

DIN EN 12952-5

ICS 27.040

Entwurf

Einsprüche bis 2020-03-31
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12952-5:2012-01

**Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten –
Teil 5: Verarbeitung und Bauausführung für drucktragende Kesselteile;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12952-5:2020**

Water-tube boilers and auxiliary installations –
Part 5: Workmanship and construction of pressure parts of the boiler;
German and English version prEN 12952-5:2020

Chaudières à tubes d'eau et installations auxiliaires –
Partie 5: Fabrication et construction des parties sous pression des chaudières;
Version allemande et anglaise prEN 12952-5:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-01-31 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nard@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

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

Gesamtumfang 186 Seiten

DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12952-5:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 269 „Großwasser-raum- und Wasserrohrkessel“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 082-00-18-01 UA „Wasserrohrkessel“ im DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD).

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12952-5:2012-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Anforderungen in 8.1.7 zum Abstand zwischen benachbarten Schweißnähten geändert;
- c) Anforderungen im Unterabschnitt 8.8 zum Schweißen nach einer abschließenden Wärmebehandlung geändert;
- d) Anforderungen in 8.11.4 zum Abstand von Stumpfschweißnähten auf geraden Rohren geändert;
- e) Tabellen zur Wärmebehandlung erweitert;
- f) Anhang B, Anhang C und Anhang E überarbeitet;
- g) Norm redaktionell überarbeitet.

Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten — Teil 5: Verarbeitung und Bauausführung für drucktragende Kesselteile

Chaudières à tubes d'eau et installations auxiliaires — Partie 5 : Fabrication et construction des parties sous pression des chaudières

Water-tube boilers and auxiliary installations — Part 5: Workmanship and construction of pressure parts of the boiler

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	10
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Allgemeines	11
6 Drucktragende Teile	11
6.1 Trommeln, Sammler und ähnliche drucktragende Teile	11
6.1.1 Grundsätze für die Fertigung	11
6.1.2 Herstellungsprozess für Sammlerböden	11
6.1.3 Werkstoffe für Sammlerböden	12
6.2 Werkstoffidentifikation	12
6.3 Werkstoffkennzeichnung	12
6.3.1 Allgemeines	12
6.3.2 Verantwortliches Personal	12
6.3.3 Kennzeichnungsverfahren	12
6.3.4 Kennzeichnung nicht drucktragender Teile	13
6.3.5 Kennzeichnung von Schrauben und Muttern	13
6.4 Kennzeichnung während der Fertigung	13
6.4.1 Temporäre Kennzeichnung	13
6.4.2 Dauerhafte Kennzeichnung	13
6.4.3 Rohrbiegungen	13
6.4.4 Lagezeichnungen	13
7 Schneiden, Umformen und Fertigungstoleranzen	13
7.1 Schneiden des Werkstoffs	13
7.1.1 Schneidverfahren	13
7.1.2 Maßnahmen nach dem Schneiden	14
7.2 Umformen von Trommeln, Sammlern und Böden	14
7.2.1 Allgemeines	14
7.2.2 Trommel- und Sammlermäntel	14
7.2.3 Böden	14
7.2.4 Geschweißte Bleche vor der Warm- oder Kaltumformung	15
7.2.5 Aushaltungen an Sammlern	15
7.3 Formen von Rohrbiegungen	15
7.3.1 Allgemeines	15
7.3.2 Verfahrensprüfung für Rohrbiegungen	15
7.3.3 Anforderungen an die Abmessungsprüfung	15
7.3.4 Verschwächung der Bogenaußenseite für Rohre mit Nenn-Außendurchmesser ≤ 142 mm	16
7.3.5 Verdickung auf der Bogeninnenseite für Rohre mit Nenn-Außendurchmesser über 80 mm bis einschließlich 142 mm	17
7.3.6 Verschwächung/Verstärkung auf der Bogenaußen-/innenseite für Rohre mit Nenn-Außendurchmesser > 142 mm	17
7.3.7 Unrundheit von Rohrbiegungen	17
7.3.8 Wärmebehandlung von Rohrbiegungen nach dem Biegen	18

7.3.9	Anforderungen an die Wärmebehandlung nach dem Biegen	19
7.3.10	Falten auf der Bogeninnenseite	20
7.3.11	Oberfläche der Rohrbiegungen	21
7.3.12	Gruppenbiegung von Rohrwänden	22
7.3.13	Biegen von Verbundrohren	22
7.3.14	Fertigung von Rohrreduzierstücken	22
7.4	Toleranzen für Trommel- und Sammlerfertigung	23
7.4.1	Toleranzen für den Zusammenbau von aus Blech gefertigten Schüssen und Böden	23
7.4.2	Toleranzen des Mantels im Endzustand	24
7.4.3	Toleranzen für Böden im Endzustand	25
8	Schweißen	26
8.1	Konstruktive und sonstige das Schweißen betreffende Anforderungen	26
8.1.1	Allgemeines	26
8.1.2	Werkstoffauswahl hinsichtlich Schweißen	26
8.1.3	Angabe der Schweißverbindungen in den Zeichnungen	26
8.1.4	Schweißvoraussetzungen	26
8.1.5	Gasschweißen mit Sauerstoff-Acetylen-Flamme	26
8.1.6	Stumpfnähte in Rohrbögen	27
8.1.7	Abstand zwischen benachbarten Schweißnähten	27
8.1.8	Stumpfschweißnähte in Längsrichtung in Schüssen von Kesseltrommeln	28
8.1.9	Versatz von Stumpfschweißnähten in Längsrichtung bei zwei und mehr Schüssen	28
8.1.10	Verbindungen unterschiedlicher Werkstoffe	28
8.1.11	Schutz gegen Witterung	28
8.1.12	Verfügbarkeit der Schweißanweisung	28
8.2	Schweißzusätze	28
8.3	Schweißtechnische Anerkennungen	29
8.3.1	Anerkennung von Schmelzschweißverfahren	29
8.3.2	Anerkennung und Ausbildung von Schweißern	29
8.4	Allgemeine Anforderungen an die Herstellung von Schweißnähten	29
8.4.1	Oberflächenzustand vor dem Schweißen	29
8.4.2	Zusammenbau der Bauteile für das Schweißen	30
8.4.3	Temporäre Anschweißteile	30
8.4.4	Zündstellen	30
8.4.5	Rückverfolgung von Schweißern	30
8.5	Ausbesserung von Schweißnähten	31
8.5.1	Allgemeines	31
8.5.2	Reparaturschweißen von Längs- und Rundnähten an Trommeln und Sammlern, die Arbeitsproben erforderlich machen	31
8.5.3	Zerstörungsfreie Prüfung	31
8.5.4	Aufzeichnung von Schweißreparaturen	31
8.6	Vorwärmung	31
8.7	Wärmebehandlung nach dem Schweißen	32
8.8	Schweißen nach einer abschließenden Wärmebehandlung	32
8.9	Schweißverbindungen, Anschweißungen und Arbeitsproben	33
8.9.1	Stumpfgeschweißte Längs- und Rundnähte an Trommeln und Sammlern sowie Arbeitsproben	33
8.9.2	Schweißen von Sammlerböden	35
8.9.3	Anschweißen von Abzweigen, Stutzen, Nippeln und anderen Anschweißteilen an Trommeln und Sammlern	35
8.9.4	Verstärkungsteile und Mannlochrahmen	36
8.10	Anschweißen von nicht drucktragenden Teilen an Trommeln und Sammler	36
8.11	Schweißen von Rohren	37
8.11.1	Allgemeines	37
8.11.2	Unterbrechung der Schweißung	37
8.11.3	Fertigstellung der Schweißung	37

8.11.4	Abstand von Stumpfschweißnähten in geraden Rohren	37
8.11.5	Versatz der Rohrenden.....	37
8.11.6	Winkelversatz von Rohrstumpfnähten	38
8.11.7	Zusammengesetzte Bögen.....	38
8.11.8	Schweißunterlage.....	38
8.11.9	Wurzelschutz, Formieren von Schweißnähten.....	38
8.11.10	Schweißen von Abzweigen, Stutzen und Nippeln an Rohre.....	38
8.11.11	Anschiessen von nicht drucktragenden Teilen an Rohre.....	39
8.12	Abbrennstumpfschweißen von Rohren	39
8.13	Geschweißte Rohrwände.....	39
8.14	Lichtbogenbolzenschweißen.....	39
9	Mechanische Verbindungen	40
9.1	Allgemeines	40
9.2	Zugangsöffnungen	40
9.2.1	Typen	40
9.2.2	Abmessungen.....	40
9.2.3	Innere Verschlüsse.....	40
9.2.4	Äußere Verschlüsse.....	41
9.3	Mechanische Verbindung von Abzweigen und Stutzen zu den drucktragenden Hauptteilen	41
9.3.1	Anwendungsbereich und Einschränkung.....	41
9.3.2	Schraubverbindungen	41
9.3.3	Verbindungen mit Gewindebolzen	42
9.4	Rohrverbindungen.....	42
9.4.1	Verbindung durch Aufweiten.....	42
9.4.2	Mechanische Verbindungen von Rohren.....	44
9.4.3	Verbindung von nicht drucktragenden Teilen mit drucktragenden Teilen	44
10	Wärmebehandlung	45
10.1	Allgemeines	45
10.2	Wärmeführung und Wärmebehandlung(en) in Verbindung mit der Blechumformung.....	45
10.2.1	Wärmeführung während der Warmumformung.....	45
10.2.2	Wärmebehandlung bei der Umformung.....	46
10.2.3	Mäntel und Schüsse.....	46
10.2.4	Böden.....	46
10.2.5	Arbeitsproben für umgeformte Bauteile	47
10.3	Vorwärmen zum Schweißen und thermischen Schneiden.....	47
10.3.1	Allgemeines	47
10.3.2	Vorwärmen zum Schweißen.....	47
10.3.3	Vorwärmen zum thermischen Schneiden	48
10.3.4	Messen der Vorwärmung.....	48
10.4	Wärmebehandlung nach dem Schweißen	49
10.4.1	Allgemeines	49
10.4.2	Methoden der Wärmebehandlung nach dem Schweißen	54
10.4.3	Verfahren der Wärmebehandlung nach dem Schweißen.....	56
10.5	Wärmebehandlung von Arbeitsproben.....	57
Anhang A (informativ)	Rohrbiege-Verfahrensprüfungen	58
A.1	Allgemeines	58
A.2	Warm- oder kaltgebogene Rohre mit einem Außendurchmesser ≤ 142 mm.....	58
A.2.1	Biegeverfahren	58
A.2.2	Wärmebehandlung nach dem Biegen (PBHT)	59
A.2.3	Geltungsbereich der Prüfungen	59
A.2.4	Anforderungen an die Qualifikation.....	60
A.3	Kaltgebogene Rohre mit einem Außendurchmesser > 142 mm.....	62
A.3.1	Biegeverfahren	62

A.3.2	Wärmebehandlung nach dem Biegen (PBHT)	62
A.3.3	Geltungsbereich der Prüfung.....	62
A.3.4	Anforderungen an die Qualifikation	62
A.4	Warmgebogene Rohre mit einem Außendurchmesser > 142 mm	63
A.4.1	Biegeverfahren.....	63
A.4.2	Wärmebehandlung nach dem Biegen (PBHT)	63
A.4.3	Geltungsbereich der Prüfung.....	63
A.4.4	Anforderungen an die Qualifikation	64
Anhang B (informativ) Schweißverbindungen in drucktragenden Teilen und nicht druckführende Anschweißungen.....		67
Anhang C (informativ) Herstellung geschweißter Rohrwände.....		68
C.1	Allgemeines	68
C.2	Verfahren bei der Herstellung.....	68
C.2.1	Allgemeines	68
C.2.2	Rohre mit angeschweißten Flossen (Rohrstege).....	68
C.2.3	Flossenrohre	68
C.2.4	Andere Verfahren.....	68
C.3	Zulässige Werkstoffe	68
C.3.1	Rohre.....	68
C.3.2	Stege	69
C.3.3	Schweißzusätze	69
C.4	Herstellungsverfahren und Prüfungen	69
C.4.1	Schweißverfahren	69
C.4.2	Besondere Anforderungen bei der Herstellung.....	69
C.4.3	Wärmebehandlung	70
C.5	Anerkennung der Schweißverfahren	70
C.6	Arbeitsproben.....	70
C.7	Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP).....	70
Anhang D (normativ) Spiralgewinkelte Kessel und Überhitzer		75
D.1	Allgemeines	75
D.2	Besondere Anforderungen.....	75
Anhang E (normativ) Besondere Anforderungen an Rückgewinnungskessel.....		76
E.1	Allgemeines	76
E.2	Begriff.....	76
E.3	Besondere Anforderungen für das Biegen von Verbundrohren.....	76
E.3.1	Allgemeines	76
E.3.2	Anwendung der Festlegungen für das Biegen von Verbundrohren.....	76
E.4	Besondere Anforderungen an die Herstellung von geschweißten Rohrwänden aus Verbundrohren	77
E.4.1	Allgemeines	77
E.4.2	Stege	77
E.4.3	Steg-Rohr-Anschweißnähte an Verbundrohren	77
E.5	Kennzeichnung des Werkstoffs.....	77
E.6	Abbreinstumpfschweißen	77
Anhang F (informativ) Leitfaden für die Feststellung der Befähigung von Kesselherstellern.....		78
F.1	Allgemeines	78
F.2	Verantwortlichkeit des Käufers.....	78
F.3	Verantwortlichkeit des Herstellers	78
F.4	Anforderungen hinsichtlich der Befähigung des Herstellers.....	79
F.5	Befähigungserklärung des Herstellers.....	79
Anhang G (informativ) Wesentliche technische Änderungen zwischen diesem Dokument und der vorherigen Ausgabe.....		90

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/68/EU	91
Literaturhinweise.....	92

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12952-5:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 269 „Großwasser-raum- und Wasserrohrkessel“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12952-5:2011 ersetzen.

Anhang G enthält Einzelheiten zu wesentlichen technischen Änderungen in diesem Dokument im Vergleich zur vorherigen Ausgabe.

