{ °C}$  mindestens  $40\text{ J}$  erreichen.

**ANMERKUNG** Aus zweckmäßigen Gründen ist die Prüftemperatur von  $-196\text{ °C}$  für alle in EN 13480-2:2017, Tabelle B.2-11 angegebenen austenitischen Stähle festgelegt, deren Auslegungstemperatur unter  $-105\text{ °C}$  liegt.

### 9.3.2 Anwendung

**9.3.2.1** Die Anwendung der unterschiedlichen Verfahren hängt vom Werkstoff, der Größe und der geplanten Verwendung der Rohrleitungssysteme oder ihrer Bauteile sowie von der Zugänglichkeit der Verbindungen ab. Die Bezeichnungen der Verfahren und die Ordnungsnummern für die zeichnerische Darstellung müssen EN ISO 4063 entsprechen.

**9.3.2.2** Das Gasschweißen mit Sauerstoff-Acetylen-Flamme darf nur angewendet werden für:

- a) Werkstoffe nach CEN ISO/TR 15608, Gruppe 1;
- b) Nennweiten DN 100 und kleiner;
- c) Wanddicken  $\leq 6\text{ mm}$ .

**9.3.2.3** Beim Schutzgasschweißen ist besonders unter Baustellenbedingungen, bei denen es zu Kaminwirkung kommen kann, darauf zu achten, dass die Schweißnahtvorbereitung sorgfältig und sauber gegen Luftzug abgeschirmt wird und dass der Schutzgasstrom nicht durch äußere Einflüsse unterbrochen wird.

Beim Schweißen der Wurzellage sowie aller Fülllagen an Rohren aus hochlegierten Stählen der Werkstoffgruppen 4, 6, 7, 8 und 10 müssen die Innenflächen vor Oxidation durch Schutzgas geschützt werden. Das Schutzgas muss der Art des Rohrwerkstoffs angepasst sein.

### 9.4 Schweißzusätze und Hilfsstoffe

Die Schweißzusätze und Hilfsstoffe müssen für die zu schweißenden Werkstoffe, die Schweißprozesse und die Fertigungsbedingungen geeignet sein.

Elektroden, Schweißdrähte und -stäbe müssen durch eine Bescheinigung 2.2 nach EN 10204 dokumentiert werden. Der Prüfbericht muss eine chemische Analyse und die mechanischen Eigenschaften enthalten.

Alle Schweißzusätze und Hilfsstoffe müssen sorgfältig gelagert und gehandhabt werden, und die Verwendung muss den vom Hersteller der Schweißzusätze und Hilfsstoffe festgelegten Bedingungen entsprechen.

Elektroden, Schweißdrähte und -stäbe sowie Flussmittel dürfen keine Anzeichen von Beschädigungen oder Alterserscheinungen aufweisen.

**ANMERKUNG** Gerissene oder abgeplatzte Umhüllung bzw. rostender oder schmutziger Elektrodendraht sind typische Formen von Schäden oder Mängeln.

### 9.5 Klimatische Bedingungen

Der Schweißbereich des Rohrs muss frei von Feuchtigkeit (Kondensat, Frost, Eis) sein.

Um diesen Zustand zu erreichen, kann es erforderlich sein, den Schweißbereich vorzuwärmen.

Bei ungünstigen Wetterbedingungen und niedrigen Temperaturen werden sowohl die Arbeitsbedingungen als auch die Werkstoffeigenschaften nachteilig beeinflusst, und es sollten geeignete Maßnahmen getroffen werden, um eine einwandfreie Qualität beim Schweißen sicherzustellen.

## **9.6 Reinigung vor und nach dem Schweißen**

Die zu schweißenden Innen- und Außenflächen müssen sauber und frei von Farbe, Öl, Rost, Zunder und anderen Stoffen sein, die bei der Einbringung von Wärme für die Schweißnaht oder den Grundwerkstoff schädlich wären.

Beschichtete Teile müssen auf ausreichender Länge beiderseits der Schweißnaht frei von Beschichtungsprodukten sein, um den Schweißprozess nicht zu beeinträchtigen und die Beschichtung selbst zu schützen.

Nach dem Schweißen ist der Schweißbereich zu säubern, und Schweißrückstände, z. B. Schlacke, Schweißspritzer usw., sind zu beseitigen.

ANMERKUNG Empfehlungen für die Behandlung der Schweißfläche bei austenitischen nichtrostenden Stählen sind in Anhang A enthalten.

## **9.7 Schweißnahtvorbereitung**

Die Schweißnahtvorbereitung muss der anzuwendenden Schweißanweisung (WPS) entsprechen.

ANMERKUNG Verbindungselemente beim Schweißen sind in EN 1708-1 und EN 1708-3 enthalten. Beispiele für die Schweißnahtvorbereitung sind in EN ISO 9692-1, EN ISO 9692-2 und EN ISO 9692-4 gegeben.

## **9.8 Kantenschutz**

Falls gefordert, müssen die vorbereiteten Schweißkanten geschützt sein, um während Transport und Zusammenbau der Rohre Schäden zu vermeiden. Beschädigte Schweißkanten sind vor dem Zusammenbau nachzuarbeiten.

## **9.9 Zusammenbau zum Schweißen**

Um die festgelegten Anforderungen an die Ausrichtung sowie die Angaben für den Stegabstand einzuhalten, müssen die zu schweißenden Teile durch mechanische Mittel oder Heftschweißen sicher in ihrer Lage gehalten werden.

ANMERKUNG Die Maße des Stegabstands sind die Maße nach dem Heftschweißen.

Rohrleitungen und Bauteile sollten so befestigt sein, dass übermäßige Beanspruchungen der Schweißnähte durch Schrumpfung während des Schweißens vermieden werden.

Wenn die Enden der Rohrleitungsteile nicht innerhalb der durch die Schweißanweisung verlangten Toleranzen liegen, kann durch mechanisches Bearbeiten oder Aufdornen eine Anpassung erfolgen oder, falls diese Verfahren nicht durchführbar sind, darf der Innen- bzw. Außendurchmesser vor der Bearbeitung der Rohrenden durch Schweißen aufgepuffert werden, wobei folgende Anforderungen gelten:

- a) die Dicke der Rohrleitungsteile an dem zu verbindenden Ende muss der Mindest-Auslegungsdicke vor dem Schweißen entsprechen;
- b) das Schweißen muss nach einem anerkannten Verfahren durchgeführt werden;
- c) das Schweißgut muss bei Auslegungstemperatur die gleichen Eigenschaften wie der Grundwerkstoff oder bessere Eigenschaften als dieser aufweisen;
- d) die Länge der Aufpufferung muss mindestens 25 mm betragen, und wenn eine Ultraschallprüfung der Stumpfnah durchgeföhrt werden muss, muss die Länge ausreichend für eine vollständige Überprüfung der Schweißnaht sein.

## 9.10 Erdung

Beim Lichtbogenschweißen müssen die Rohrleitungen so geerdet sein, dass keine Schweißströme durch Federhänger, Konstanthänger, Stoßbremsen (Stoßdämpfer, Druckschwingungsdämpfer), Maschinen, Armaturen, mechanische Verbindungen usw. geleitet werden. Es darf kein Schaden oder Funktionsverlust in der Mechanik dieser Teile (z. B. Kugellager) durch starke Schweißströme auftreten.

## 9.11 Durchführung des Schweißvorgangs

### 9.11.1 Vorwärmen

Die in der Schweißanweisung festgelegte Vorwärmtemperatur (Arbeitstemperatur) muss beim Heften und während des gesamten Schweißvorgangs eingehalten werden. Die Einhaltung der Vorwärmtemperatur muss mit geeigneten Messgeräten oder Temperatur-Farbstiften überwacht werden.

Die Schweißanweisung muss die Vorwärmtemperaturen angeben und, falls zutreffend, die für das Schweißen erforderlichen Zwischenlagentemperaturen. Die Vorwärmtemperatur muss unter Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung und Dicke des zu schweißenden Werkstoffs, des anzuwendenden Schweißprozesses und der Lichtbogenparameter festgelegt werden.

ANMERKUNG Allgemeine Empfehlungen für das Vorwärmen sind in der Normenreihe EN 1011 enthalten.

### 9.11.2 Zündstellen

Zündstellen sind zu vermeiden. Alle unbeabsichtigt entstandenen Zündstellen müssen glatt geschliffen werden, und die Fläche ist zu untersuchen.

### 9.11.3 Äußere Schweißungen

Äußere Schweißungen im Druckraum (z. B. kehlnahtgeschweißte Rohrverbindungen) dürfen keine Anzeichen von Durchbrand aufweisen.

Bei austenitischen, korrosionsbeständigen Stählen sollte Oxidbildung auf der Rückseite vermieden werden.

### 9.11.4 Artungleiche Verbindungen

Artungleiche Verbindungen zwischen austenitischen und ferritischen Stählen müssen mit geeigneten Schweißzusätzen auf Austenit- oder Nickelbasis geschweißt werden.

## 9.12 Einlegeringe

**9.12.1** Der Werkstoff der Einlegeringe muss den Anforderungen des Schweißverfahrens entsprechen.

Durch den Einlegering darf die Verbindung nicht darin behindert werden, sich zu verengen.

**9.12.2** In der Kategorie III dürfen keine bleibenden Einlegeringe verwendet werden.

In den Kategorien I und II dürfen Einlegeringe unter folgenden Bedingungen verwendet werden:

- die Spalte zwischen dem Ring und den Bohrungen beider Rohre sollte auf ein Minimum beschränkt werden und keinesfalls mehr als 0,4 mm betragen. Die Bohrungsdurchmesser der Rohrenden sollten auf Rundheit und Passung hin bearbeitet werden;

- insbesondere ist auf Faktoren wie Schweißspalt, Stegflanke, Kantenversatz, Ringdicke und Schweißverfahren zu achten;
- falls die Schweißnaht Korrosion, Erosion durch Medien, Ermüdung oder Kriechen ausgesetzt ist, wird die Verwendung von Einlegeringen nicht empfohlen.

**9.12.3** Aufschmelzbare Einlagen müssen aus einem Werkstoff bestehen, der mit dem Grundwerkstoff verträglich ist und vollständig in die Verbindung eingeschmolzen wird.

Ihre Eignung ist durch eine Schweißverfahrensprüfung und eine diesem Anwendungsfall entsprechende Anerkennung nachzuweisen.

## **9.13 Anbauteile**

### **9.13.1 Allgemeines**

Wenn nach dem Schweißen eine Wärmenachbehandlung verlangt wird, dann muss das direkte Anschweißen der Rohrhalterung an die druckbeanspruchten Teile vor dieser Wärmenachbehandlung durchgeführt werden.

### **9.13.2 Zeitweilige Anbauteile**

Wenn zeitweilige Anbauteile (Stäbe, Nocken usw.) an eine Rohrleitung angeschweißt werden, dann muss dies nach einem qualifizierten Schweißverfahren mit Schweißzusätzen erfolgen, die mit dem Rohrwerkstoff verträglich sind. Solche Befestigungen sind durch Trennen oder Schleifen und eventuell vorhandenes Schweißgut durch Nachbearbeitung zu entfernen, um glatte Oberflächen sicherzustellen. Durch diese Nachbearbeitung darf die Wanddicke des Rohrleitungsteils nicht unter den errechneten Mindestwert fallen. Zeitweilige Befestigungen und zeitweilig aufgebrachtes Schweißgut dürfen nicht durch Abschlagen entfernt werden.

Die Qualifikation der Schweißer für zeitweilige Schweißnähte muss die gleiche sein wie für bleibende Schweißnähte.

### **9.13.3 Nicht lösbare Anbauteile**

Rrohrhalterungen und andere nicht lösbare Anbauteile, die direkt mit dem Rohr verbunden sind, müssen aus dem gleichen oder einem mit dem Werkstoff des verbundenen Rohrs verträglichen Werkstoff gefertigt werden.

Schweißnähte zur Anbringung von Rohrhalterungen an der Rohrleitung müssen durchgehend sein, sofern durch die Konstruktion nichts Anderes vorgegeben ist.

## **9.14 Wärmenachbehandlung**

### **9.14.1 Allgemeines**

Alle Wärmenachbehandlungen (PWHT) sind nach einem schriftlich festgelegten Verfahren durchzuführen. Die Wärmenachbehandlung ist nach Beendigung des Schweißvorganges nach Tabelle 9.14.1-1 oder Tabelle 9.14.1-2 durchzuführen.

Bei nicht in Tabelle 9.14.1-1 bzw. Tabelle 9.14.1-2 enthaltenen Stählen ist die Notwendigkeit einer PWHT im Einzelfall zu berücksichtigen.

PWHT darf bei Stählen mit einer geringeren Dicke als in Tabelle 9.14.1-1 bzw. Tabelle 9.14.1-2 festgelegt, verlangt werden, wenn dies aufgrund der Betriebsbedingungen (Spannungsrissskorrosion, niedrige



Temperatur, Wasserstoffversprödung usw.) oder der Konstruktionsfestlegungen erforderlich ist. In diesen Fällen sollten die Temperatur und die Haltezeit vereinbart werden.

Wenn Plattierungswerkstoffe nach dem Schweißen wärmebehandelt werden müssen, dann sind die Eigenschaften der Plattierung zu berücksichtigen.

Wenn zusätzliche Schweißungen oder Schweißausbesserungen an einem Rohrleitungssystem nach der Wärmenachbehandlung vorgenommen wurden, dann muss eine weitere Behandlung nach Tabelle 9.14.1-1 bzw. Tabelle 9.14.1-2 oder einem geeigneten alternativen Verfahren erfolgen.

Es sollten Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um vor der Wärmebehandlung Beanspruchungen bei der Handhabung der Rohrleitungsbaugruppen zu vermeiden.

Für PWHT sind in Tabelle 9.14.1-3  $P_{\text{crit}}$ -Werte für Werkstoffgruppen und Werkstoffe angegeben.

Die Wärmebehandlung nach Tabelle 9.14.1-3, insbesondere im oberen Bereich der Haltetemperatur und/oder Haltezeit, kann sich übermäßig auf die physischen Eigenschaften (z. B. Streckgrenze, Zugfestigkeit und Zähigkeit des Materials) auswirken; die zusätzliche Beanspruchung von mehreren Wärmezyklen sollte berücksichtigt werden. Diese Beanspruchung wird als Hollomon-Jaffe Parameter  $P$  erklärt und veröffentlicht; siehe Gleichung (9.14.1-1).

Der tatsächliche Wert  $P$  ist nach (9.14.1-1) zu berechnen.

$$P = T_s (20 + \lg t) 10^{-3} \quad (9.14.1-1)$$

Dabei ist

$T_s$  die Haltetemperatur in Kelvin;

$t$  die Haltezeit in Stunden;

$\lg = \log_{10}$ .

Die Wärmebehandlung muss unter Berücksichtigung der in EN ISO 17663:2009 angegebenen Qualitätsanforderungen durchgeführt werden.