Die Normenreihe EN 12952 über „Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten“ besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeines;
- Teil 2: Werkstoffe für drucktragende Kesselteile und Zubehör;
- Teil 3: Konstruktion und Berechnung für drucktragende Teile;
- Teil 4: Betriebsbegleitende Berechnung der Lebensdauererwartung;
- Teil 5: Verarbeitung und Bauausführung für drucktragende Kesselteile;
- Teil 6: Prüfung während der Fertigung, Dokumentation und Kennzeichnung für drucktragende Kesselteile;
- Teil 7: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel;
- Teil 8: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel;
- Teil 9: Anforderungen an Staubfeuerungsanlagen für den Kessel;
- Teil 10: Anforderungen an Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung;
- Teil 11: Anforderungen an Begrenzungseinrichtungen an Kessel und Zubehör;
- Teil 12: Anforderungen an die Speisewasser- und Kesselwasserqualität;
- Teil 13: Anforderungen an Rauchgasreinigungsanlagen;
- Teil 14: Anforderungen an Rauchgas-DENOX-Anlagen, die flüssiges Ammoniak und Ammoniakwasserlösung einsetzen;
- Teil 15: Abnahmeversuche;
- Teil 16: Anforderungen an Rost- und Wirbelschichtfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe für den Kessel;
- CR 12952 Teil 17: Leitfaden für die Einbeziehung einer herstellerunabhängigen Prüforganisation.

ANMERKUNG 1 Ein Teil 18 über Betriebsanleitungen ist derzeit in Vorbereitung.

Obwohl alle Teile der Norm einzeln zu erwerben sind, sollte bedacht werden, dass die Teile voneinander abhängig sind. Deshalb werden für Konstruktion und Herstellung der Wasserrohrkessel mehrere Teile benötigt, um die Anforderungen des Dokuments zu erfüllen.

ANMERKUNG 2 Teil 4 und Teil 15 sind nicht während der Konstruktion, Fertigung und Errichtung anzuwenden.

ANMERKUNG 3 Für sämtliche Fragen zur Anwendung der Normenreihe EN 12952 und der Normenreihe EN 12953 wurde ein „Boiler Helpdesk“ im CEN/TC 269 eingerichtet, siehe die folgende Webseite: <http://www.boiler-helpdesk.din.de>

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2014/68/EU siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen für die Verarbeitung und Bauausführung von Wasserrohrkesseln fest, die in EN 12952-1:2015 festgelegt sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 1092-1:2018, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche*

EN 1759-1:2004, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach Class bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche, NPS 1/2 bis 24*

EN 10025-2:2019, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 10028-2:2017, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

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

EN 10216-2:2013, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10253-2:2007, *Formstücke zum Einschweißen — Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen*

EN 10253-4:2008, *Formstücke zum Einschweißen — Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen*

EN 12952-1:2015, *Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten — Teil 1: Allgemeines*

prEN 12952-2:2020,¹ *Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten — Teil 2: Werkstoffe für drucktragende Kesselteile und Zubehör*

EN 12952-3:2011, *Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten — Teil 3: Konstruktion und Berechnung für drucktragende Kesselteile*

prEN 12952-6:2020¹, *Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten — Teil 6: Prüfung während der Herstellung, Dokumentation und Kennzeichnung für drucktragende Kesselteile*

EN 12952-7:2012, *Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten — Teil 7: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel*

EN ISO 148-1:2016, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1:2016)*

¹ In Vorbereitung.

EN ISO 3452-1:2013, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 3452-1:2013, korrigierte Fassung 2014-05-01)*

EN ISO 4759-1:2000, *Toleranzen für Verbindungselemente — Teil 1: Schrauben und Muttern; Produktklassen A, B und C (ISO 4759-1:2000)*

EN ISO 6892-1:2016, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2016)*

EN ISO 9606-1:2017, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1:2012, einschließlich Cor 1:2012 und Cor 2:2013)*

EN ISO 14555:2017, *Schweißen — Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14555:2017)*

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

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

EN ISO 15614-1:2017, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2017, korrigierte Fassung 2017-10-01)*

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

EN ISO 17638:2016, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung (ISO 17638:2016)*

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

EN ISO 23277:2015, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Eindringprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen (ISO 23277:2015)*

EN ISO 23278:2015, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen (ISO 23278:2015)*

CEN ISO/TR 15608:2017, *Schweißen — Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen (ISO/TR 15608:2017)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 12952-1:2015 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Kaltumformen

für ferritische Stähle das Umformen bei Temperaturen unter der maximal zulässigen Temperatur für die Wärmebehandlung nach dem Schweißen, für austenitische Werkstoffe das Umformen bei Temperaturen unterhalb 300 °C

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle 12.

3.2

Warmumformen

für ferritische Stähle das Umformen bei Temperaturen oberhalb der maximal zulässigen Temperatur für die Wärmebehandlung nach dem Schweißen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle 12.

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole nach EN 12952-1:2015. In diesem gesamten Dokument sind zusätzliche Begriffe und Symbole eingefügt, sofern der jeweilige spezifische Text dies erfordert. Darüber hinaus sollte beachtet werden, dass in einigen Abschnitten das gleiche zusätzliche Symbol in unterschiedlichen Gleichungen mit unterschiedlicher Bedeutung verwendet sein kann. In allen derartigen Fällen ist jedoch zu jeder Gleichung die Bedeutung des Symbols angegeben.

5 Allgemeines

Wasserrohrkessel sind nach genehmigten Zeichnungen, Verfahren und Spezifikationen sowie nach bewährter Technik herzustellen und zu montieren.

Die Werkstätten und Baustellen für die Konstruktion von Wasserrohrkesseln sind mit den erforderlichen Einrichtungen auszurüsten und müssen über geeignete Gerätschaften verfügen, um alle erforderlichen Inspektionen und Prüfungen nach prEN 12952-6:2020 zu ermöglichen. Die zutreffenden Herstellungsverfahren müssen angemessen und das mit der Herstellung beschäftigte Personal muss kompetent sowie für seine Aufgaben angemessen qualifiziert sein. Die Verfahren für die Zulassung von Schweißern und ZfP-Personal sind in prEN 12952-6:2020, Abschnitt 7 und 9.2 angegeben.

Angemessene Aufzeichnungen über Herstellungsabläufe sind aufzubewahren.

6 Drucktragende Teile

6.1 Trommeln, Sammler und ähnliche drucktragende Teile

6.1.1 Grundsätze für die Fertigung

Trommeln, Sammler und ähnliche drucktragende Teile sind aus Rohren, Schmiedestücken, Blechen oder Gusstücken herzustellen. Trommeln und Sammler müssen außen wie innen in einem angemessen sauberen Zustand sein, um eine sachgerechte Sichtprüfung der Oberfläche zu ermöglichen, die vor dem Bohren der Löcher für Rohrstutzen, Abzweige, usw. und dem Schweißen von dauerhaften Verbindungen durchzuführen ist.

6.1.2 Herstellungsprozess für Sammlerböden

Die Enden geschmiedeter oder sonstiger nahtloser Sammler aus Stahlrohren sind durch eines der folgenden Verfahren zu verschließen:

- a) Schmieden oder sonstige Warmumformung;

- b) Schweißen nach Abschnitt 8, siehe auch EN 12952-3:2011, Bild 10.3-1;
- c) verschraubte Flansche in Übereinstimmung mit den zutreffenden Europäischen Normen, z. B. EN 1092-1:2018 oder EN 1759-1:2004.

Verschraubte Flansche nach c) dürfen nicht verwendet werden, wenn die Schraubenbolzen dem Rauchgas ausgesetzt wären.

6.1.3 Werkstoffe für Sammlerböden

Geschmiedete oder mechanisch bearbeitete Sammlerböden müssen aus einer Stahlsorte bestehen, die dem Grundkörper des Sammlers angepasst ist, und sind nach EN 12952-3:2011, Bild 10.3-1 zu profilieren.

6.2 Werkstoffidentifikation

Für alle drucktragenden Teile und Trommelaufhängungen muss der Hersteller ein System zur Werkstoffidentifikation anwenden.

Das System muss sicherstellen, dass der Werkstoff, der für größere drucktragende Teile (Trommeln, Rohre für Sammlermäntel mit $d_o > 142$ mm) verwendet wird, bis auf seine Herstellung zurückverfolgt werden kann. Zur Identifikation von Rohren, die nicht für Sammler verwendet werden, sowie von Rohren für Sammlermäntel mit $d_o \leq 142$ mm ist ein System zu verwenden, das eine eindeutige Zuordnung der Schmelze bei der Anlieferung ins Herstellerwerk und die Werkstoffidentifikation während der gesamten Fertigung durch die Kennzeichnung ermöglicht.

6.3 Werkstoffkennzeichnung

6.3.1 Allgemeines

Die Kennzeichnung von Werkstoffen muss während der gesamten Fertigung erhalten bleiben. Wenn im Zuge der Fertigung die Originalkennzeichnung entfernt wird, oder durch Trennen Teile ohne Kennzeichnung entstehen könnten, ist die Kennzeichnung zu übertragen; in der Regel muss dies vor dem relevanten Fertigungsschritt erfolgen.

Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass beim Umstempeln keine Verwechslungen auftreten können.

6.3.2 Verantwortliches Personal

Die Umstempelung muss durch vom Hersteller benannte Werksangehörige erfolgen; ausgenommen hiervon sind Teile, die ein Abnahmeprüfzeugnis (3.2) nach EN 10204:2004 erfordern, sowie Bauteile die als Kleinteile eingestuft sind.

Für Werkstoffe mit Abnahmeprüfzeugnissen (3.2) nach EN 10204:2004 erfolgt die Kennzeichnungsübertragung entsprechend den Anforderungen nach prEN 12952-6:2020.

ANMERKUNG Dies gilt nicht für Kleinteile, z. B. Nippel, Stutzen, Flansche, Verstärkungsringe mit Außendurchmesser $d_o \leq 142$ mm, die aus geprüften Erzeugnisformen hergestellt werden.

6.3.3 Kennzeichnungsverfahren

Im Allgemeinen sollte die Werkstoffkennzeichnung durch Hartstempeln unter Verwendung eines Metallstempels mit gerundeter Kontur oder durch Ätzen erfolgen.

ANMERKUNG Andere Kennzeichnungsverfahren dürfen angewendet werden, wenn der Hersteller sicherstellen kann, dass die Sicherheit des Kessels dadurch nicht gefährdet wird.

6.3.4 Kennzeichnung nicht drucktragender Teile

Für nicht drucktragende Anschweißteile ist die Übertragung der Kennzeichnung nur dann erforderlich, wenn die Zuordnung der Werkstoffe sich nicht eindeutig aus der Zeichnung oder der Stückliste ergibt.

6.3.5 Kennzeichnung von Schrauben und Muttern

Schrauben und Muttern für drucktragende Teile müssen mit dem Herstellerkennzeichen und dem Symbol der Festigkeitsklasse oder der Werkstoffbezeichnung nach EN ISO 4759-1:2000 gekennzeichnet sein.

6.4 Kennzeichnung während der Fertigung

6.4.1 Temporäre Kennzeichnung

Temporäre Kennzeichnungen mit dem Ziel der Identifikation während der Fertigung, wie z. B. Teile-Nr., Schweißer-Nr., Film-Nr. usw., sind nach einem oder einer Kombination der folgenden Verfahren auszuführen:

- a) mit Farbe oder Stift, vorausgesetzt, dass der zu kennzeichnende Werkstoff damit verträglich ist;
- b) mit Vibrationsätz- oder anderen Ätzgeräten;
- c) mit Metallstempel mit gerundeter Kontur.

6.4.2 Dauerhafte Kennzeichnung

Dauerhafte Kennzeichnungen, die den Anforderungen nach 6.2 entsprechen, sind nach einem oder einer Kombination der folgenden Verfahren auszuführen:

- a) mit Vibrationsätz- oder anderen Ätzgeräten;
- b) mit Metallstempel mit gerundeter Kontur;
- c) durch Anschweißen eines gestempelten Schildes an das Bauteil, wobei das Schweißverfahren qualifiziert sein muss.

6.4.3 Rohrbiegungen

Die Verwendung von Metallstempeln ist im verformten Bereich von Rohrbiegungen unzulässig.

6.4.4 Lagezeichnungen

Für Schweißer-Kennzeichnungen, Film-Nr. usw. können Lagezeichnungen vorgegeben werden.

7 Schneiden, Umformen und Fertigungstoleranzen

7.1 Schneiden des Werkstoffs

7.1.1 Schneidverfahren

Stahl muss durch thermisches Schneiden, Scheren, Sägen, mechanische Bearbeitung oder eine Kombination dieser Verfahren getrennt werden. Thermisches Schneiden kann in Abhängigkeit von Stahltyp und Wanddicke ein Vorwärmen erfordern; dies muss unter Berücksichtigung von 10.3.3 erfolgen. Es ist allgemein zulässig, die durch das Schneiden auf der Schere erzeugte kaltverfestigte Zone zu belassen, wenn diese beim Schweißen aufgeschmolzen wird.

7.1.2 Maßnahmen nach dem Schneiden

Werkstoff, der infolge des Zuschneidens, der Schweißkantenanarbeitung oder der Endenbearbeitung metallurgisch geschädigt wurde, muss entweder durch mechanische Bearbeitung, Schleifen, Spanen oder thermisches Schneiden bis auf das fehlerfreie Metall entfernt werden.

Oberflächen, die durch thermisches Schneiden hergestellt wurden, müssen durch mechanische Bearbeitung oder Schleifen soweit nachgearbeitet werden, bis alles verbrannte Metall, schädliche Kerben, Schlacke und Zunder beseitigt sind; bei unlegiertem Stahl sind leichte Verfärbungen an maschinell geschnittenen Kanten nicht als unzulässig zu bewerten. Wenn legierte Stähle durch thermisches Schneiden getrennt werden, muss die Oberfläche durch mechanische Bearbeitung oder durch Schleifen um mindestens 1,5 mm abgearbeitet werden, sofern nicht nachgewiesen werden kann, dass das Material durch den Schneidprozess nicht geschädigt wurde.

ANMERKUNG Diese Anforderungen an die Nachbearbeitung gelten nicht für Oberflächen, die für das Schweißen nach dem Elektroschlacke-Verfahren hergestellt werden; hierfür ist das thermische Schneiden ohne weitere Nachbehandlung im Allgemeinen zulässig.

Nach dem Anarbeiten der Schweißkanten müssen diese einer Sichtprüfung auf Freiheit von Fehlstellen, Rissen, Doppelungen, Schlackeneinschlüssen oder anderen Fehlern unterzogen werden, bevor weitere Arbeiten ausgeführt werden. Schweißreparaturen an defekten Werkstoffen, die infolge des thermischen Schneidens erforderlich werden, müssen nach einem qualifizierten Schweißverfahren durchgeführt werden.