Tabelle 9.14.1-1 — Wärmenachbehandlung

Werkstoffgruppe <sup>a</sup>	Werkstoff	Wärmenachbehandlung		
		Bezugsdicke <i>w</i> mm	Haltezeit Minuten	Temperatur °C
1.1 1.2	Unlegierter Stahl mit $R_{eH} \leq 360$ MPa (N/mm <sup>2</sup> )	< 35 <sup>b</sup> 35 bis 90	30 <i>w</i> , min 60	550 bis 600 <sup>c</sup>
1.3	Normalisierte Feinkornstähle mit 360 MPa (N/mm <sup>2</sup> ) < $R_{eH} \leq 460$ MPa (N/mm <sup>2</sup> )			550 bis 600 <sup>b</sup>
3.1	Vergüteter Stahl mit 360 MPa (N/mm <sup>2</sup> ) < $R_{eH} \leq 690$ MPa (N/mm <sup>2</sup> )	< 15 15 bis 60 > 60	30 2 <i>w</i> , min 60 60 + <i>w</i>	550 bis 620 <sup>b,d</sup>
4	Cr-Mo-(Ni) Stahl mit niedrigem Vanadiumgehalt $Mo \leq 0,7$ % und $V \leq 0,1$ %	< 20 20 bis 90 > 90	30 <i>w</i> , min 60 40 + <i>w</i>	550 bis 620
5.1	Cr-Mo Stahl mit $0,75$ % $\leq Cr \leq 1,5$ % ohne Vanadium (z. B. 13CrMo4-5)	< 15 15 bis 60 > 60	2 <i>w</i> , min 15 2 <i>w</i> 60 + <i>w</i>	630 bis 700 <sup>e</sup>
5.2	Cr-Mo Stahl mit $1,5$ % < $Cr \leq 3,5$ % ohne Vanadium (z. B. 10CrMo9-10)			670 bis 730 <sup>e</sup>
5.3	Cr-Mo Stahl mit $3,5$ % < $Cr \leq 7,0$ % ohne Vanadium (z. B. X16CrMo5-1)	Alle	2 <i>w</i> , min 60	700 bis 750
5.4	Cr-Mo Stahl mit $7,0$ % < $Cr \leq 10$ % ohne Vanadium (z. B. X10CrMo9-1)	< 12 12 bis 60 > 60	30 2,5 <i>w</i> , min 60 90 + <i>w</i>	730 bis 780
6.1	Cr-Mo-(Ni)-Stahl mit hohem Vanadiumgehalt $0,3$ % $\leq Cr \leq 0,75$ % (z. B. 14MoV6-3)	< 12 12 bis 60 > 60	30 2,5 <i>w</i> , min 60 90 + <i>w</i>	690 bis 730
6.2	Cr-Mo-(Ni)-Stahl mit hohem Vanadiumgehalt $0,75$ % < $Cr \leq 3,5$ % (z. B. 15CrMoV5-10)			710 bis 740
6.4	Cr-Mo-(Ni)-Stahl mit hohem Vanadiumgehalt $7,0$ % < $Cr \leq 12,5$ % (z. B. X20CrMoV11-1, X10CrMoVNb9-1)			730 bis 770 <sup>f</sup>
9.1 9.2	Stahl mit höchstens 8 % Nickel	< 20 <sup>b</sup> 20 < 35 <sup>b</sup> 35 bis 90 > 90	30 min 60 <i>w</i> , min 60 40 + 0,5 <i>w</i>	530 bis 580

<sup>a</sup> Nicht in dieser Tabelle enthaltene Werkstoffe sind einzeln zu berücksichtigen.

<sup>b</sup> Bei diesen Dicken ist eine Wärmenachbehandlung nur in besonderen Fällen erforderlich (z. B. Spannungskorrosion, Wasserstoffversprödung, niedrige Temperaturen).

<sup>c</sup> Bei 16Mo3 sollte die Temperatur 550 °C bis 620 °C betragen.

<sup>d</sup> Vergütete Stähle sollten nach dem Schweißen einer PWHT einer Temperatur unterzogen werden, die höchstens 20 °C unter der Anlasstemperatur liegt.

<sup>e</sup> Bei  $d_a \leq 114,3$  mm und  $w \leq 7,1$  mm kann auf die PWHT möglicherweise verzichtet werden, wenn die Vorwärmtemperatur mindestens 200 °C beträgt und für den Betrieb keine PWHT erforderlich ist.

<sup>f</sup> Eine Zwischenkühlung der Schweißnaht vor der PWHT sollte zusätzlich vorgenommen werden, um den Übergang in Martensit zu erzeugen.

Tabelle 9.14.1-2 — Wärmenachbehandlung bei Werkstoffkombinationen

Werkstoffkombination <sup>a</sup>		Empfohlene Schweißhilfsstoffe	Wärmenachbehandlung		
Werkstoff- gruppe	Werkstoff- gruppe		Bezugsdicke <i>w</i> mm	Haltezeit min	Temperatur °C
1.1 1.2	5.1 5.2	Unlegiert oder Mo- Legierung	<15 15 bis 60 > 60	2 <i>w</i> , min 15 2 <i>w</i> 60 + <i>w</i>	550 bis 600 <sup>b,c</sup>
1.3	1.1 1.2	Unlegiert oder Mo- Legierung	< 35 <sup>d</sup> 35 bis 90	30 <i>w</i> , min 60	550 bis 600
1	3	Mo-Legierung oder Mn-Ni-Legierung	< 15 15 bis 60 > 60	30 2 <i>w</i> , min 60 60 + <i>w</i>	530 bis 580 <sup>d,e</sup>
5.1	5.2	Wie Werkstoffgruppe 5.1	< 15 15 bis 60 > 60	2 <i>w</i> , min 15 2 <i>w</i> 60 + <i>w</i>	670 bis 700 <sup>b</sup>
5.2	6.4	Wie Werkstoffgruppe 6.4	< 12 12 bis 60 > 60	30 2,5 <i>w</i> , min 60 90 + <i>w</i>	700 bis 750 <sup>f</sup>
6.1	5.1	Wie Werkstoffgruppe 5.1	< 12 12 bis 60 > 60	30 2,5 <i>w</i> , min 60 90 + <i>w</i>	680 bis 700
6.1	5.2	Wie Werkstoffgruppe 5.2	< 12 12 bis 60 > 60	30 2,5 <i>w</i> , min 60 90 + <i>w</i>	690 bis 730
6.4	6.1	Wie Werkstoffgruppe 6.1	< 12 12 bis 60 > 60	30 2,5 <i>w</i> , min 60 90 + <i>w</i>	710 bis 730 <sup>f</sup>
6.4	6.2	Wie Werkstoffgruppe 6.2	< 12 12 bis 60 > 60	30 2,5 <i>w</i> , min 60 90 + <i>w</i>	720 bis 740 <sup>f</sup>
9.1 9.2	1.1 1.2 1.3	Unlegiert oder Mo- Legierung	< 35 <sup>d</sup> 35 bis 90 > 90	30 <i>w</i> , min 60 40 + <i>w</i>	530 bis 580

ANMERKUNG Werkstoffgruppen nach CEN ISO/TR 15608.

<sup>a</sup> Nicht in dieser Tabelle enthaltene Werkstoffe sind einzeln zu berücksichtigen.<sup>b</sup> Bei  $d_a \leq 114,3$  mm und  $w \leq 7,1$  mm kann auf die PWHT möglicherweise verzichtet werden, wenn die Vorwärmtemperatur mindestens 200 °C beträgt und für den Betrieb keine PWHT erforderlich ist.<sup>c</sup> Bei 16Mo3 sollte die Temperatur 550 °C bis 620 °C betragen.<sup>d</sup> Bei diesen Dicken ist eine Wärmenachbehandlung nur in besonderen Fällen erforderlich (z. B. Spannungskorrosion, Wasserstoffversprödung, niedrige Temperaturen).<sup>e</sup> Vergütete Stähle sollten nach dem Schweißen einer PWHT bei einer Temperatur unterzogen werden, die höchstens 20 °C unter der Anlasstemperatur liegt.<sup>f</sup> Eine Zwischenkühlung der Schweißnaht vor der PWHT muss zusätzlich vorgenommen werden, um den Übergang in Martensit zu erzeugen.

Tabelle 9.14.1-3 —  $P_{\text{crit}}$ -Werte für Wärmenachbehandlung

Werkstoffgruppe	Werkstoff	$P_{\text{crit}}^a$
1.1	Alle	17,5
1.2	16Mo3, 18MnMo4-5, 18Mo5	17,5
1.3	Alle	17,3
3.1	15NiCuMoNb5-6-4	17,5
	20MnMoNi4-5	17,5
5.1	13CrMoSi5-5	18,7
	Alle anderen mit Ausnahme von 25CrMo4, 26CrMo4-2	18,5
5.2	10CrMo9-10, 11CrMo9-10	19,2
	12CrMo9-10	19,3
5.3	X11CrMo5, X12CrMo5	19,5
6.2	12CrMoV12-10, 13CrMoV9-10	19,4
6.4	X10CrMoVNb9-1	20,5

<sup>a</sup> Die Daten für  $P_{\text{crit}}$  sind aus EN 13445-4:2014 abgeleitet.

### 9.14.2 Einrichtung

Die Einrichtung für die Wärmebehandlung, Überwachung und Aufzeichnung des Zeit-Temperatur-Verlaufs muss für die betreffende Wärmebehandlung geeignet sein.

### 9.14.3 Temperaturmessungen

Die Temperatur ist an der Oberfläche der Schweißnaht zu messen, sofern nichts anderes festgelegt ist.

### 9.14.4 Bezugsdicke

#### 9.14.4.1 Durchgeschweißte Nähte

Wenn das Bauteil Schweißnähte hat, die Teile unterschiedlicher Dicke miteinander verbinden, dann muss die Bezugsdicke  $w$ , die zur Festlegung der Anforderungen an die Zeiten für die Wärmenachbehandlung einzusetzen ist, wie folgt sein:

- Stumpfnähte (W1.0, W1.1) dickster Teil der Schweißverbindung;
- Kehlnähte (W2) festgelegte Dicke der Schweißnaht;
- aufgesetzter Abzweig (W3, W3.1) Dicke des Abzweigs an der Verbindung;
- durchgesteckter Abzweig (W4) größte Dicke der Schweißnaht, mit der der Abzweig in das Bauteil eingeschweißt wird;
- Ausbesserung durch Schweißen (W5) Dicke der ausgebesserten Schweißnaht.

ANMERKUNG Beispiele für W1.0, W1.1, W2, W3, W4 und W5 siehe Bild 9.14.4-1.

Wenn das Bauteil, das nach dem Schweißen wärmebehandelt werden muss, Schweißnähte mit jeweils unterschiedlichen Bezugsdicken aufweist, dann muss die zur Bestimmung der gesamten Wärmenachbehandlung einzusetzende Bezugsdicke die größte der jeweiligen Bezugsdicken sein.

#### 9.14.4.2 Nicht voll durchgeschweißte Nähte

Bei nicht voll durchgeschweißten Nähten entspricht die Bezugsdicke der Schweißnahtdicke (W6).

ANMERKUNG Für Beispiele zu W3.1 und W6 siehe Bild 9.14.4-2.

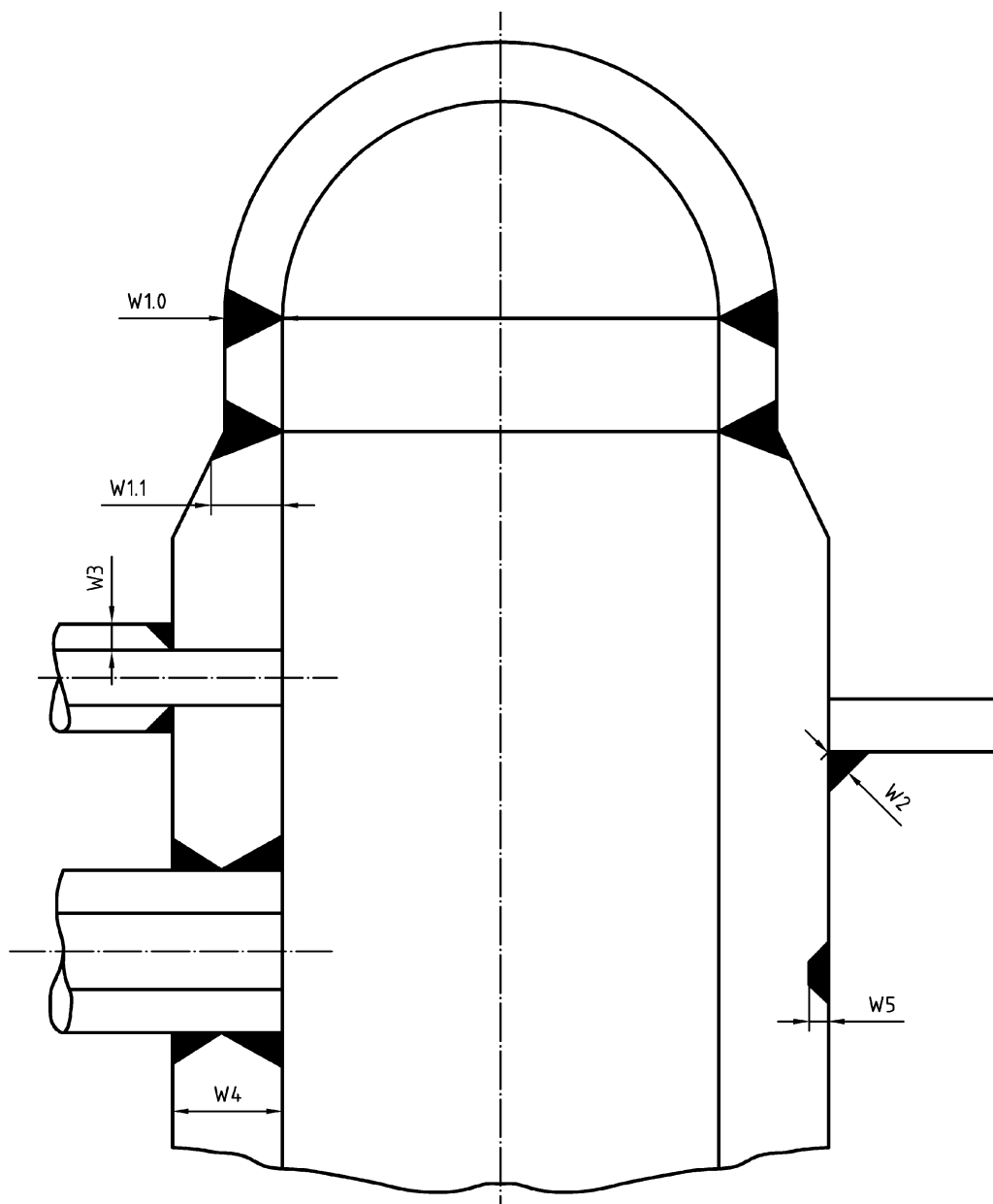
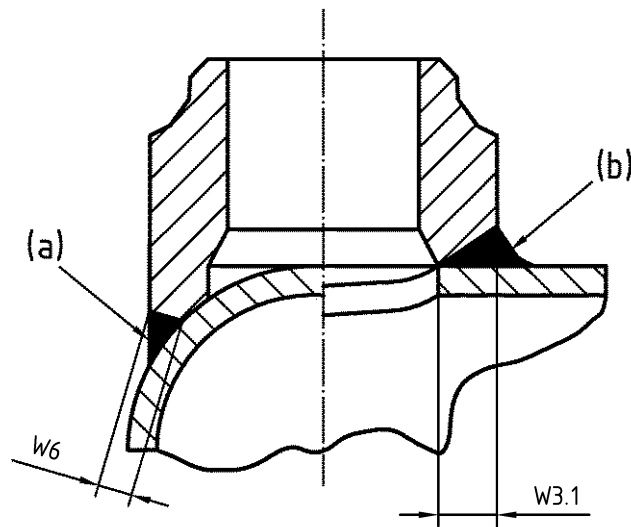


Bild 9.14.4-1 — Typische Beispiele für die Bezugsdicke



### Legende

(a) Flanke

(b) Gabelung

**Bild 9.14.4-2 — Weldolets (Aufschweißstutzen)**

### 9.14.5 Aufheizgeschwindigkeit

Die Aufheiz- oder Abkühlgeschwindigkeit über 300 °C darf  $5\,500/w$  in °C/h bei höchstens 300 °C/h nicht überschreiten, wobei  $w$  die Bezugsdicke in mm ist.

Es dürfen auch andere Aufheiz- oder Abkühlgeschwindigkeiten angewendet werden, sofern ihre Eignung in einer Schweißverfahrensprüfung nachgewiesen wurde.