7.2 Umformen von Trommeln, Sammlern und Böden

7.2.1 Allgemeines

Trommeln, Sammler und Böden müssen durch Walzen oder Pressen aus Blech, Freiformschmieden, Einziehen, Extrudieren oder eine Kombination dieser Verfahren hergestellt werden. Für Bauteile, die durch Schmieden, Einziehen oder Extrudieren hergestellt werden, sind die Vorgaben der Werkstoffhersteller zu berücksichtigen und mit dem Kesselhersteller zu vereinbaren.

Bauteile, die aus ferritischem Stahlblech geformt werden, müssen nach 10.2.2 bis einschließlich 10.2.4 wärmebehandelt werden. Die Aufheizung, die für die Umformprozesse erforderlich ist, und die Anforderungen an die Wärmebehandlung nach dem Umformen sind in 10.2 angegeben.

Die Festlegung der Anforderungen an die Umformung austenitischer Stahlbleche ist derzeit in Vorbereitung. In der Zwischenzeit sind Verfahren anzuwenden, die mit einem geprüften Verfahren des Herstellers übereinstimmen und sicherstellen, dass die Sicherheit des Kessels durch ihre Anwendung nicht gefährdet ist.

7.2.2 Trommel- und Sammlermäntel

Die Mantelbleche müssen entweder kalt oder warm umgeformt werden, um die Einhaltung der Toleranzen nach 7.4 sicherzustellen. Jeder Mantel muss mit der erforderlichen Kontur bis an die äußerste Kante des Bleches gerundet sein. Das Biegen oder Pressen muss vollständig maschinell erfolgen. Die Begriffe für Warm- und Kaltumformung sind in 3.1 und 3.2 angegeben.

Örtliches Wärmen und Hämmern ist unzulässig.

7.2.3 Böden

Kümpeln bzw. Bördeln, entweder warm oder kalt, muss so ausgeführt werden, dass die Einhaltung der Toleranzen nach 7.4 sichergestellt ist. Die Formgebung muss maschinell erfolgen. Abschnittsweises Pressen ist unzulässig.

7.2.4 Geschweißte Bleche vor der Warm- oder Kaltumformung

Soweit möglich, sind Mäntel und Böden aus einem Stück Blech durch Walzen oder Pressen herzustellen. Ist dies nicht möglich, ist das Stumpfschweißen von Blechen vor dem Umformen unter der Voraussetzung zulässig, dass die Schweißverbindungen nach dem Umformen zerstörungsfrei entsprechend den Anforderungen nach prEN 12952-6:2020 geprüft werden, und die Schweißung durch eine Verfahrensprüfung nach EN ISO 15614-1:2017, Stufe 2 qualifiziert ist, wobei die Wärmebehandlungszyklen bei der Herstellung berücksichtigt werden müssen. Eine Arbeitsprobe für die Schweißnaht ist nach den Festlegungen in 10.2.5 vorzusehen.

7.2.5 Aushalsungen an Sammlern

Jede Aushalsung an Sammlern muss an der Kehle einen Radius aufweisen, der nicht kleiner als die Halslänge der Ausziehung ist.

7.3 Formen von Rohrbiegungen

7.3.1 Allgemeines

Rohre, die warm oder kalt gebogen werden, müssen den Anforderungen nach 7.3.2 bis 7.3.12 entsprechen.

Dieser Unterabschnitt gilt nicht für Formstücke nach EN 10253-2:2007 und EN 10253-4:2008.

Anhang A fordert die Durchführung von Verfahrensprüfungen an Rohrbiegungen. Es wird darauf hingewiesen, dass nicht alle zulässigen Kombinationen von Werkstoffen und Biegeverfahren sowie die zugehörigen in Tabelle 2 aufgeführten Wärmebehandlungen die Anforderungen für die Verfahrensprüfung nach 7.3.2 bis 7.3.13 sowie nach Anhang A erfüllen. Der Hersteller sollte sicherstellen, dass durch jede Kombination von Werkstoff, Biegeverfahren und gewählter Bogengeometrie Biegungen erzielt werden, die die Anforderungen nach 7.3 erfüllen. Entspricht die gewählte Bogengeometrie nicht den Anforderungen nach 7.3, sollte der Hersteller die Auslegung abändern, damit die Anforderungen erfüllt werden können.

7.3.2 Verfahrensprüfung für Rohrbiegungen

Durch eine Verfahrensprüfung für Rohrbiegungen (siehe Anhang A) muss nachgewiesen werden, dass Rohre in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 7.3.1 zufrieden stellend gebogen werden können. Die Prüfungen müssen mit repräsentativen Kombinationen von Rohrabmessungen, Werkstoffen und Biege-
radien so durchgeführt werden, dass die Angemessenheit des gewählten Biegeverfahrens nachgewiesen werden kann. Der Geltungsbereich der Qualifikation für das Rohrbiegen nach diesen Verfahrensprüfungen ist ebenfalls in Anhang A beschrieben. Die Ergebnisse der Verfahrensprüfung sind zu dokumentieren und als Nachweis für alle weiteren Biegungen heranzuziehen, die durch den Geltungsbereich der geprüften Parameterkombinationen abgedeckt sind.

Werden spezifische Probebögen nach Tabelle 1 vor Fertigungsbeginn hergestellt und entsprechen diese den Anforderungen nach 7.3.1, dienen die dokumentierten Ergebnisse zur Qualifikation nachfolgender Fertigungslose und dürfen als den Anforderungen nach Anhang A entsprechend gewertet werden.

ANMERKUNG Dokumentierte Ergebnisse früherer erfolgreicher Verfahrensprüfungen für das Biegen von Rohren dürfen als Erfüllung dieser Anforderungen herangezogen werden.

7.3.3 Anforderungen an die Abmessungsprüfung

Die Verschwächung auf der Bogenaußenseite, die Verdickung auf der Bogeninnenseite (wenn gefordert) und die Unrundheit sind mit den Verfahren nach Tabelle 1 nachzuweisen.

ANMERKUNG Diese Prüfung gilt für das Biegen von Rohren für die üblichen Wasserrohrkessel. Für Sonderfälle von gewickelten Kesseln und gewickelten Überhitzern gilt Anhang D.

Tabelle 1 — Anforderungen an die Abmessungsprüfung von Rohrbögen aus einer Fertigungsserie

Rohrabmessung — Nenn-Außendurchmesser d_o mm	Prüfung während einer Fertigungsserie von Rohrbögen
$d_o \leq 80$	a) Zerstörungsfreie Messung an 2 % der Fertigungsserie einschließlich des ersten Bogens auf Verschwächung und Unrundheit u . b) Wenn $r_b/d_o < 1,3$, ist zusätzlich ein Probebogen vor Fertigungsbeginn erforderlich.
$80 < d_o \leq 142$	a) Zerstörungsfreie Messung an 2 % der Fertigungsserie einschließlich des ersten Bogens auf Verschwächung, Verdickung (wenn möglich) und Unrundheit u . b) Wenn $r_b/d_o < 1,3$, ist zusätzlich ein Probebogen vor Fertigungsbeginn erforderlich.
$d_o > 142$	Messung aller Bögen auf Verschwächung, Verdickung und Unrundheit u .
ANMERKUNG 1 Die Prüfung eines Probebogens besteht in der Trennung des Probestückes und Messung der maximalen Verschwächung, der Verdickung (soweit möglich) sowie der maximalen Unrundheit. Die Bewertung der Messgrößen erfolgt nach den Anforderungen in 7.3.4, 7.3.5 und 7.3.7. ANMERKUNG 2 Ein Fertigungslos ist festgelegt als eine Serie von Rohren gleicher Abmessung, gleichen Werkstoffs, die auf der gleichen Maschine mit der gleichen Maschineneinstellung gebogen werden. ANMERKUNG 3 Die Unrundheit u wird im Scheitelpunkt des Bogens gemessen. ANMERKUNG 4 Der Biegeradius r_b wird zur Mittellinie des Rohrbogens gemessen. ANMERKUNG 5 Der Rohraußendurchmesser d_o wird am geraden Rohr gemessen. ANMERKUNG 6 Diese Tabelle gilt nicht für gewinkelte Kessel (siehe Anhang D).	

7.3.4 Verschwächung der Bogenaußenseite für Rohre mit Nenn-Außendurchmesser ≤ 142 mm

Die Wanddicke darf nach dem Biegen an keiner Stelle den Wert unterschreiten, der sich aus folgender Gleichung ergibt:

$$e_{\text{ext}} = e_{\text{act}} \times \frac{2r_b/d_o + 0,5}{2r_b/d_o + 1} \quad (7.1)$$

dabei ist:

- e_{ext} die erforderliche Mindestwanddicke auf der Bogenaußenseite, in mm;
- e_{act} die Nenn-Wanddicke des gelieferten Rohres abzüglich des maximalen unteren Grenzabmaßes für die Rohrfertigung, in mm;
- r_b der Biegeradius, gemessen zur Mittellinie des Rohrbogens, in mm;
- d_o der Nenn-Außendurchmesser des Rohres, in mm.

Wenn der gemessene Wert an der Rohrbiegung geringer ist als e_{ext} , ist auf die berechnete Mindestwanddicke nach EN 12952-3:2011, 11.3 zu verweisen.

Für Rohrbiegungen, die in zwei Umformschritten hergestellt werden — d. h. durch Warmbiegen nach vorherigem Warm- oder Kaltbiegen — darf die Verschwächung auf der Bogenaußenseite bei der

Verfahrensprüfung 30 % der Wanddicke des an den Bogen anschließenden geraden Rohres nicht überschreiten.

7.3.5 Verdickung auf der Bogeninnenseite für Rohre mit Nenn-Außendurchmesser über 80 mm bis einschließlich 142 mm

Die Wanddicke darf nach dem Biegen an keiner Stelle den Wert unterschreiten, der sich aus folgender Gleichung ergibt:

$$e_{\text{int}} = e_{\text{act}} \times \frac{2r_b/d_o - 0,5}{2r_b/d_o - 1} \quad (7.2)$$

dabei ist:

- e_{int} die erforderliche Mindestwanddicke auf der Bogeninnenseite, in mm;
- e_{act} die Nenn-Wanddicke des gelieferten Rohres abzüglich des maximalen unteren Grenzabmaßes für die Rohrfertigung, in mm;
- r_b der Biegeradius, gemessen zur Mittellinie des Rohrbogens, in mm;
- d_o der Nenn-Außendurchmesser des Rohres, in mm.

Wenn der gemessene Wert am Rohrbogen geringer ist als e_{int} , ist auf die berechnete Mindestwanddicke nach EN 12952-3:2011, 11.3 zu verweisen.

7.3.6 Verschwächung/Verstärkung auf der Bogenaußen-/innenseite für Rohre mit Nenn-Außendurchmesser > 142 mm

Für Rohre mit einem Außendurchmesser über 142 mm erfolgt die Bewertung anhand der berechneten Wanddicken nach EN 12952-3:2011, 11.3. Die berechnete Wanddicke ist in der Zeichnung anzugeben.

7.3.7 Unrundheit von Rohrbiegungen

Die Unrundheit von Rohrbiegungen wird nach folgender Gleichung berechnet:

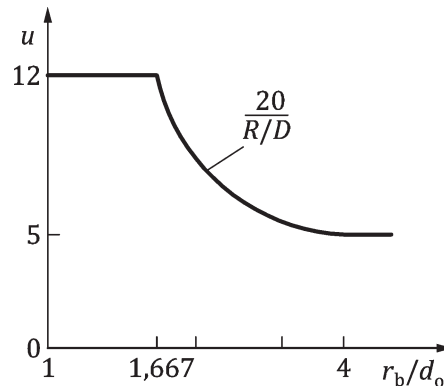
$$u = 2 \times \frac{\hat{d}_o - \check{d}_o}{\hat{d}_o + \check{d}_o} \times 100 \quad (7.3)$$

dabei ist:

- u die Unrundheit, in %;
- $\hat{d}_o$ der maximale Außendurchmesser, gemessen im Scheitelpunkt des Bogens, in mm;
- $\check{d}_o$ der minimale Außendurchmesser, gemessen im gleichen Querschnitt des Bogens wie $\hat{d}_o$, in mm.

Die zulässige Unrundheit muss innerhalb der Grenzen liegen, die sich aus Bild 1 und Bild 2 ergeben.

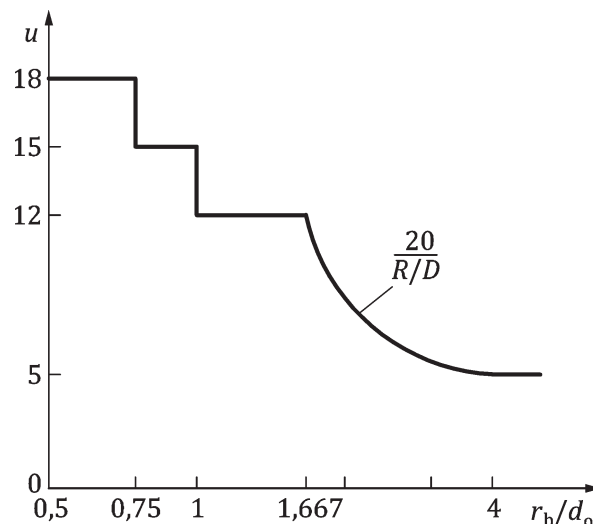
- a) Die Unrundheit von Rohrbiegungen, die in einem Umformschritt hergestellt wurden, darf die Grenzen nach Bild 1 nicht überschreiten.
- b) Die Unrundheit von Rohrbiegungen mit einem Nenn-Außendurchmesser ≤ 80 mm, die in zwei Umformschritten hergestellt werden — d. h. durch Warmpressen nach vorherigem Biegen und nachfolgender Wärmebehandlung nach Tabelle 2 — darf die Grenzen nach Bild 2 nicht überschreiten.



Legende

u Unrundheit
 r Verhältnis r_b/d_o

Bild 1 — Zulässige Unrundheit für in einem Umformschritt hergestellte Biegungen



Legende

u Unrundheit
 r Verhältnis r_b/d_o

Bild 2 — Zulässige Unrundheit für in zwei Umformschritten hergestellte Biegungen

7.3.8 Wärmebehandlung von Rohrbiegungen nach dem Biegen

Die Wärmenachbehandlung (PBHT) von durch Warm- oder Kaltumformen hergestellten Rohrbiegungen muss den folgenden Regeln entsprechen:

- für alle durch Warm- und durch Kaltumformen hergestellten Rohrbiegungen einschließlich der im Anschluss an eine Kaltbiegung warmgeformten Biegungen, die eine Wärmebehandlung nach dem Biegen erfordern, ist diese entsprechend den Anforderungen nach 7.3.9 durchzuführen; Ausnahmen sind unter b) oder e) genannt;
- durch Warmumformen hergestellte Rohrbiegungen mit einem Rohraußendurchmesser ≤ 80 mm aus Stählen der Stahlgruppe 1 erfordern keine Wärmebehandlung nach dem Biegen, wenn nachgewiesen werden kann, dass das Biegen im Temperaturbereich der Normalisierungsbehandlung, wie er in der zutreffenden Werkstoffnorm bzw. dem Werkstoffdatenblatt festgelegt ist, durchgeführt wurde;

- c) alle durch Kaltumformen hergestellten Rohrbiegungen, für die in der Verfahrensprüfung eine Verschwächung im Bogenaußenbereich von $> 25 \%$ ermittelt wurde, sind nach den Anforderungen in 7.3.9 einer Wärmebehandlung zu unterziehen;
- d) die in Tabelle 2 für kaltgeformte Rohrbiegungen festgelegte Wärmenachbehandlung ist entsprechend den Anforderungen nach 7.3.9 durchzuführen;

Tabelle 2 — Wärmebehandlung kaltgebogener Rohre nach dem Biegen

d_o mm	Biegungsverhältnis	Wärmebehandlung
$d_o > 142$	$r_b/d_o > 2,5$	Nicht erforderlich
$d_o > 142$	$r_b/d_o \leq 2,5$	Spannungsarmglühen
$d_o \leq 142$	$r_b/d_o > 1,3$	Nicht erforderlich
$d_o \leq 142$	$r_b/d_o \leq 1,3$	Spannungsarmglühen

- e) auf eine Wärmebehandlung nach dem Biegen darf verzichtet werden, wenn durch eine geeignete Verfahrensprüfung nachgewiesen werden kann, dass eine Wärmebehandlung nicht erforderlich ist;
- f) für warmgeformte Biegungen ist eine örtliche Wärmenachbehandlung des Rohrbogens unzulässig. Jede Wärmebehandlung nach dem Biegen, die eine Normalisierungsbehandlung einschließt, muss den Bogen und die benachbarten geraden Rohrlängen umfassen.

7.3.9 Anforderungen an die Wärmebehandlung nach dem Biegen

7.3.9.1 Ferritische Rohre

Mit Ausnahme der in 7.3.8 festgelegten Fälle sind alle Rohrbiegungen einer Wärmenachbehandlung wie folgt zu unterziehen:

a) Warmgeformte Biegungen

Alle warmgeformten Biegungen einschließlich der Biegungen, die nach dem Kaltbiegen warmgepresst wurden, sind einer Wärmebehandlung zu unterziehen, um die optimalen Bedingungen der Werkstoffeigenschaften wiederherzustellen. Die anzuwendende Wärmebehandlung nach dem Biegen muss den Anforderungen der zutreffenden Werkstoffnorm bzw. des Werkstoffdatenblattes entsprechen.

Für warmgeformte Biegungen ist eine örtliche Wärmenachbehandlung des Rohrbogens unzulässig. Jede Wärmebehandlung nach dem Biegen, die eine Normalisierungsbehandlung einschließt, muss den Bogen und die benachbarten geraden Rohrlängen umfassen.

b) Kaltgeformte Biegungen

Wenn für vergütete Werkstoffe ein Spannungsarmglühen erforderlich ist, sind die entsprechenden Anforderungen für die Anlassbehandlung nach der zutreffenden Werkstoffnorm bzw. dem Werkstoffdatenblatt anzuwenden.

Wenn für ausschließlich normalgeglühte Werkstoffe ein Spannungsarmglühen erforderlich ist, sind die Anforderungen für die Wärmebehandlung nach dem Biegen nach Tabelle 12 und Tabelle 13 anzuwenden.

Andere Verfahren des Spannungsarmglühens dürfen angewendet werden, wenn durch eine Verfahrensprüfung nachgewiesen werden kann, dass diese angemessen sind.

7.3.9.2 Austenitische Rohre

Für kaltgeformte Rohrbiegungen aus austenitischen Werkstoffen ist gewöhnlich keine Wärmenachbehandlung erforderlich.

Warmgeformte Rohrbiegungen aus austenitischen Werkstoffen, einschließlich Biegungen, die in zwei Schritten geformt wurden, erfordern eine neue Wärmebehandlung durch Lösungsglühen sowie anschließendes und ausreichend beschleunigtes Abkühlen in Wasser und Luft entsprechend der Werkstoffspezifikation.

Der Wärmebehandlungsprozess sollte die Maßnahmen gegen Bauteilverformung berücksichtigen.

7.3.10 Falten auf der Bogeninnenseite

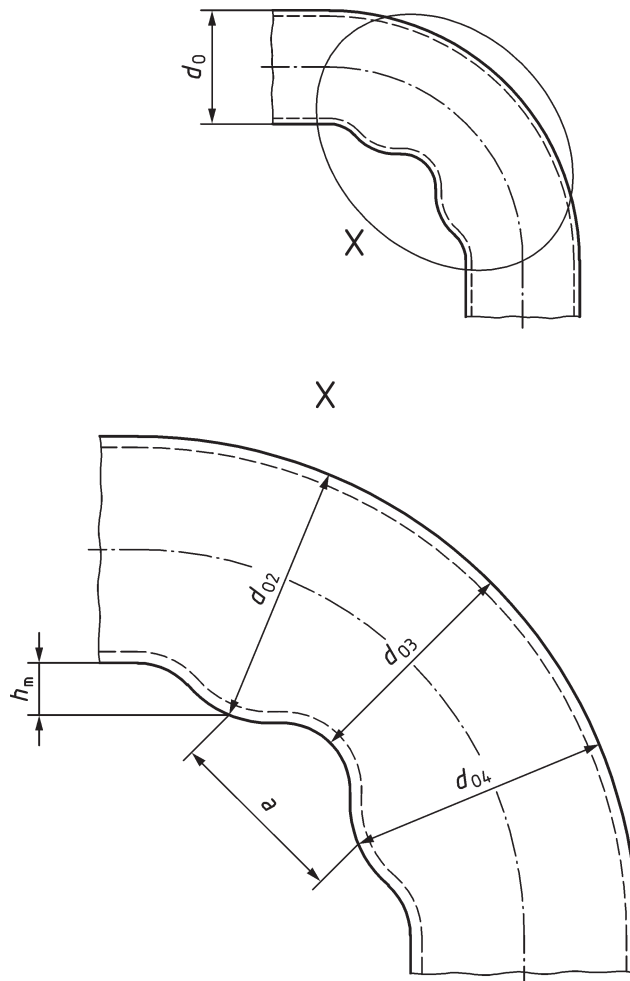
7.3.10.1 Allgemeines

Falten sind mehrfache Wellen wie wellenförmige Unebenheiten (Welligkeit) auf der Bogeninnenseite, siehe Bild 3.

Abweichungen vom Nennbogenprofil sind örtlich begrenzte Abweichungen vom glatten normalen Profil der Bogeninnenseite, z. B. Unebenheiten, die mitunter am Beginn von auf einen Dorn gestützten Biegungen bei kleinem Rohrdurchmesser auftreten.

7.3.10.2 Annahmekriterien

- a) An Rohrbiegungen mit einem Nenn-Außendurchmesser ≤ 80 mm sind keine Falten zulässig. Abweichungen vom Nennbogenprofil sind zulässig, wenn der höchste und niedrigste Grenzwert der Unrundheit den Anforderungen in 7.3.7 entspricht.
- b) An Rohrbiegungen mit einem Nenn-Außendurchmesser > 80 mm und ≤ 142 mm sind Falten und Abweichungen vom Nennbogenprofil unzulässig.
- c) Rohrbiegungen mit einem Nenn-Außendurchmesser > 142 mm dürfen Falten auf der Bogeninnenseite innerhalb der nach Bild 3 vorgegebenen Grenzen aufweisen, wenn diese Falten ein glattes Profil haben und flach auslaufen. Abweichungen vom Nennbogenprofil sind unzulässig.



Legende

$d_0, d_{02}, d_{03}, d_{04}, \dots$ usw. ist der an der jeweiligen Position gemessene Außendurchmesser des Rohres.

ANMERKUNG Zur Verdeutlichung wurden die Falten übermaßstäblich gezeichnet.

Bild 3 — Falten an Rohrbögen

Falten sind zulässig, wenn die folgenden zwei Bedingungen eingehalten werden:

$$\text{Amplitude der Falten } h_m = 0,5 (d_{02} + d_{04}) - d_{03} < 0,03 d_0 \quad (7.4)$$

$$\text{Wellenabstand } a > 12 h_m \quad (7.5)$$

7.3.11 Oberfläche der Rohrbiegungen

Die Oberfläche der Rohrbiegungen muss frei von Fehlern wie Rissen, Eindrücken, Riefen und Einschürfungen sein. Oberflächenfehler dürfen durch Schleifen beseitigt werden. In derartigen Fällen darf die Wanddicke die berechnete Mindestwanddicke nach EN 12952-3:2011, 11.3 nicht unterschreiten.

Die Oberfläche der Rohrbiegung muss sich in einem Zustand befinden, der eine sachgerechte Sichtprüfung ermöglicht.

Bereiche der Rohrbögen, die zur Beseitigung von Oberflächenfehlern beschliffen wurden, sind einer Oberflächenrissprüfung zu unterziehen, um sicherzustellen, dass die Fehlstellen vollständig beseitigt wurden.

Ausbesserungen der Rohroberfläche durch Schweißen sind im Allgemeinen unzulässig. In Ausnahmefällen sind an Rohren mit Nenn-Außendurchmesser ≥ 142 mm Reparaturen zulässig, wenn das angewendete Schweißverfahren qualifiziert ist und folgende Punkte berücksichtigt werden:

- a) die Größe der Reparaturzone;
- b) die verwendete Werkstoffsorte;
- c) der Durchmesser und die Wanddicke des Bogens;
- d) die Wärmebehandlungsbedingungen;
- e) die Betriebstemperatur der Rohrbiegung.

7.3.12 Gruppenbiegung von Rohrwänden

Durch Gruppenbiegung hergestellte Rohrbiegungen müssen in allen Anforderungen den Einzelrohrbiegungen entsprechen, siehe A.2.4.7.

Die Unrundheit ist während der Fertigung an den beiden äußeren Rohren eines Rohrwandelementes zu messen. Das Ergebnis ist mit den Anforderungen nach 7.3.7 zu bewerten. Aus Gründen der Durchführbarkeit sollte die Größe $\hat{d}_o$ in der Gleichung (7.3) durch den Außendurchmesser — gerade gemessen — ersetzt werden.

7.3.13 Biegen von Verbundrohren

Das angewendete Biegeverfahren für metallurgisch hergestellte Verbundrohre muss den Anforderungen nach 7.3 entsprechen. Zusätzlich sind besondere Empfehlungen des Rohrherstellers zu berücksichtigen.

7.3.14 Fertigung von Rohrreduzierstücken

7.3.14.1 Ferritische Werkstoffe

- a) Kaltgeformte Reduzierstücke

Ferritische Rohre $d_o < 100$ mm können mittels Reduzierstücken kaltgeformt werden. Das Verfahren sollte durch eine Prüfung bestätigt werden.

Erfolgt beim Umformen der Stränge eine Erhöhung der Werkstoffhärte von > 80 HV10, sollten die geformten Teile bei einer Temperatur nach Tabelle 12 angelassen werden.

- b) Warmgeformte Reduzierstücke

Reduzierstücke aus ferritischen Rohren mit $d_o \geq 100$ mm sind durch Warmformen herzustellen. Dieses Verfahren sollte durch eine Prüfung bestätigt werden. Warm reduzierte Rohre sollten wie warmgebogene behandelt werden [siehe 7.3.9.1 a)]. Reduzierte Rohre, die normalisiert oder wärmebehandelt wurden, sollten einer vollständigen Wärmebehandlung unterzogen werden.

7.3.14.2 Austenitische Werkstoffe

- a) Kaltgeformte Reduzierstücke

Kaltgeformte Reduzierstücke aus austenitischem Stahlrohr sollten wie kaltgebogene Rohrbiegungen nach 7.3.9.2 behandelt werden.

b) Warmgeformte Reduzierstücke

Warmgeformte Reduzierstücke aus austenitischem Stahlrohr sollten gemeinsam mit dem angeschlossenen unverformten Rohr einer erneuten Wärmebehandlung entsprechend der Werkstoffspezifikation unterzogen werden.

7.4 Toleranzen für Trommel- und Sammlerfertigung

7.4.1 Toleranzen für den Zusammenbau von aus Blech gefertigten Schüssen und Böden

7.4.1.1 Allgemeines

Mittellinien- und Oberflächenversatz sind wie nachfolgend angegeben zulässig; dabei ist e_a die Ist-Wanddicke des dünneren Bleches im Schweißstoß.

7.4.1.2 Mittellinienversatz-Toleranzen

Die Wurzelstege der Schweißkanten sind innerhalb der zulässigen Toleranz, die die Schweißverfahrensspezifikation angibt, und die Bauteile sind entsprechend den Angaben in den Zeichnungen unter Berücksichtigung der folgenden Toleranzen auszurichten.

- a) Bei Längsnähten in zylindrischen Bauteilen sind die zu verbindenden Teile bezüglich der Mittellinie innerhalb der Grenzen nach Tabelle 3 auszurichten.

Tabelle 3 — Mittellinienversatz für Längsnähte in zylindrischen Bauteilen

Wanddicke e_a mm	Mittellinienversatz mm
$e_a \leq 10$	≤ 1
$10 < e_a \leq 50$	$\leq e_a/10$ oder 3, wobei der geringere Wert gilt
$e_a > 50$	$\leq e_a/16$ oder 10, wobei der geringere Wert gilt

- b) Bei Rundnähten sind die zu verbindenden Teile bezüglich der Mittellinie innerhalb der Toleranzen nach Tabelle 4 auszurichten.