### 9.14.6 Örtliche Wärmebehandlung

Wenn eine örtliche Wärmebehandlung an Rundnähten erfolgt, indem ein Wärmeeindringbereich um den gesamten Umfang erwärmt wird, dann muss der Wärmeeindringbereich mindestens

$$5 \cdot (((D - t)/2) \cdot t)^{0,5}$$

sein.

Dabei ist

$D$  der Außendurchmesser des Rohrs, in Millimeter,

$t$  die Nenndicke, in Millimeter.

Der Hersteller muss nachweisen können, dass die Bezugsdicke des Werkstoffs nach den Tabellen 9.14.1-1 und 9.14.1-2 wärmebehandelt wurde.

Die Rohre müssen während der Wärmenachbehandlung abgestützt werden.

Es wird empfohlen, die Rohrenden zu schließen.

Die Anzahl der für die örtliche Wärmebehandlung von Rohren mindestens zu verwendenden Messpunkte ist nach EN ISO 17663 zu wählen.

### 9.14.7 Isolierung

Es muss eine ausreichende Isolierung vorgenommen werden, um sicherzustellen, dass die Temperatur der Schweißnaht und deren Wärmeeinflusszonen nicht unter der festgelegten Temperatur liegen und dass die Temperatur am Rand des Wärmeeinbringbereichs mindestens der Hälfte der Höchsttemperatur entspricht. Eine Isolierung ist auch erforderlich, um sicherzustellen, dass die Wärmegradienten außerhalb der Wärmeeinflusszonen nicht schädlich sind.

Für diesen Zweck wird eine Isolierung mit einer Gesamtbreite von mindestens  $5 \cdot ((2 \cdot D - 4 \cdot t) \cdot t)^{0,5}$  empfohlen.

Dabei ist

$D$  der Außendurchmesser des Rohrs, in mm;

$t$  die Nenndicke, in mm.

### 9.15 Kennzeichnung der Schweißnaht

Die Schweißnähte oder Abschnitte davon müssen nahe der Naht mit dem Kurzzeichen des Schweißers gekennzeichnet sein.

Die Kennzeichnung der Schweißnaht kann durch entsprechende Angaben in den Fertigungsunterlagen ersetzt werden.

## 10 Nachbesserung und Ausbesserung

### 10.1 Allgemeines

Falls während der Fertigung oder Verlegung Abweichungen von den Anforderungen festgestellt werden, muss entschieden werden, ob eine Ausbesserung bzw. Nachbesserung erforderlich und möglich ist.

Falls Ausbesserungen oder Nachbesserungen erforderlich sind, müssen diese in Übereinstimmung mit den Konstruktionsfestlegungen und gegebenenfalls nach einem speziell anerkannten Schweißverfahren durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die ausgebesserte oder nachgebesserte Rohrleitung oder das Bauteil die Anforderungen erfüllen.

Abweichungen, Ausbesserungen oder Nachbesserungen müssen dokumentiert werden.

### 10.2 Nachbesserung

#### 10.2.1 Kalthämmern

Das Kalthämmern von Rohren zur Beseitigung von Falten oder Einbeulungen ist nicht zulässig.

#### 10.2.2 Nachbesserung durch Wärme

Warmrichten durch lokale Erwärmung muss unter strenger Aufsicht erfolgen.

Bei anderen Werkstoffen als in Gruppe 1 ist dieses Verfahren nur insoweit zulässig, wenn nachgewiesen werden kann, dass es die Werkstoffeigenschaften nicht nachteilig verändert.

Eine Prüfung kann durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass in dem erwärmten Bereich keine merklichen Änderungen auftreten (z. B. Farbeindringprüfung, Härteprüfung).

### **10.2.3 Nachbesserung durch Schweißen**

Nachbesserungen durch Schweißen mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoff können an Schweißverbindungen vorgenommen werden. Einzelheiten, z. B. Kenngrößen des Schweißverfahrens (Decklagenübergang) sind festzulegen.

### **10.2.4 Nachbesserung durch örtliches Schmieden**

Örtliches Schmieden darf nur durch gleichmäßiges Erwärmen des Umfangs des nachzubessernden Teils erfolgen. Während des Schmiedevorgangs müssen die Temperatur sowie die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit einem schriftlich festgelegten Verfahren entsprechen.

Für das lokale Schmieden gelten die Anforderungen nach 7.3.

Vor dem Schmieden sollten die Werkstoffeigenschaften beachtet werden.

## **10.3 Ausbesserungen an Schweißnähten**

Unregelmäßigkeiten, die ausgebessert werden müssen, sind durch Schleifen, Fugenhobeln, Flammen- bzw. Plasmaverfahren oder Zerspanen eines Teils oder der gesamten Schweißnaht zu entfernen. Bei Anwendung thermischer Prozesse dürfen Rohr und Schweißgut nicht nachteilig beeinflusst werden.

Ausbesserungsschweißnähte müssen nach eignungsgeprüften Verfahren von entsprechend qualifiziertem Schweißpersonal hergestellt werden. Vor dem Ausbesserungsschweißen muss die Oberfläche der Verbindung durch eine zerstörungsfreie Prüfung untersucht werden, um sicherzustellen, dass weder Risse noch andere Fehler vorhanden sind.

Die erste Beurteilung, die zur Ausbesserung geführt hat, muss in die Dokumentation aufgenommen werden. Alle Ausbesserungen an Schweißnähten müssen dokumentiert werden.

Alle ausgebesserten Schweißnähte müssen einer zerstörungsfreien Prüfung nach EN 13480-5 unterzogen werden.

## **11 Kennzeichnung und Dokumentation**

### **11.1 Kennzeichnung von Spools und Bauteilen für die Verlegung**

Alle Spools und Bauteile müssen zur Identifizierung mit einer Kennzeichnung versehen sein. Die Kennzeichnung kann mittels Farbe, Stempelung oder Etikett erfolgen. Bei Werkstoffen, die im Kriechbereich oder unter Wechselbeanspruchung arbeiten, dürfen nur Stempelungen mit geringer Kerbwirkung verwendet werden.

Diese Kennzeichnung muss während des gesamten Verlegungsprozesses sichtbar bleiben.

### **11.2 Kennzeichnung und Identifizierung von verlegten Rohrleitungen**

#### **11.2.1 Allgemeines**

Zur deutlichen Identifizierung einer Rohrleitung oder eines Rohrleitungsabschnitts muss die verlegte Rohrleitung z. B. durch Anstrich, Beschriftung, Etikettierung usw. gekennzeichnet werden. Aufgrund der Kennzeichnungen muss es möglich sein, das System zu erkennen, zu dem die Rohrleitung gehört.

Werden Rohrleitungen der Kategorien I, II und III in einem Land auf den Markt gebracht, in dem die Druckgeräte-Richtlinie gilt, so muss die Kennzeichnung in Übereinstimmung mit 11.2.2 erfolgen.



### 11.2.2 CE-Kennzeichnung von verlegten Rohrleitungen

Die CE-Kennzeichnung muss Folgendes enthalten:

- a) eine CE-Kennzeichnung für jede einzelne Rohrleitung, oder
- b) bei Rohrleitungsinstallationen, die aus mehr als einer Rohrleitung bestehen, durch Anbringen einer einzigen CE-Kennzeichnung, sofern diese an besonders gut sichtbarer Stelle erscheint und die vom Hersteller an den Betreiber übergebene Dokumentation die Grenzen der Verlegung eindeutig angibt.

ANMERKUNG Siehe Leitlinie 9/8 zur Druckgeräterichtlinie.

Die Kennzeichnung muss mindestens Folgendes enthalten:

- 1) Name und Anschrift des Herstellers;
- 2) das Baujahr;
- 3) die Kennnummer der notifizierten Stelle, falls zutreffend.

Die in 11.2.3 festgelegten zusätzlichen Informationen sind entweder direkt an der Kennzeichnung oder in einer Dokumentation anzugeben, auf die die Kennzeichnung eindeutig, z. B. durch Inbezugnahme der Dokumentnummer, hinweist.