Tabelle 4 — Mittellinienversatz für Rundnähte in zylindrischen Bauteilen

Wanddicke e_a mm	Mittellinienversatz mm
$e_a \leq 10$	≤ 1
$10 < e_a \leq 60$	$\leq 10 \%$ der Dicke der Innenseite + 1 oder 6, wobei der geringere Wert gilt
$e_a > 60$	$\leq 10 \%$ der Dicke der Innenseite

7.4.1.3 Oberflächenversatz-Toleranzen

a) Die folgenden Toleranzen dürfen nicht überschritten werden:

1) Bei Längsnähten nach Tabelle 5

Tabelle 5 — Oberflächenversatz bei Längsnähten in Zylindern

Wanddicke e_a mm	Oberflächenversatz mm
$e_a \leq 12$	$\leq e_a/4$
$10 < e_a \leq 50$	≤ 3
$e_a > 50$	$\leq e_a/16$ oder 10, wobei der geringere Wert gilt

2) Bei Rundnähten nach Tabelle 6

Tabelle 6 — Oberflächenversatz bei Rundnähten in Zylindern

Wanddicke e_a mm	Oberflächenversatz mm
$e_a \leq 20$	$\leq e_a/4$
$20 < e_a \leq 40$	≤ 5
$e_a > 40$	$\leq e_a/8$ oder 20, wobei der geringere Wert gilt

oder

b) wenn die Toleranzen nach a) überschritten werden, darf/dürfen die Oberfläche(n) so schräg angepasst werden, dass die Schräge über einen Bereich, der die Breite der Schweißnaht einschließt, nicht steiler ist, als nach EN 12952-3:2011, 8.1.1.1 b) oder gegebenenfalls 10.2.2.4 zulässig ist.

Folgende Verfahren der Abschrägung sind zulässig:

- 1) Aufbau der Oberfläche des dünneren Bleches durch Schweißgut unter Anwendung einer zugelassenen Schweißanweisung, um die erforderliche Schräge zu ermöglichen; oder
- 2) Bearbeitung einer oder beider Oberflächen des dickeren Bleches.

Eine Bearbeitung der Oberfläche nach Verfahren 2) ist dann unzulässig, wenn sie an der jeweiligen Stelle des Bauteils zu einer Unterschreitung der erforderlichen Mindestwanddicke führt.

7.4.2 Toleranzen des Mantels im Endzustand

7.4.2.1 Durchmesser-toleranz

Der Durchmesser einer Trommel darf vom Nenndurchmesser nicht mehr als $\pm 1\%$ abweichen.

7.4.2.2 Rundheit (Unrundheit)

Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Innendurchmesser in jedem Querschnitt darf 1 % des Nenn-Innendurchmessers nicht überschreiten. Wenn die Trommel aus Blechen ungleicher Wanddicke hergestellt wurde, ist das Ergebnis der Messung der Wanddicken so zu korrigieren, dass die Durchmesser auf die Mittellinie der Bleche bezogen werden.

Unregelmäßigkeiten im Profil, gemessen mittels einer Schablone mit einem Bogen von 20°, dürfen einen Wert von 3 mm plus 5 % der Mindestwanddicke nicht überschreiten. Der maximale Grenzwert darf um 25 % höher liegen, wenn die Ausdehnung dieser Unregelmäßigkeit einen Bereich von 1/4 der Mantellänge, höchstens jedoch 1 000 mm nicht überschreitet.

An den Schweißnähten dürfen keine Abflachungen vorliegen, und alle örtlichen Abweichungen von der runden Form müssen sanfte Übergänge aufweisen. Kaltwalzen des geschweißten Mantels zum Nachrunden geringer Abweichungen von der Rundheit ist zulässig. In diesem Fall sind die zerstörungsfreien Prüfungen der Schweißnähte nach prEN 12952-6:2020 nach dem Kaltwalzen durchzuführen.

7.4.2.3 Geradheit

Die maximale Grenzabweichung von der Geraden für den gesamten Mantel darf 0,3 % der gesamten zylindrischen Länge nicht überschreiten. Die Messung muss dabei auf der Oberfläche des Mantels erfolgen und nicht an einer Schweißnaht, einem Anschweißteil oder einem sonstigen erhabenen Teil.

7.4.3 Toleranzen für Böden im Endzustand

7.4.3.1 Durchmesser toleranzen

Es gelten die Anforderungen nach 7.4.2.1.

7.4.3.2 Rundheit (Unrundheit)

Es gelten die Anforderungen nach 7.4.2.2.

7.4.3.3 Dicke

Wanddickenänderungen (Verschwächungen), die während der Herstellung auftreten, müssen sanfte Übergänge aufweisen. Keinesfalls darf die Dicke des Bodens die Auslegungsdicke nach EN 12952-3:2011, 10.2 unterschreiten.

7.4.3.4 Profil

Die Wölbungstiefe, gemessen vom Übergang des zylindrischen Bordes zum Krepfenradius, darf nicht geringer als die theoretische Höhe sein; darüber hinaus darf diese Höhe — für Böden bis einschließlich 3 000 mm Durchmesser — eine zusätzliche Erhöhung von 1,25 % des Durchmessers nicht überschreiten. Änderungen des Profils dürfen nicht abrupt auftreten, sondern müssen allmählich in die spezifizierte Form übergehen. Der Krepfenradius darf nicht kleiner als spezifiziert sein, und er muss im gesamten Übergang gemeinsame Tangenten zwischen dem zylindrischen Bord und der Wölbung aufweisen.

8 Schweißen

8.1 Konstruktive und sonstige das Schweißen betreffende Anforderungen

8.1.1 Allgemeines

Die nachfolgend aufgeführten spezifischen Anforderungen an Schweißarbeiten sind vor der Fertigung zu beachten.

ANMERKUNG 1 Ein allgemeiner Leitfaden für das Schweißen ferritischer Stähle ist in EN 1011-1 und EN 1011-2 sowie für austenitische Stähle in EN 1011-3 angegeben, der als Ergänzung zu den schweißtechnischen Anforderungen nach diesem Dokument herangezogen werden kann.

ANMERKUNG 2 Der Technische Bericht CEN ISO/TR 15608:2017 beschreibt die Grundsätze der Einteilung von schweißfähigen Werkstoffen mit vergleichbaren typischen Eigenschaften in Gruppen. Der Technische Bericht CEN ISO/TR 20172 enthält die detaillierte Einteilung der EN-Werkstoffe in Gruppen auf der Grundlage dieses Dokuments.

8.1.2 Werkstoffauswahl hinsichtlich Schweißen

Die Auswahl der Werkstoffe für drucktragende Teile und für alle Anschweißteile muss so erfolgen, dass die erforderlichen Schweißarbeiten die Gebrauchstauglichkeit des Bauteils nicht beeinträchtigen.

Die Auswahl der Schweißzusätze muss so erfolgen, dass die für die Auslegung geforderte Festigkeit der Quernähte erreicht wird. Die in 8.7 beschriebenen Auswirkungen der Wärmenachbehandlung auf die fertige Verbindung sind ebenfalls zu berücksichtigen.

8.1.3 Angabe der Schweißverbindungen in den Zeichnungen

Die bemaßten Zeichnungen der drucktragenden Hauptteile müssen die Lage der Hauptnähte und Anschweißteile enthalten; darüber hinaus müssen die Zeichnungen auch die Einzelheiten der Schweißnahtvorbereitung für die Hauptnähte und alle Anschweißteile sowie ihre Abstände zu den Längs- und Rundnähten sowie Ausschnitten aufzeigen.

8.1.4 Schweißvoraussetzungen

Schweißarbeiten zur Verbindung von Bauteilen eines Wasserrohrkessels dürfen nur dann ausgeführt werden, wenn folgende Anforderungen erfüllt sind:

- a) der Hersteller hat Schweißanweisungen nach EN ISO 15609 für jede Naht bzw. Nahtgruppe zusammengestellt;
- b) die vom Hersteller ausgewählten Schweißanweisungen sind für den Anwendungsbereich anerkannt;
- c) die Schweißer und Maschinenschweißer sind für die ihnen übertragenen Aufgaben qualifiziert und ihre Zulassung ist gültig.

8.1.5 Gasschweißen mit Sauerstoff-Acetylen-Flamme

Wenn das Gasschweißen mit Sauerstoff-Acetylen-Flamme vorgesehen ist, muss der Hersteller nachweisen, dass die Lage derartiger Nähte im Kessel zu keinen Problemen beim Betrieb des Kessels führen wird. Die Bedingungen für die Verfahrensprüfung müssen den Anforderungen der EN ISO 15614-1:2017, Stufe 2 oder EN ISO 15613:2004 entsprechen. Die Zulassung von Schweißern muss den Anforderungen der EN ISO 9606-1:2017 entsprechen.

8.1.6 Stumpfnähte in Rohrbögen

Stumpfnähte in Rohrbögen sind mit Ausnahme der Anwendung bei gewickelten Kesseln unzulässig, siehe Anhang D.

8.1.7 Abstand zwischen benachbarten Schweißnähten

Der Rand von Nähten zwischen Anschweißteilen und drucktragenden Hauptteilen sollte möglichst nicht näher als 40 mm an Hauptnähte heranreichen.

Können diese Abstände konstruktionsbedingt nicht eingehalten werden, müssen die Schweißnähte innerhalb der durch Schweißverbindungen beeinflussten Bereiche zerstörungsfrei geprüft werden können und unter Entfernen aller Kerben in diesem Bereich auf ein glattes Profil abgeschliffen werden.

In dem wie vorstehend beschrieben örtlich zu beschleifenden Bereich ist die Oberfläche zu 100 % einer zerstörungsfreien Prüfung entsprechend den Anforderungen nach prEN 12952-6:2020, Abschnitt 9 zu unterziehen.

Wenn diese letztgenannte Bedingung nicht eingehalten werden kann, muss die Naht des Anschweißteils die Hauptnaht vollständig kreuzen. In diesen Fällen sind die Oberfläche der Hauptnaht und die Anschweißnähte nach dem Anbringen des Anschweißteils örtlich zu beschleifen.

Der Bereich von Nähten der Anschweißteile, der Hauptnähte kreuzt, muss im Hinblick auf die anzuwendende zerstörungsfreie Prüfung als „lasttragend“ eingestuft werden. Die zerstörungsfreie Prüfung muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach prEN 12952-6:2020, 9.1.4 erfolgen.

Öffnungen für Abzweige sollten weitestmöglich außerhalb von Hauptnähten von Trommeln und Sammlern angeordnet werden. Der Abstand gilt als ausreichend, wenn der Abstand von der Schweißkante der Hauptnaht zu der Schweißkante des Abzweigs bzw. der aufgesetzten Verstärkung die Bedingung nach Tabelle 7 erfüllt.

Tabelle 7 — Abstand zwischen Abzweigen und Hauptnähten

Wanddicke e der Trommel bzw. des Sammlers mm	Abstand Δ mm
$e \leq 25$	$\Delta > 2 \times e$
$e > 25$	$\Delta > 50$

Wenn dieser Abstand konstruktionsbedingt nicht eingehalten werden kann, sind die Schweißnähte im Einflussbereich der Öffnung einer zerstörungsfreien Prüfung zu unterziehen und kerbfrei zu beschleifen.

In dem wie vorstehend beschrieben örtlich zu beschleifenden Bereich ist die Oberfläche zu 100 % einer zerstörungsfreien Prüfung entsprechend den Anforderungen nach prEN 12952-6:2020, Abschnitt 9 zu unterziehen.

Das Anbringen von Öffnungen in Längsnähten ist unzulässig. Das Anbringen einer Öffnung durch die Mitte von Rundnähten ist zulässig, sofern die Schweißnähte einer zerstörungsfreien Prüfung über die Länge der zu bearbeitenden Schweißnaht entsprechend den Anforderungen nach prEN 12952-6:2020, Abschnitt 9 unterzogen wurden.

8.1.8 Stumpfschweißnähte in Längsrichtung in Schüssen von Kesseltrommeln

Wenn die Schüsse von Kesseltrommeln nicht jeweils aus einzelnen Blechen hergestellt werden können, ist eine Minimierung der Längsschweißnähte anzustreben. Die zerstörungsfreie Schweißnahtprüfung der Hauptnähte — siehe prEN 12952-6:2020, Abschnitt 9 — muss nach der Beendigung des Formens bzw. Nachwalzens und gegebenenfalls nach Abschluss der Wärmebehandlung erfolgen.

8.1.9 Versatz von Stumpfschweißnähten in Längsrichtung bei zwei und mehr Schüssen

Wenn der Mantel einer Trommel aus zwei und mehr Schüssen hergestellt wird, sind die Längsnähte vor dem Schweißen der Rundnaht auszuführen. Die Längsnähte benachbarter Schüsse sind zu versetzen, es sei denn, die Konstruktion der Trommel lässt dies nicht zu, z. B. im Fall unterschiedlicher Nennblechdicken.

8.1.10 Verbindungen unterschiedlicher Werkstoffe

Die Baustellenschweißung von stark unterschiedlich legierten Stählen, z. B. von austenitisch/ferritischen Mischnähten, sollte weitestmöglich vermieden werden.

8.1.11 Schutz gegen Witterung

Um für das Schweißen angemessene Bedingungen zu schaffen, sind erforderlichenfalls Gerüste und Schutz gegen schädliche Witterungseinflüsse vorzusehen.

8.1.12 Verfügbarkeit der Schweißanweisung

Während der Fertigung muss eine Kopie der Schweißanweisung am Arbeitsplatz des Schweißers/Bedieners verfügbar sein.

8.2 Schweißzusätze

Elektroden, Schweißdrähte, Schweißstäbe, Pulver, aufschmelzbare Einlagen, Schutz- und Reinigungsgase müssen entweder:

- a) den relevanten Europäischen Normen entsprechen; oder
- b) wenn derartige Europäische Normen nicht bestehen, den zutreffenden nationalen Normen entsprechen.

Der Hersteller muss sicherstellen, dass die in der Schweißanweisung genannten Schweißzusätze bei der Fertigung Verwendung finden.

Alle Schweißzusätze einschließlich der Gase sind mit Sorgfalt zu lagern und zu handhaben; die Anwendung muss unter Berücksichtigung der Herstellerangaben erfolgen.

ANMERKUNG Dies ist insbesondere für die Aufheizung und Trocknung bei der Verwendung von Schweißzusätzen mit eingeschränktem Wasserstoffgehalt von Bedeutung.

Wenn Elektroden, Schweißdrähte, Schweißstäbe und aufschmelzbare Einlagen Beschädigungen oder Abnutzungen zeigen, wie z. B. geplatzte oder abblätternde Umhüllungen, Rost oder Schmutz bei Elektroden, dürfen diese nicht mehr verwendet werden. Pulver müssen sauber und trocken sein.

8.3 Schweißtechnische Anerkennungen

8.3.1 Anerkennung von Schmelzschweißverfahren

Die Anerkennung der Schweißanweisungen für Schmelzschweißverfahren muss nach EN ISO 15614-1:2017, Stufe 2 oder EN ISO 15613:2004 erfolgen (siehe prEN 12952-6:2020, Abschnitt 6).

Für alle Schweißnähte bei Verfahrensprüfungen sind elektrische Schweißdaten aufzuzeichnen.

Grenzen in Zusammenhang mit dem Anwendungsbereich der Wärmeeinbringung entsprechend WPS sind EN ISO 15614-1:2017, Stufe 2 zu entnehmen.

EN ISO 15614-1:2017, Stufe 2, 8.4.8 gilt für Werkstoffe für drucktragende Kesselteile entsprechend den Werkstoffgruppen 4 und 2 nach CEN ISO/TR 15608:2017 mit einer Schweißnahtdicke über 30 mm.

Zur Festlegung der Grenzen für die Wärmeeinbringung hinsichtlich der WPS für mehrlagige Schweißnähte sind die Mindest- bzw. Höchstwerte jeder einzelnen Lage zu bewerten.

Die Schweißverfahren für das Stumpfschweißen von metallurgisch hergestellten Verbundrohren sind entsprechend den Anforderungen nach EN ISO 15613:2004 anzuwenden. Zusätzlich sind besondere Empfehlungen des Rohrherstellers zu berücksichtigen. Die Schweißverfahren sind mit Verbundrohren der gleichen Spezifikation zu prüfen, wie sie im Kessel eingesetzt werden.

8.3.2 Anerkennung und Ausbildung von Schweißern

Die Anerkennung von Schweißern und Maschinenschweißern muss entsprechend EN ISO 9606-1:2017 und EN ISO 14732:2013, 4.2.1 bzw. 4.2.2 erfolgen (siehe prEN 12952-6:2020, Abschnitt 7). Für Ausbildung, Aufsicht und Kontrolle der Schweißer sowie der Maschinenschweißer ist der Hersteller verantwortlich.

Schweißer für das Stumpfschweißen von metallurgisch hergestellten Verbundrohren müssen entsprechend den Anforderungen nach EN ISO 9606-1:2017 und EN ISO 14732:2013, 4.2.1 bzw. 4.2.2 anerkannt sein. Zusätzlich sind besondere Empfehlungen des Rohrherstellers zu berücksichtigen. Die Schweißeranerkennungen sind mit Verbundrohren der gleichen Spezifikation zu prüfen, wie sie im Kessel eingesetzt werden.

Für Druckgeräte sind dauerhafte Schweißnähte in den Kategorien II, III und IV, der Listenpunkt 9.3 c) nach EN ISO 9606-1:2017 und der Listenpunkt 5.3 c) nach EN ISO 14732:2013 nicht zulässig.

ANMERKUNG Frühere Qualifikationen nach EN 287-1 oder EN 1418 bleiben gültig, solange ihre Gültigkeit nicht abgelaufen ist.

8.4 Allgemeine Anforderungen an die Herstellung von Schweißnähten

8.4.1 Oberflächenzustand vor dem Schweißen

Die Schweißflanken und der angrenzende Werkstoff der Innen- und Außenflächen müssen trocken und gänzlich frei von Fett, Öl, Schmiermittel, Kennzeichnungsfarbe, Zunder oder anderen Verunreinigungen sein, so dass ein gesäubelter Bereich der Metallfläche neben den Schweißkanten vorhanden ist, dessen Breite ausreicht, um eine Verunreinigung der Naht zu vermeiden. Für die Reinigung sind entsprechend verträgliche Materialien zu verwenden.

8.4.2 Zusammenbau der Bauteile für das Schweißen

Um die vorgegebene Geradheit (siehe 7.4.1) zu erreichen und, sofern erforderlich, den in der Zeichnung oder Schweißanweisung (siehe 8.1.3) vorgegebenen Wurzelspalt während des Schweißens einzuhalten, sind die zu verschweißenden Teile sicher in ihrer Position zu halten; dies kann durch mechanische Maßnahmen, angeschweißte Knaggen oder Heftschweißen geschehen.

ANMERKUNG Die Maße für den Wurzelspalt gelten für den gehefteten Zustand.

Anerkanntermaßen kann die genaue Einhaltung der Anforderungen für den Wurzelspalt schwierig sein. Geringfügige Änderungen aufgrund praxisbezogener Gegebenheiten sind zulässig, sofern der Hersteller sicherstellen kann, dass die Sicherheit des Kessels nicht beeinträchtigt wird.

Korrekturen von Unregelmäßigkeiten beim Zusammenbau dürfen nicht durch Hammerschläge vorgenommen werden.

8.4.3 Temporäre Anschweißteile

Die Anzahl von temporären Anschweißteilen an drucktragenden Teilen ist auf das praktisch mögliche Minimum zu beschränken.

Temporäre Anschweißteile (ausgenommen Rohlinge für die Wasserdruckprüfung) sind vor der ersten Druckbeaufschlagung zu entfernen, sofern sie nicht nach den gleichen konstruktiven Grundsätzen ausgeführt sind wie permanente Anschweißteile. Beim Entfernen ist so vorzugehen, dass eine Beschädigung des drucktragenden Teils weitestmöglich vermieden wird; als Verfahren müssen Spanen, Schleifen oder thermisches Schneiden in Verbindung mit Spanen oder Schleifen angewendet werden. Erforderliche Ausbesserungsarbeiten an beschädigten Bereichen durch Schweißen nach Entfernen der Anschweißteile sind durch geprüfte Schweißer unter Anwendung einer anerkannten Schweißanweisung durchzuführen.

Alle temporären Anschweißteile sind zu entfernen. Der Bereich, in dem temporäre Anschweißteile beseitigt wurden, ist sanft auszuschleifen und nach einem für den Werkstoff geeigneten Prüfverfahren auf Oberflächenfehler vor einem Spannungsarmglühen zu prüfen.

Die Vorwärmbedingungen nach 10.3 sind auch für das Heftschweißen und das Anbringen von Knaggen oder anderen Anschweißteilen anzuwenden und während des Schweißens aufrechtzuerhalten.

Der für Heftschweißungen verwendete Zusatzwerkstoff muss für die spezifische Schweißung geeignet sein und muss nach einer anerkannten Schweißanweisung verschweißt werden.

Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Qualität der Heftschweißen zu richten, die durch geprüfte Schweißer auszuführen sind. Gegebenenfalls sind die Enden dieser Heftschweißen durch Schleifen oder Spanen zu bearbeiten, wenn sie durch Aufschmelzen in die Wurzellage mit eingebunden werden müssen. Alle gerissenen Heftschweißen sind vollständig zu entfernen.

8.4.4 Zündstellen

Zündstellen sind zu vermeiden, unbeabsichtigt verursachte Zündstellen sind glatt zu schleifen, und der Grundwerkstoff ist nach einem für den Werkstoff geeigneten Prüfverfahren auf Oberflächenfehler zu prüfen.

8.4.5 Rückverfolgung von Schweißern

Der Hersteller muss eine Liste der Schweißer und Maschinenschweißer sowie Aufzeichnungen über deren Schweißerprüfungen aufbewahren, damit er auf Anfrage den Nachweis für die Zulassung der bei der Herstellung von Wasserrohrkesseln eingesetzten Schweißer erbringen kann.

8.5 Ausbesserung von Schweißnähten

8.5.1 Allgemeines

Wird die Ausbesserung einer Schweißnaht erforderlich, muss dabei ein zugelassenes Schweißverfahren von einem zugelassenen Schweißer angewendet werden. Ursache und Umfang derartiger Reparaturen sind als Teil der Herstellerunterlagen aufzuzeichnen. Zur Auswertung von Durchstrahlungsfilmern oder anderen Aufzeichnungen über zerstörungsfreie Prüfungen, müssen auch alle relevanten früheren Aufzeichnungen von bereits reparierten Bereichen verfügbar sein. Angaben über Schweißreparaturen sind auch dem mit der zerstörungsfreien Prüfung beauftragten Personal für die Nachprüfung zur Verfügung zu stellen.

Fehler sind mittels geeignetem Verfahren zu beseitigen. Werden Schweißnähte teilweise entfernt, ist dieser Bereich ausreichend tief und lang zu wählen, um die gesamte Fehlstelle zu beseitigen. Die Enden der Fuge müssen sanfte Übergänge vom Grund bis zur Oberfläche der Schweißnaht aufweisen. Die Breite und der Querschnitt der Fuge müssen eine angemessene Zugänglichkeit für die Reparaturschweißung ermöglichen.

8.5.2 Reparaturschweißen von Längs- und Rundnähten an Trommeln und Sammlern, die Arbeitsproben erforderlich machen

Wenn eine vollständige Naht entfernt und der Stoß erneut geschweißt wird, ist das Schweißen einer neuen Arbeitsprobe erforderlich, sofern dies nach prEN 12952-6:2020, 8.2 gefordert ist.

Wurden Stumpfschweißnähte ausgebessert, müssen das Bauteil und gegebenenfalls die Arbeitsproben nach den entsprechenden Abschnitten dieses Dokuments wärmebehandelt und die Arbeitsproben gegebenenfalls in Übereinstimmung mit prEN 12952-6:2020, Abschnitt 8 geprüft werden.

8.5.3 Zerstörungsfreie Prüfung

Alle reparierten Bereiche und erneut geschweißten Nähte sind einer zerstörungsfreien Prüfung nach prEN 12952-6:2020, Abschnitt 9 zu unterziehen, wobei die gleichen Prüfanforderungen wie für die Ursprungsnähte gelten.

8.5.4 Aufzeichnung von Schweißreparaturen

Der Hersteller muss alle durchgeführten Reparaturen an

- a) stumpfgeschweißten Längs- und Rundnähten sowie Stutzennähten von Trommeln,
 - b) stumpfgeschweißten Längs- und Rundnähten von Sammlern, und
 - c) stumpfgeschweißten Nähten an Rohren über 25 mm Wanddicke oder über 170 mm Außendurchmesser
- hinsichtlich Lage, Länge, Breite und Tiefe dokumentieren.

Reparaturen an anderen Schweißnähten sind im entsprechenden ZfP-Bericht aufzuführen.

8.6 Vorwärmung

Die Vorwärmung muss 10.3 entsprechen.

8.7 Wärmebehandlung nach dem Schweißen

Eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen ist in Übereinstimmung mit 10.4 durchzuführen.

Für geschweißte Bauteile, die den üblichen Herstellungsverfahren unterliegen und den Anforderungen nach 10.4.1.4, 10.4.1.5 und 10.5 entsprechen, wäre während der Wärmebehandlung keine unzulässige Beeinträchtigung der Werkstoffeigenschaften zu erwarten. Es ist jedoch zu beachten, dass bei geschweißten Bauteilen, die einer normalisierenden Wärmebehandlung unterzogen werden, eine Beeinträchtigung der Werkstoffeigenschaften auftreten kann.

Für Bauteile, die für die Streckgrenze bei erhöhten Temperaturen ausgelegt wurden, ist in Einzelfällen bei der Prüfung von Grundwerkstoffen nach einer Wärmebehandlung im Anschluss an das Schweißen eine Unterschreitung der Werte für die festgelegte Mindeststreckgrenze und die festgelegte Mindestfestigkeit bis 5 % zulässig. Werte, die die festgelegte Mindeststreckgrenze und die festgelegte Mindestfestigkeit um 5 % bis 10 % unterschreiten, sind zulässig, wenn nachgewiesen werden kann, dass:

- a) die Wärmebehandlung korrekt ausgeführt wurde;
- b) die Anforderungen an die Bruchdehnung des Grundwerkstoffs erfüllt sind;
- c) die Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit des Grundwerkstoffs erfüllt sind;
- d) die Wanddicke des Bauteils für den ermittelten Streckgrenzwert ausreichend ist.

Für Bauteile, die für den Betrieb im Zeitstandbereich ausgelegt wurden, sind Unterschreitungen der festgelegten Mindeststreckgrenzwerte und der festgelegten Mindestfestigkeitswerte bis höchstens 10 % zulässig.

8.8 Schweißen nach einer abschließenden Wärmebehandlung

In besonderen Fällen kann es erforderlich sein, an drucktragenden Teilen nach der abschließenden Wärmehafterbehandlung zu schweißen, z. B. beim Anbringen kleinerer Anschweißteile oder zur Durchführung geringfügiger Schweißreparaturen². Eine derartige Vorgehensweise ist für die Stähle der Stahlgruppen 1.1, 1.2, 5.1 und 5.2 nach CEN ISO/TR 15608:2017 zulässig, wenn die Schweißung nach einer anerkannten Schweißanweisung entsprechend den Anforderungen nach EN ISO 15614-1:2017, Stufe 2, ausgeführt wird und folgende Bedingungen eingehalten werden:

- a) die Mindestvorwärmtemperatur muss 10.3 entsprechen. Für Stähle der Stahlgruppen 5.1 und 5.2 muss sie ≥ 200 °C betragen;
- b) es werden entweder wasserstoffreduzierte Schweißelektroden verwendet oder alternativ dazu das WIG-Verfahren;
- c) wenn möglich, sollte mit mindestens 2 Lagen Schweißgut geschweißt werden. Für Cr-Mo-Stähle sind in jedem Fall mindestens 2 Lagen erforderlich;
- d) das a-Maß für Anschweißteile darf 13 mm nicht überschreiten;
- e) für Cr-Mo-Stähle dürfen die Stutzenabmessungen 57 mm Außendurchmesser und 10 mm Wanddicke nicht überschreiten;

² Obwohl die Definition geringfügiger Reparaturen schwierig ist, kann ein Abtragen in einer Länge von höchstens 100 mm und einer Tiefe von $e/10$ (wobei e die Nenndicke des Bauteils ist) oder höchstens 6 mm Tiefe als geringfügig angesehen werden, höhere Werte sind jedoch ebenfalls möglich.

- f) das Schweißgut muss sanft in den Grundwerkstoff übergehen; erforderlichenfalls ist die Naht zu bearbeiten;
- g) nach Abschluss aller Schweißarbeiten und einer gegebenenfalls erforderlichen Bearbeitung sind die Nähte mit Hilfe des Magnetstreuflussverfahrens zu prüfen;
- h) die besonderen Anforderungen für das Dichtschweißen eingewalzter Rohre sind in 9.4 angegeben.

8.9 Schweißverbindungen, Anschweißungen und Arbeitsproben

8.9.1 Stumpfgeschweißte Längs- und Rundnähte an Trommeln und Sammlern sowie Arbeitsproben

8.9.1.1 Bei Mehrlagenschweißungen muss jede eingebrachte Lage vor dem Einbringen der nächsten Lage sauber und frei von Schlacke sein, sofern die Schweißanweisung nicht etwas anderes zulässt.