### 11.2.3 Angabe der technischen Daten auf der Rohrleitung

Die folgenden Informationen sind entweder direkt auf der Rohrleitung oder in einer der Rohrleitung bzw. Rohrleitungsinstallation beigegeben und eindeutig auf diese zu beziehende Dokumentation anzugeben:

- a) der maximal zulässige Druck (PS) in bar;
- b) die maximal zulässige Temperatur ( $TS_{\max}$ ), die minimal zulässige Temperatur ( $TS_{\min}$ ) in °C;
- c) die Nennweite (DN);
- d) die Kategorien (siehe EN 13480-1);
- e) die Fluidgruppe;
- f) der Prüfdruck ( $p_{\text{test}}$ ) in bar, und das für die Druckprüfung verwendete Medium, sofern es sich nicht um Wasser handelt;
- g) das Datum der Druckprüfung.

Aus praktischen Gründen dürfen die nach f) und g) geforderten Informationen in einer gesonderten Dokumentation, wie z. B. einer Prüfdruckkarte oder einem Prüfdruck-Schaltbild, angegeben werden.

## 12 Zusätzliche Anforderungen

### 12.1 Reinigung

Der Zustand der Innen- und Außenflächen von Spools muss in Verbindung mit dem Reinheitsgrad festgelegt werden.

Die Reinigung kann durch mechanische Mittel wie Drahtbürsten, Strahlen oder chemische Behandlung, z. B. Beizen in einer inhibierenden Säure, erfolgen.

ANMERKUNG Fotografische Vergleichsmuster für die Oberflächenreinheit können EN ISO 8501-1 entnommen werden.

Nach dem Reinigen können Spools besonderen Oberflächenbehandlungen unterzogen werden, wie z. B. Beizen mit nachfolgender Säurepassivierung von nichtrostenden Stählen.

Die bei der Reinigung und Vorbereitung verwendeten Chemikalien können örtlichen Bestimmungen in Bezug auf die Lagerung, Handhabung und Entsorgung unterliegen.

### 12.2 Vorübergehende Schutzbehandlung

Falls die vorgefertigten Spools vor der Verlegung gelagert werden müssen, sollten die gereinigten Innenflächen vor erneuter Verunreinigung oder Rosten geschützt werden, indem die Enden mit dichtsitzenden Abdeckungen oder Stopfen verschlossen werden, um ein Eindringen von Partikeln und Luft zu verhindern.

Die Spools sollten außerdem durch über die Dampfphase wirkende chemische Stoffe in Form von Trocknungspulver oder gleichmäßig über die Oberfläche auf löslichen Anstrichstoffen versprühtes feines Pulver geschützt werden. Lose Kügelchen werden nicht empfohlen.

Die Außenflächen müssen durch Aufbringung eines zeitweiligen Anstrichs oder einer Beschichtung geschützt werden. Bei Rohrleitungen für hohe Temperaturen darf dieser Anstrich keine Substanzen enthalten, die bei Betriebstemperatur schädlich sind.

Alle Schutzkappen, Stopfen und Pulverbeutel müssen unmittelbar vor der Verlegung entfernt werden.

ANMERKUNG Die Rohrleitung darf nach dem Einbau durch Ausblasen mit trockener Luft und Füllen mit Inertgas, z. B. Stickstoff, geschützt werden.

### 12.3 Äußerer Korrosionsschutz

Rohrleitungen, die äußeren Korrosionseinflüssen ausgesetzt sind und aus Werkstoffen hergestellt sind, die nicht ausreichend korrosionsbeständig sind, müssen korrosionsgeschützt sein.

Etiketten und andere Kennzeichnungen müssen nach dem Beschichten noch lesbar sein.

### 12.4 Wärme- und Schalldämmung

Die Anbringung der Dämmung ist vorzugsweise erst nach Beendigung der Prüfung der Rohrleitung vorzunehmen. Anderenfalls müssen die zu prüfenden Bereiche frei gelassen werden, bis alle erforderlichen Untersuchungen durchgeführt sind.

Die Dämmung darf in keiner Weise die Funktion sowie den Zugang zu Sicherheits-, Betriebs- und Messeinrichtungen behindern.

## 12.5 Verbindungen für statische Elektrizität

Rohrleitungen in explosionsgefährdeter Atmosphäre müssen so verlegt werden, dass kein Arbeitsprozess eine gefährliche statische Elektrizität verursachen kann.

Falls die Rohrleitungen nicht durch direkten Kontakt über die strukturelle Unterstützung geerdet sind, muss eine Erdung vorgenommen werden. In diesem Fall darf der zwischen Rohrleitung und Erde gemessene Widerstand höchstens  $10^6 \Omega$  betragen.

Besondere Sorgfalt ist in folgenden Fällen zu üben:

- die Rohrleitung ist auf der Innen- und Außenseite vollständig beschichtet;
- die Dichtungen haben einen Metallkern;
- Armaturen haben eine isolierte Innenausrüstung (Kegel, Kugeln, Nadeln).

Für elektrische Anschlüsse direkt an das Rohrleitungssystem müssen kompatible Werkstoffe verwendet werden.

## **Anhang A** **(informativ)**

# **Verunreinigung und Oberflächenbeschaffenheit von nichtrostendem Stahl**

## **A.1 Einleitung**

Die Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Stählen hängt vom Vorhandensein einer komplexen Oxidschicht auf der Oberfläche ab.

Während der Fertigung kann diese Schutzschicht durch unterschiedliche Ursachen zerstört werden:

- a) Stöße, Riefen, scharfe Kanten usw.;
- b) Anlauffarben durch Schweißen, Warmverformung, Wärmebehandlung usw.;
- c) Verunreinigung durch Lösemittel, unterschiedliche Fluide, Schleifmittel, Tintenfarbstoffe, Markierungen, Schutzwerkstoffe, Fett usw.;
- d) Verunreinigung durch Staubablagerungen sowie Metallablagerungen oder Kesselstein (Blei, Zink, Kupfer, Aluminium, Messing, Bronze, Eisen, verzinkte Produkte, Zinkanstriche usw.).

## **A.2 Schutz**

### **A.2.1 Handhabung**

Hebe- und Anschlagarbeiten sollten so erfolgen, dass die Gefahr einer Verunreinigung von nichtrostenden Stählen nicht gegeben ist.

Metallketten und verzinkte Drahtschlingen sollten nicht verwendet werden.

Eine Verunreinigung kann durch Verwendung von nichtmetallischem (z. B. Nylon) Schlingen oder Gurten vermieden werden.

Alle Einrichtungen für die Handhabung sollten sauber gehalten werden und erforderlichenfalls nur für die Verwendung mit nichtrostenden Stählen getrennt gehalten werden.

### **A.2.2 Während der Fertigung und Verlegung**

Es sollte überwacht werden, dass während der Fertigung und Verlegung keine Bruchstücke oder andere Materialien in die Rohrleitung eindringen, und die Schweiß- und Umformverfahren sollten, soweit durchführbar, die Oberflächenverunreinigung so gering wie möglich halten.

Wenn Oberflächen aus nichtrostendem Stahl mit Oberflächen aus ferritischen oder NE-Werkstoffen in Berührung kommen, dann sollte einer eventuellen Verunreinigung durch Verwendung von Einlagen oder Unterlegplatten aus Werkstoffen, die mit nichtrostenden Stählen verträglich sind, vorgebeugt werden.

Es sollte darauf geachtet werden, dass zwischen nichtrostendem Stahl und den Gehäusen von tragbaren kraftbetriebenen Werkzeugen, Maschinen und anderen Umformwerkzeugen/Zubehör aus Werkzeugen, die in Abschnitt A.1 als unverträglich eingestuft sind, kein Kontakt stattfindet. Wo vorauszusehen ist, dass ein Kontakt stattfinden wird, sollte die inkompatible Fläche mit empfohlenen Werkstoffen abgedeckt werden.