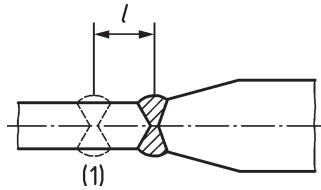
8.9.1.2 Wenn beim Schweißen von stumpfgeschweißten Längs- und Rundnähten an Trommeln Schweißunterlagen verwendet werden, sind diese nach dem Schweißen zu entfernen.

8.9.1.3 Die Lage von eingeebneten stumpfgeschweißten Längs- und Rundnähten an Kesseltrommeln ist dauerhaft zu kennzeichnen (siehe 6.4.2).

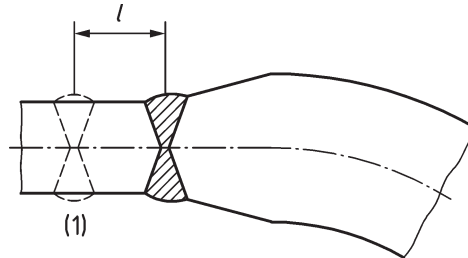
8.9.1.4 Für stumpfgeschweißte Nähte an Sammlern dürfen keine bleibenden Schweißunterlagen verwendet werden.

8.9.1.5 Aufschmelzbare Einlagen gelten nicht als Schweißunterlagen. Aufschmelzbare Einlagen sind nur zu verwenden, wenn das verwendete Material mit dem Grundwerkstoff verträglich ist und sie vollständig in die Schweißnaht eingeschmolzen werden.

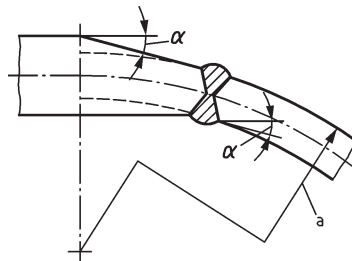
8.9.1.6 Wenn zwischen Blechen unterschiedlicher Dicke Stumpfschweißverbindungen erforderlich sind, ist das dickere Blech durch eines der beiden in Bild 4 und Bild 5 dargestellten Verfahren an das dünnere anzupassen. Das dickere Blech muss sanft auslaufend bearbeitet werden, erforderlichenfalls über die Nahtbreite, wie in Bild 4 und Bild 5 dargestellt. Erforderlichenfalls muss für den Übergang zusätzlich Schweißgut über den Bereich der eigentlichen Nahtflanken hinaus aufgetragen werden. Wird eine Ultraschallprüfung gefordert, ist durch entsprechende Maßnahmen sicherzustellen, dass die Schweißnaht angemessen abgetastet werden kann.



a) Verbindung von Schüssen



b) Verbindung eines dickeren Bodens mit einem Schuss



c) Verbindung eines dünneren Bodens mit einem Schuss

Legende

$\alpha \leq 15^\circ$, siehe auch EN 12952-3:2011, Bild 10.2-4.

a Ri oder ri

l parallele Länge

(1) Lage der Naht

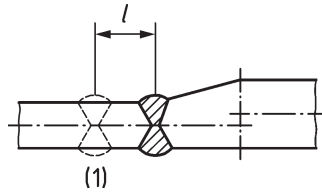
ANMERKUNG 1 In den Fällen a) und b) sind die Lage der Naht (1) und die parallele Länge l entsprechend den üblichen Verfahren des Herstellers auszuführen.

ANMERKUNG 2 Die Abschrägung kann die Schweißnaht einschließen; eine Abschrägung ist nicht erforderlich, wenn die Differenz der Waddicken kleiner als 3 mm ist.

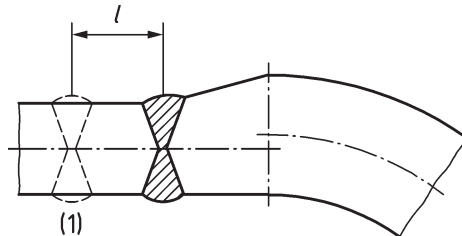
ANMERKUNG 3 Innere und äußere Abschrägungen müssen nicht symmetrisch angeordnet sein.

ANMERKUNG 4 Typische Einzelheiten von Schweißverbindungen sind Anhang B zu entnehmen.

Bild 4 — Stumpfnähte in Blechen unterschiedlicher Dicke mit Mittellinienübergang



a) Verbindung von Schüssen



b) Verbindung von Mantel mit Boden

Legende

l parallele Länge

(1) Lage der Naht

ANMERKUNG 1 In den Fällen a) und b) sind die Lage der Naht (1) und die parallele Länge l entsprechend den üblichen Verfahren des Herstellers auszuführen.

ANMERKUNG 2 Die Abschrägung kann die Schweißnaht einschließen; eine Abschrägung ist nicht erforderlich, wenn die Differenz der Wanddicken kleiner als 3 mm ist.

ANMERKUNG 3 Innere und äußere Abschrägungen müssen nicht symmetrisch angeordnet sein.

ANMERKUNG 4 Die Abschrägungen können innen oder außen am Kessel angeordnet sein.

ANMERKUNG 5 Typische Einzelheiten von Schweißverbindungen sind Anhang B zu entnehmen.

Bild 5 — Stumpfnähte in Blechen unterschiedlicher Dicke mit Mittellinienversatz

8.9.1.7 Arbeitsproben für Kesseltrommeln müssen den Anforderungen nach prEN 12952-6:2020, Abschnitt 8 entsprechen.

8.9.2 Schweißen von Sammlerböden

8.9.2.1 Torisphärische Böden, halbelliptische Böden oder Halbkugelböden sind durch Schweißen nach 8.9.1 an Sammler anzuschließen.

8.9.2.2 Ebene Böden sind an Sammler durch Schweißen nach 8.9.1 bzw. 8.9.3 anzuschließen, wie in EN 12952-3:2011, 10.3 angegeben.

Der Umfang der zerstörungsfreien Prüfung von Schweißnähten an ebenen Böden nach EN 12952-3:2011, 10.3 muss prEN 12952-6:2020, Abschnitt 9 entsprechen.

8.9.3 Anschweißen von Abzweigen, Stutzen, Nippeln und anderen Anschweißteilen an Trommeln und Sammlern

Jede Schweißnaht ist mit mindestens zwei Lagen Schweißgut auszuführen. Jede Lage Schweißgut muss vor Aufbringen der Folgelage sauber und frei von Schlacke sein.

Bleibende Schweißunterlagen dürfen nicht verwendet werden.

Aufschmelzbare Einlagen gelten nicht als Schweißunterlagen. Aufschmelzbare Einlagen sind nur dann zulässig, wenn ihr Material mit dem Grundwerkstoff verträglich ist und sie vollständig in die Schweißverbindung eingeschmolzen werden.

Sind nicht durchgeschweißte Kehlnähte zulässig, ist die erforderliche Tiefe des Einbrandes in der Zeichnung anzugeben.

Die Oberfläche der fertigen Naht muss zwischen den einzelnen Schweißlagen frei von Unregelmäßigkeiten sein, und die Ausbildung der Nahtoberfläche muss einen stetigen, kerb- und einbrandfreien Übergang aufweisen, siehe prEN 12952-6:2020, 9.3.5.

Schweißnähte, die Abzweige, Stutzen und Nippel mit Trommeln und Sammlern verbinden, dürfen keine Austenit-Ferrit-Mischnähte sein, allerdings sind Schweißverbindungen mit austenitischen Stählen für kleinere Messgeräte zulässig. Bei Verbundrohren muss die Verbundschicht am Anschweißende vor dem Anschweißen an Trommeln oder Sammler entfernt werden. Es ist unzulässig, austenitischen Stahl in das Schweißbad zu schmelzen, wenn Bauteile aus unlegiertem Stahl geschweißt werden.

ANMERKUNG Ein Leitfaden für typische Ausführungen von Schweißverbindungen ist in Anhang B enthalten.

8.9.4 Verstärkungsteile und Mannlochrahmen

Alle Verstärkungsteile, Mannlochrahmen und andere Anschweißteile, die zur Festigkeit der drucktragenden Teile beitragen, sind eng anzupassen, und der Spalt an den zu verschweißenden Kanten darf an keiner Stelle 2 mm oder 5 % der Anschweißteildicke im Anschweißbereich überschreiten, wobei der höhere Wert gilt.

Wenn Verstärkungsbleche oder Mannlochrahmen angebracht werden, sind Entlastungsbohrungen durch das äußere Blech vorzusehen.

Gepresste Mannlochrahmen sind eng an die Oberflächen anzupassen, an die sie angeschweißt werden müssen, und mit Kehlnähten auf der Innenseite der Trommel zu befestigen.

Mannlochrahmen, die in die Trommelbleche eingesetzt werden, sind entweder nahtlos zu formen oder aus einem geeigneten Walzprofil durch Schmelzschweißen herzustellen. In diesem Fall sind sie vor der Anbringung an die Trommel spannungsarm zu glühen, wenn die fertige Trommel nach dem Schweißen nicht gegläht wird. Die Schweißnähte sind auch zerstörungsfrei nach prEN 12952-6:2020, Abschnitt 9 zu prüfen. Stumpfnähte sind in Mannlochrahmen auf dem Mantel in einer Ebene anzuordnen, die rechtwinklig zur Trommelachse steht.

Wenn keine spezifischen Maße in der Zeichnung angegeben sind, darf der maximale Schweißspalt zwischen der Außenseite des Abzweigs oder des Mantels und der inneren Schweißflanke der Öffnung im Mantel, Flansch, Verstärkungsring oder der Schweißunterlage bei Öffnungen bis 300 mm den Wert von 1,5 mm und von 3 mm bei Öffnungen über 300 mm nicht überschreiten.

ANMERKUNG Um diesen Spalt sicherzustellen und das einzusetzende Teil anzupassen, kann die Außenseite des Mantels oder des Stutzens über eine ausreichende Länge maschinell bearbeitet werden.

8.10 Anschweißen von nicht drucktragenden Teilen an Trommeln und Sammler

Das Anschweißen von nicht drucktragenden Teilen (z. B. Konsolen, Tragösen, Flacheisen, einschließlich trommelinterner Befestigungen) an Trommeln und Sammler ist zulässig.

Nähte für Anschweißteile, die als lasttragend eingestuft werden — siehe EN 12952-3:2011, 5.9 — sind ohne Unterbrechung auszuführen. Derartige Nähte müssen den vollen Umfang des Anschweißteils erfassen und können als beidseitig nicht durchgeschweißte Kehlnaht, einseitige Naht mit vollem Nahtanschluss oder als K-Naht ausgeführt werden. Jede dieser Nähte ist durch ein zerstörungsfreies Prüfverfahren nach prEN 12952-6:2020, Abschnitt 6 zu prüfen.

Nähte für nicht lasttragende Anschweißteile können als Kehlnähte mit Streckenschweißungen ausgeführt werden.

Wenn Mehrlagenschweißungen ausgeführt werden, muss jede Lage vor dem Schweißen der Folgelage ausreichend gesäubert sein.

Das Vorwärmen und die Wärmebehandlung nach dem Schweißen sind nach 10.3 bzw. 10.4 durchzuführen.

8.11 Schweißen von Rohren

8.11.1 Allgemeines

Für das Schweißen von Rohren gelten die folgenden Anforderungen zusätzlich zu den entsprechenden Festlegungen nach 8.1 bis 8.8.

8.11.2 Unterbrechung der Schweißung

Unabhängig von der Stahlsorte sind Wurzellagen ohne Unterbrechungen auszuführen, soweit diese nicht durch den Wechsel der Elektroden bzw. des Zusatzes oder einen Stellungswechsel des Schweißers bedingt sind. Baustellenschweißnähte, die eine Vorwärmung erfordern, dürfen so lange nicht abgekühlt werden, bis die Höhe des eingebrachten Schweißgutes $\frac{1}{3}$ der endgültigen Nahtdicke erreicht hat.

Mit Ausnahme der C- und C-Mn-Stähle ist bei einer unvermeidlichen Unterbrechung der Schweißung die Vorwärmung während der Unterbrechung aufrechtzuerhalten. Ist dies nicht möglich, ist die Naht in trockenes Isoliermaterial einzupacken, um eine langsame Abkühlung sicherzustellen. Vor Wiederaufnahme der Schweißarbeiten ist erneut vorzuwärmen.

Jede Unterbrechung sollte nach Möglichkeit vermieden werden.

ANMERKUNG In der Werkstatt hergestellte Wurzelnähte dürfen abgekühlt werden, sobald Maßnahmen ergriffen wurden, um eine langsame Abkühlung zu ermöglichen, z. B. durch Einpacken in trockenes Isoliermaterial.

8.11.3 Fertigstellung der Schweißung

Um das Risiko von wasserstoffinduzierten Kaltrissen nach dem Schweißen zu minimieren — insbesondere bei höher legierten Cr-Mo-Stählen und in dickeren Werkstoffen — muss die Naht in trockenes Isoliermaterial eingepackt werden, um eine langsame Abkühlung zu erreichen, sofern nicht eine festgelegte Wärmebehandlung unmittelbar erfolgt oder die Vorwärmung aufrechterhalten bleibt.

8.11.4 Abstand von Stumpfschweißnähten in geraden Rohren

Beträgt der Abstand zwischen zwei Stumpfschweißnähten für Rohre mit Durchmesser bis einschließlich 250 mm weniger als das 2-Fache des Außendurchmessers und für Rohre mit einem Außendurchmesser über 250 mm weniger als 500 mm, müssen beide Stumpfschweißnähte zusammen nach dem Schweißen wärmebehandelt werden.

8.11.5 Versatz der Rohrenden

Das Schweißen von Rohrverbindungen entsprechend den Anforderungen dieses Dokuments schließt erforderlichenfalls für jede Verbindung das Anpassen der Rohrenden durch den Hersteller ein.

Das Anpassen der Rohröffnungen muss durch Auswahl, Treiben (warm oder kalt), spanabhebende Bearbeitung, Schmieden oder durch die Anwendung eines Aufweitgerätes geschehen. Eine Innenbearbeitung der Rohre darf nicht dazu führen, dass die Wanddicke des Rohres die Auslegungsdicke unterschreitet. Alle warmgetriebenen Rohrenden müssen wärmebehandelt werden; dabei sind die Festlegungen der zutreffenden Werkstoffnorm oder des Werkstoffdatenblattes zu berücksichtigen.