Werkzeuge, z. B. Bügelsägen, Feilen, Schleifsteine und -scheiben, Drahtbürsten aus nichtrostendem Stahl, sollten auf die Verwendung mit nichtrostenden Stählen beschränkt und nicht mit inkompatiblen Werkstoffen benutzt werden. Sägen, Bohrer, Schneidwerkzeuge, Meißel usw. aus ferritischen Werkstoffen

sollten vor der Verwendung an Flächen aus nichtrostendem Stahl gereinigt und frei von jeglichen Oberflächenbeschädigungen sein. Die Sauberkeit ist vor der Verwendung zu überprüfen.

Die mechanische Bearbeitung sollte mit empfohlenen Schmierstoffen durchgeführt werden.

Nach der Bearbeitung sollte die bearbeitete Fläche mit empfohlenen Lösungsmitteln gereinigt werden.

Falls eine unbeabsichtigte Verunreinigung oder Beschädigung auftritt, insbesondere Stöße, Riefen oder Kesselstein, sollte eine unverzügliche Reinigung oder Schleifen erfolgen, ungeachtet der abschließenden chemischen oder einer anderen Behandlung, die im Allgemeinen nicht für eine solche Dekontaminierung bestimmt ist.

Alle scharfen Kanten und Riefen sollten in jeder Fertigungsstufe geschliffen werden.

### **A.3 Kontrollierte Reinigungsverfahren**

Schmutz, Öl, Fett und ähnliche Verunreinigungen sollten durch Aufbringen eines anerkannten Lösungsmittels entfernt werden.

Beim Strahlen sollte als Strahlmittel für nichtrostenden Stahl Aluminiumgrieß (Gehalt über 98 %) mit einem wasserlöslichen Anteil von weniger als  $50 \times 10^6$  genommen werden. Die zum Sandstrahlen eingesetzte Luft sollte sauber, trocken und ölfrei sein.

Schnellarbeitsstahl, Hartmetallfeilen und Rotarysenker sollten zum Fräsen und Richten verwendet werden.

Schleifpapier und Schleifleinen sowie vorgeformter Stein aus Siliziumkarbid und Aluminiumoxid sollten „eisenfrei“ sein. Es sollten nur Drahtbürsten aus nichtrostendem Stahl verwendet werden.

Das Schleifen sollte mit eisenfreien Schleifscheiben aus Aluminiumoxidgrieß mit Gummi- oder Kunstharzbindung durchgeführt werden.

Das Nachschleifen sollte mit Feinkorn (mindestens Klasse 120) erfolgen.

### **A.4 Chemische Behandlungen**

#### **A.4.1 Beizen**

Wenn die Oberflächenbehandlung eine Reinigung mit Säure verlangt, dann sollte eine Vorbehandlung entweder mit einem nichtkaustischen Abbeizmittel, White Spirit (ein Testbenzin) oder durch Eintauchen in eine warme, anionische Waschlauge oder mit speziellen Pasten nach Herstelleranweisung erfolgen.

Die Beizlösung sollte 10 % bis 15 % Volumenprozent bei 50 % konzentrierter Salpetersäure und 2 % bis 5 % Volumenprozent bei 65 % konzentrierter Fluorwasserstoffsäure in Wasser sein. Diese Lösung wird hauptsächlich zum Entfernen von schwarzen Oxidschichten verwendet.

Falls erforderlich, darf vor dem Beizen eine spezielle sensibilisierende Behandlung mit einer 65 Vol. % Baume Schwefelsäurelösung über 15 min bis 50 min erfolgen, mit vollständigem Abwaschen danach.

Nach dem Beizen sollte alles vollständig abgewaschen werden.

#### **A.4.2 Dekontaminierung, Passivierung**

Diese Arbeitsvorgänge erfolgen nach dem gleichen Verfahren:

Eine typische Lösung für ein Bad besteht aus 25 % bei 52 % konzentrierter Salpetersäure in Wasser. Pasten dürfen nach Herstelleranweisung ebenfalls verwendet werden.

Nach dem Beizen sollten die Bauteile gründlich unter sauberem, fließendem, entmineralisiertem Wasser mit einer Temperatur von mindestens 90 °C abgespült und anschließend entwässert und mit sauberer, trockener, ölfreier Druckluft trocken geblasen werden.

#### **A.5 Vorbereitung zum Versand**

Bei der Vorbereitung von Rohrleitungen für den Versand sollten für nichtrostenden Stähle keine Dampfphasen- oder flüchtigen Korrosionsinhibitoren verwendet werden. Es sollten Schutzkappen aus Polyethylen geringer Dichte verwendet und mit einem geeigneten Klebeband abgedichtet werden. Wo erforderlich, sollten Spools und Bauteile außen mit ungefülltem, halogenfreien, sauberen Polyethylen von mindestens 100 µm Dicke abgedeckt und mit einem empfohlenen Klebeband gesichert werden.

## Anhang B (normativ)

### Maßtoleranzen für vorgefertigte Spools

Für die Festlegung der Maßtoleranzen müssen vorgefertigte Spools wie folgt in Klassen eingeteilt werden:

Klasse A: Vorgefertigte Spools in sehr eng angeordneten Rohrleitungssystemen, Rohre, für die der Besteller genaue Maße vorgibt.

Klasse B: Vorgefertigte Spools in Rohrleitungssystemen, die flexibel genug sind, um leichte Ungenauigkeiten aufzunehmen.

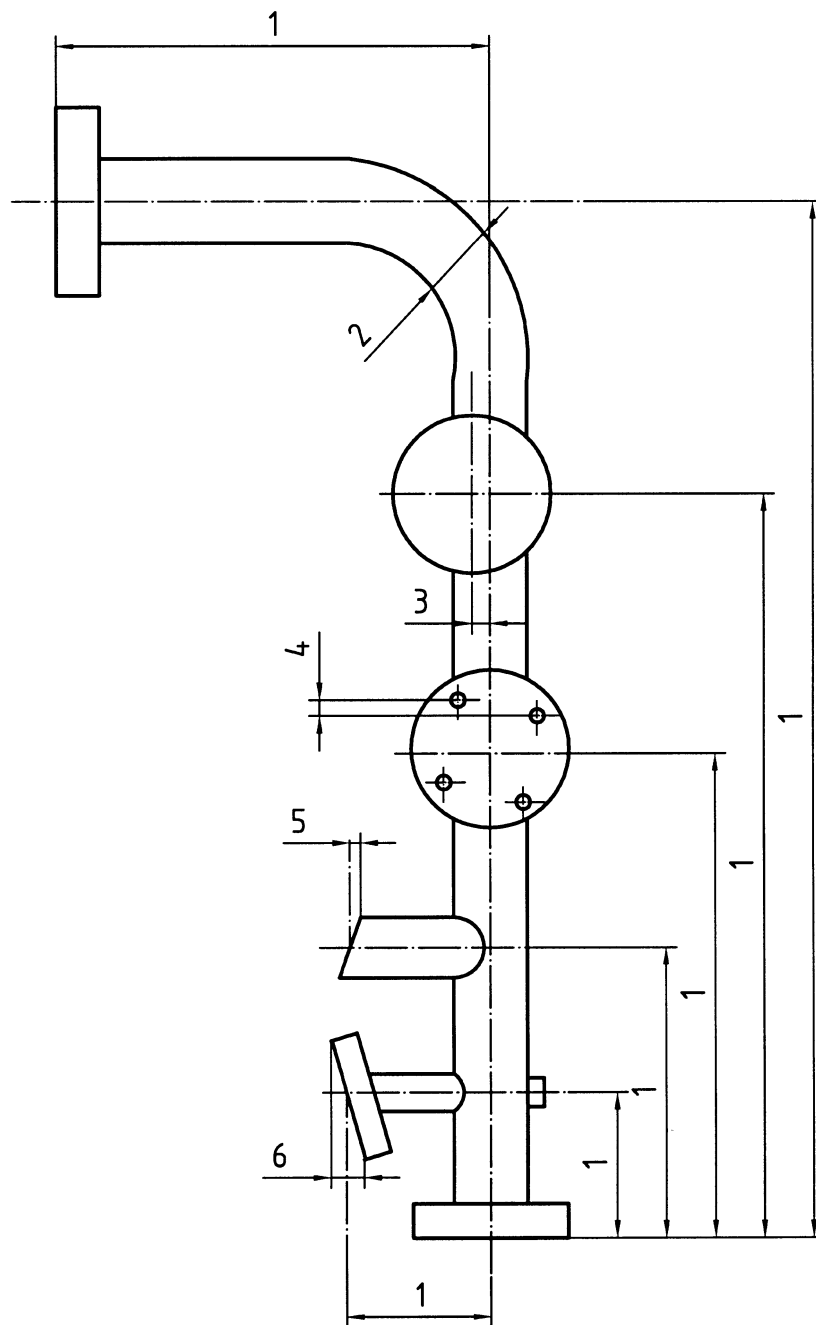
Klasse C: Rohre in Rohrleitungssystemen mit vorgefertigten Spools mit „langen Rohrschenkeln“.

Toleranzen der Klasse C sind nicht zulässig, wenn die vorgefertigten Spools Bestandteil von langen, vertikalen Rohrschenkeln sind, da dadurch angrenzende horizontale Rohrschenkel, die während der Verlegung der Rohrleitung ausgerichtet wurden, beeinflusst werden. In diesen Fällen ist Klasse B zu verwenden.

Grenzabmaße dieser Klassen sind in Tabelle B.1 angegeben.

**Tabelle B.1 — Grenzabmaße für Spools**

Klasse	Bis einschließlich DN 150						Über DN 150					
	Maßzahl						Maßzahl					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
A	$\pm 1$	Siehe 7.4	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 1$	Siehe 7.4	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 1$	$\pm 1$
B	$\pm 3$	Siehe 7.4	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 3$	Siehe 7.4	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 1$	$\pm 1$
C	$\pm 6$	Siehe 7.4	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 6$	Siehe 7.4	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 1$	$\pm 1$
ANMERKUNG Siehe Bild B.1 für Maßzahlen.												



### Legende

- Maß 1: Baulängen (FTF, CTF, CTC), Anordnung von Anbauteilen
- Maß 2: Unrundheit der Biegungen
- Maß 3: Seitliche Verschiebung von Abzweigen oder Verbindungen
- Maß 4: Drehung der Flansche aus der angegebenen Position, gemessen wie angegeben
- Maß 5: Anschrägungen an Stumpfnähten oder glatten Anschlüssen — Angabe des entsprechenden Durchmessers
- Maß 6: Abweichung der Flansche von der angegebenen Position, gemessen am Durchmesser der Dichtungsfläche

**Bild B.1 — Maßangaben für vorgefertigte Spools**



## Anhang Y (informativ)

### Entwicklung der EN 13480-4

#### Y.1 Unterschiede zwischen EN 13480-4:2012 und EN 13480-4:2017

EN 13480-4, Fassung 2017, enthält die Fassung 2012 der Norm und alle Änderungen und/oder Berichtigungen, die seitdem veröffentlicht wurden.

Die folgende Liste enthält die wesentlichen technischen Änderungen seit der vorherigen Ausgabe:

- die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- die Bestimmungen in Abschnitt 3 zu Kaltumformen und Warmverformung wurden überarbeitet;
- in 5.2.3 wurden die Anforderungen für die Anstellung von Subunternehmern hinzugefügt;
- 7.2.1 und Tabelle 7.2.1-1 über Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen von Flacherzeugnissen wurden überarbeitet;
- Bild 7.1.3-1c) wurde korrigiert;
- Abschnitt 9 „Schweißen“ wurde überarbeitet;
- Abschnitt 9.1 „Schweißpersonal“ wurde überarbeitet;
- Abschnitt 9.14.1 über die Wärmenachbehandlung wurde überarbeitet;
- Tabelle 9.14.1-1 und Tabelle 9.14.1-2 über PWHT wurden überarbeitet;
- eine neue Tabelle 9.14.1-3 mit  $P_{\text{crit}}$ -Werten für Werkstoffgruppen und Werkstoffe für PWHT wurde hinzugefügt;
- Abschnitt 9.14.6 über die örtliche Wärmebehandlung wurde überarbeitet;
- 10.3 über Schweißausbesserung wurde überarbeitet;
- Abschnitt 11 „Kennzeichnung und Dokumentation“ wurde überarbeitet;
- Abschnitt 12.5 „Verbindungen für statische Elektrizität“ wurde überarbeitet;
- Anhang ZA über den Zusammenhang mit der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU wurde angepasst;
- die Literaturhinweise wurden aktualisiert;
- die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

ANMERKUNG Die hier angegebenen Änderungen enthalten die wesentlichen technischen Änderungen, stellen jedoch keine erschöpfende Liste aller Änderungen dar.

## Anhang ZA (informativ)

### Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/68/EU

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines von der Europäischen Kommission erteilten Normungsauftrages M/071 „Normungsauftrag an CEN über Druckgeräte“ erarbeitet, um ein freiwilliges Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Druckgeräte-Richtlinie 2014/68/EU bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Union im Sinne dieser Richtlinie in Bezug genommen worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den in Tabelle ZA.1 aufgeführten normativen Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereiches dieser Norm zur Vermutung der Konformität mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und der zugehörigen EFTA Vorschriften.

**Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der  
Druckgeräte richtlinie 2014/68/EU**

<b>Grundlegende Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte richtlinie 2014/68/EU Anhang I</b>	<b>Abschnitte/Unterabschnitt e dieser Europäischen Norm</b>	<b>Erläuternde Bemerkungen/Anmerkungen</b>
3.1 erster Absatz	5.1 bis 5.3, 5.6, Abschnitt 8, 12.1 bis 12.4 und Anhang B	Fertigung und Verlegung
3.1.1	6.1	Trennen und Anschrägen
3.1.5	6.2	Bestimmung von druckbeanspruchten Teilen
3.1 erster Absatz	Abschnitt 7	Biegen und andere Umformverfahren
3.1.4	7.2, 7.3, 9.14	Wärmebehandlung
6 a), 6 b)	8.1, 8.2, 8.3	Spezielle Anforderungen für Rohrleitungen
3.1.2	9.1	Schweißpersonal
3.1.2	9.3 bis 9.14	Schweißverfahren
3.1 erster Absatz	Abschnitt 10	Nachbesserung und Ausbesserung
3.3 a), b)	11.2	Kennzeichnung und Identifizierung von Rohrleitungen

**WARNHINWEIS 1** — Die Konformitätsvermutung bleibt nur bestehen, so lange die Fundstelle dieser Europäischen Norm in der im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlichten Liste erhalten bleibt. Anwender dieser Norm sollten regelmäßig die im Amtsblatt der Europäischen Union zuletzt veröffentlichte Liste einsehen.

**WARNHINWEIS 2** — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EU-Richtlinien anwendbar sein.

## Literaturhinweise

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

EN 1011-1:2009 (alle Teile), *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe*

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

EN 1708-3, *Schweißen — Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl — Teil 3: Plattierungen, Pufferungen, Auskleidungen druckbeanspruchter Bauteile*

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

EN 13445-4:2009, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 4: Herstellung*

EN ISO 8501-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit — Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen (ISO 8501-1)*

EN ISO 9692-1, *Schweißen und verwandte Prozesse — Empfehlungen zur Schweißnahtvorbereitung — Teil 1: Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen, Gasschweißen, WIG-Schweißen und Strahlschweißen von Stählen (ISO 9692-1)*

EN ISO 9692-2, *Schweißen und verwandte Prozesse — Empfehlungen zur Schweißnahtvorbereitung — Teil 2: Unterpulverschweißen von Stahl (ISO 9692-2)*

EN ISO 9692-4, *Schweißen und verwandte Prozesse — Empfehlungen zur Schweißnahtvorbereitung — Teil 4: Plattierte Stähle (ISO 9692-4)*

EN ISO 14731:2006, *Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung (ISO 14731)*

CEN/TS 1591-4, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 4: Qualifizierung der Kompetenz von Personal zur Montage von Schraubverbindungen im Geltungsbereich der Druckgeräterichtlinie*

Richtlinie 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt

Druckgeräte-Richtlinie 9/8