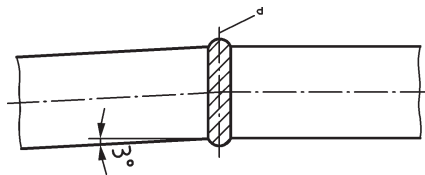
Die Innendurchmesser angrenzender Rohrenden sollten möglichst genau passen. Zulässige Differenzen der Innendurchmesser und des äußeren Versatzes sind in Tabelle 8 angegeben.

Tabelle 8 — Versatztoleranzen für Rohröffnungen

Durchmesser der Rohröffnung mm	Maximale Differenz der Innendurchmesser mm	Maximaler Mittellinienversatz des angrenzenden Rohres mm
≤ 80	1,0	1,0
80 bis 300	1,5	1,5
> 300	2,0	2,0

8.11.6 Winkelversatz von Rohrstumpfnähten

Der Winkelversatz der Mittellinien geschweißter Rohrstumpfnähte sollte üblicherweise 3° , d. h. 5 mm auf 100 mm Länge (siehe Bild 6) nicht überschreiten, aber muss auf jeden Fall mit allen Konstruktionsanforderungen übereinstimmen.



Legende

^a Mittellinie der Schweißnaht

Bild 6 — Winkelversatz von Rohrstumpfnähten

8.11.7 Zusammengesetzte Bögen

Segmentbögen und mittels Gehrungsschnitt hergestellte Bögen sind unzulässig.

8.11.8 Schweißunterlage

Die Verwendung von bleibenden Schweißunterlagen ist bei Rohren im Verdampferbereich unzulässig.

Temporäre Schweißunterlagen aus Stahl oder Nichtmetallen, die mit dem Grundwerkstoff verträglich oder inert zu ihm sind, dürfen verwendet werden. Diese sind nach Beendigung der Schweißung vollständig zu entfernen.

8.11.9 Wurzelschutz, Formieren von Schweißnähten

Wenn in der Schweißanweisung ein Wurzelschutz gefordert wird, ist die Luft aus dem Bereich der Schweißnaht zu verdrängen und durch einen ausreichenden Anteil an Formiergas zu ersetzen, um so eine Oxidation der Wurzellage zu vermeiden. Formieren muss durch Füllen der gesamten Rohrlänge mit Formiergas oder durch lokales Formieren unter Verwendung temporärer Sperren erfolgen. Diese Sperren sind durch den Hersteller nach Abschluss der Schweißarbeiten zu entfernen.

8.11.10 Schweißen von Abzweigen, Stutzen und Nippeln an Rohre

Jede Schweißnaht ist mit mindestens zwei Lagen Schweißgut auszuführen. Jede Lage Schweißgut muss vor Aufbringen der Folgelage sauber und frei von Schlacke sein.

Bleibende Schweißunterlagen dürfen nicht verwendet werden.

Aufschmelzbare Einlagen sind nur dann zulässig, wenn der Werkstoff, aus dem sie hergestellt wurden, mit dem Grundwerkstoff verträglich ist und sie beim Schweißen vollständig in das Schweißgut eingeschmolzen werden.

Die Oberfläche der fertigen Naht muss frei von unzulässigen Fehlern sein, und die Ausbildung der Nahtoberfläche muss einen stetigen, kerb- und einbrandfreien Übergang aufweisen, wobei die Zulässigkeitsgrenzen nach prEN 12952-6:2020, 9.3.5 einzuhalten sind.

Eine erforderliche Vorwärmung ist nach 10.3 durchzuführen.

Nähte, die Abzweige, Stutzen und Nippel mit Rohren verbinden, dürfen keine Austenit-Ferrit-Mischnähte sein.

ANMERKUNG Ein Leitfaden für typische Ausführungen von Schweißverbindungen und Abzweigen ist in Anhang B enthalten.

8.11.11 Anschweißen von nicht drucktragenden Teilen an Rohre

Nähte für Anschweißteile, die als lasttragend eingestuft werden (siehe EN 12952-3:2011, 5.9), sind ohne Unterbrechung auszuführen. Derartige Nähte müssen als Kehlnaht, die den gesamten Umfang des Anschweißteils erfasst, als nicht durchgeschweißte Kehlnaht, einseitige Naht mit vollem Nahtanschluss oder als K-Naht ausgeführt werden. Jede dieser Nähte ist einer zerstörungsfreien Prüfung nach prEN 12952-6:2020, Abschnitt 9 zu unterziehen.

Nähte für nicht lasttragende Anschweißteile dürfen als Kehlnähte mit Streckenschweißungen ausgeführt werden.

Wenn Mehrlagenschweißungen ausgeführt werden, muss jede Lage vor dem Schweißen der Folgelage ausreichend gesäubert sein. Vorwärmen und Wärmebehandlung nach dem Schweißen sind erforderlichenfalls nach 10.3 bzw. 10.4 durchzuführen.

8.12 Abbrennstumpfschweißen von Rohren

Abbreinstumpfschweißen von Rohren muss entsprechend den Anforderungen der zutreffenden Europäischen Norm erfolgen.

Bis zum Erscheinen eines solchen Dokuments ist es zulässig, nationale oder internationale Normen für das Abbreinstumpfschweißen von Rohren in Bezug zu nehmen.

8.13 Geschweißte Rohrwände

Konstruktionsverfahren für Rohrwände und die erforderlichen Prüfungen sind in Anhang C angegeben.

8.14 Lichtbogenbolzenschweißen

Schweißverfahrensprüfungen, Schweißerprüfungen und Prüfungen vor Fertigungsbeginn für das Lichtbogenbolzenschweißen müssen im Allgemeinen entsprechend den Anforderungen nach EN ISO 14555:2017 durchgeführt werden. In allen Fällen müssen die Qualifikationsprüfungen Makroschliffe beinhalten. Bolzen aus hochlegierten Stählen können Härtewerte in der Naht aufweisen, die die Grenzwerte überschreiten, die in EN ISO 15614-1:2017, Stufe 2, Tabelle 2 angegeben sind.

Die Fertigungsüberwachung muss mindestens nach der „vereinfachten Arbeitsprüfung“ erfolgen, wie sie in EN ISO 14555:2017 beschrieben ist.

Für Bolzenschweißungen an Rohren mit einem Außendurchmesser bis 80 mm ist ein unvollständig umlaufender Kragen zulässig, wenn kein Spalt zwischen der Rohroberfläche und dem Bolzen besteht.

9 Mechanische Verbindungen

9.1 Allgemeines

Mechanische Verbindungen sind jene, die keine Festigkeitsschweißnähte zwischen den zu verbindenden Teilen erfordern (siehe auch EN 12952-3:2011, 8.4 oder 8.5).

9.2 Zugangsöffnungen

9.2.1 Typen

Alle Trommeln, Sammler und andere große Teile von Kesseln sind angemessen mit Mannlöchern, Kopflöchern, Handlöchern oder anderen Inspektionsöffnungen auszurüsten, um innere Prüfungen und wirkungsvolle Reinigung zu ermöglichen. Es ist auch zulässig, Öffnungen zur Erleichterung der Fertigung und Instandhaltung vorzusehen.

ANMERKUNG Zugang zu den vorgenannten Zwecken kann durch Schneiden und Wiederverschweißen oder Blindsetzen von Rohren erreicht werden. Erforderliche Inspektionsöffnungen dürfen bei Bedarf durch Stutzen mit angeschweißten Kappen verschlossen werden.

Für drucktragende Teile mit einem Berechnungsdruck über 1,8 MPa sind Öffnungen mit innen liegenden Verschlüssen auszustatten. Für Berechnungsdrücke bis einschließlich 1,8 MPa sind auch außenliegende kreisförmige oder elliptische Verschlüsse als Blindflansche zulässig.

9.2.2 Abmessungen

Die minimalen Abmessungen für Zugangsöffnungen, zusammen mit den zusätzlichen Beschränkungen für Stutzen oder Ringhöhe, sind in EN 12952-7:2012, Anhang E enthalten.

9.2.3 Innere Verschlüsse

Innen liegende Verschlüsse sind in Übereinstimmung mit prEN 12952-2:2020 aus Stahl herzustellen und müssen folgenden Anforderungen entsprechen:

- a) Verschlüsse sind so zu gestalten, dass sie zur inneren Fügefläche dicht schließen und sind mit Schraubbolzen, Muttern und Bügeln zu befestigen;
- b) Verschlüsse für kreisförmige Öffnungen mit Durchmessern über 250 mm bzw. elliptische oder rechtwinklige Öffnungen größer als 250 mm × 175 mm müssen mit 2 Bolzen befestigt werden; für Öffnungen mit diesen Abmessungen und darunter ist nur ein Bolzen erforderlich. Bei Verschlüssen für Öffnungen bis einschließlich 123 mm oder 123 mm × 90 mm kann der Bolzen an dem Verschluss angeschmiedet sein;
- c) die Bolzen für Verschlüsse sind aus schweißbarem Stahl mit einer Mindestzugfestigkeit von 355 MPa herzustellen. Die Bolzen für Mannlochverschlüsse müssen einen Minstdurchmesser von 30 mm aufweisen. Die Bolzen müssen mit einem der folgenden Verfahren an den Verschlüssen befestigt werden:
 - 1) durch den Deckel geschraubt und mit Kehlnaht auf der Innenseite verschweißt;
 - 2) durch den Deckel gesteckt und an beiden Seiten des Verschlusses mit einer Kehlnaht angeschweißt, wobei das a-Maß der Naht mindestens 10 mm betragen muss;

- 3) durch eine Zwischenplatte oder Laschen so am Deckel befestigt, dass die Festigkeit der Verbindung nicht geringer als die des Bolzens ist und der Bolzen vor Verdrehung geschützt wird;
 - 4) versehen mit einem integrierten Kragen, eingeschraubt in ein Sackloch im Deckel und Sicherung des Bolzens gegen Verdrehung.
- d) Wenn der Deckel in Mittelposition steht, sollte die Dichtnut auf dem gesamten Umfang ein Spiel von etwa 1,5 mm haben, darf aber an keiner Stelle 3 mm überschreiten. Die Nuttiefe muss ausreichend groß sein, um die Dichtung aufzunehmen;

ANMERKUNG 1 Für die Wahl von Dichtungswerkstoffen siehe EN 12952-7:2012, 4.6.6.

- e) Muttern müssen mit der entsprechenden Europäischen Norm übereinstimmen und sind auf der Sitzfläche zu bearbeiten.
- f) für die Bügel ist Stahl nach prEN 12952-2:2020 mit einer festgelegten Mindestzugfestigkeit von nicht weniger als 355 MPa zu verwenden. Die Sitzfläche muss bearbeitet sein.

ANMERKUNG 2 Statt Gewindebolzen sind auch Augenschrauben mit geeigneter Öse an der Deckelplatte oder Kopfbolzen mit Führungsnut in der Deckelplatte zulässig.

9.2.4 Äußere Verschlüsse

Kreisförmige, außenliegende Verschlüsse in Form von Blindflanschen sind entsprechend den Anforderungen nach EN 12952-3:2011, 10.4 auszuführen. Die Ausführung muss ausreichende Abmessungen für Nut und Aussparung vorsehen, um die Dichtung vollständig aufnehmen zu können.

ANMERKUNG Für die Wahl von Dichtungswerkstoffen siehe EN 12952-7:2012, 4.6.6.

9.3 Mechanische Verbindung von Abzweigen und Stutzen zu den drucktragenden Hauptteilen

9.3.1 Anwendungsbereich und Einschränkung

Folgende Verfahren für die mechanische Verbindung von Abzweigen oder Stutzen zu drucktragenden Hauptteilen sind zulässig:

- a) Aufweiten und Bördeln; beschränkt auf Abzweige und Stutzen mit Außendurchmesser $\leq 48,3$ mm (für Rohrverbindungen siehe 9.4);
- b) Aufweiten und Dichtschweißen; beschränkt auf Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt $\leq 0,25$ % (Stückanalyse) und Abzweige und Stutzen mit Außendurchmesser $\leq 48,3$ mm (für Rohrverbindungen siehe 9.4);
- c) Einschrauben oder Einschrauben und Dichtschweißen in den drucktragenden Teil, entsprechend den Anforderungen nach EN 12952-3:2011, 8.5.1;
- d) Einschrauben oder Einschrauben und Dichtschweißen in einen Blockflansch, entsprechend den Anforderungen nach EN 12952-3:2011, 8.5.2 und 8.5.3; oder
- e) durch Bolzen, entsprechend den Anforderungen nach EN 12952-3:2011, 8.4.

9.3.2 Schraubverbindungen

Es gelten die Anforderungen nach EN 12952-3:2011, 8.5.

9.3.3 Verbindungen mit Gewindebolzen

Gewindebolzen sind nach den Anforderungen in EN 12952-3:2011, 8.4.5 auszuführen. Die Ausführung muss sicherstellen, dass eine hohe Ermüdungsfestigkeit erreicht wird; mindestens eine Gewindelänge gleich oder größer dem Gewindedurchmesser muss in den drucktragenden Hauptteil eingreifen. Die Bolzen dürfen die Wand des drucktragenden Teils nicht vollständig durchdringen und unter Berücksichtigung eines angemessenen Spiels des blinden Bolzenendes muss die Dicke des nicht gebohrten Materials nicht weniger als $1/4$ des Bolzenennendurchmessers betragen.

Nach der Bearbeitung der Verbindungsflächen darf die Wanddicke des drucktragenden Teils nicht geringer sein als die entsprechend EN 12952-3:2011, Abschnitt 7, Abschnitt 8, Abschnitt 9 oder Abschnitt 10 erforderliche Mindestwanddicke.

9.4 Rohrverbindungen

9.4.1 Verbindung durch Aufweiten

- a) Rohre dürfen an Trommeln und Sammlern durch andere Verbindungstechniken als durch Schweißen befestigt werden. Die Verbindung muss durch Aufweiten, Aufweiten und Bördeln oder, wenn die Anforderungen nach b) erfüllt sind, durch Aufweiten und Dichtschweißen hergestellt werden. Beim Aufweiten werden üblicherweise Dorne verwendet.

Andere Verfahren des Aufweitens sind ebenfalls zulässig, sofern nachgewiesen werden kann, dass das Verfahren eine gleichwertige Dichtheit ergibt und bei Betrieb die Rohre vor dem Herausziehen schützt. Die Vorlage von Dokumenten über zufrieden stellende Betriebssicherheit erfüllt diese Anforderungen.

Der Nenn-Außendurchmesser von Rohren, die durch Aufweiten verbunden werden, darf 114,3 mm nicht überschreiten.

Die Befestigung durch Aufweiten darf sowohl mit als auch ohne Aufweitrille erfolgen (siehe Bild 7).

- b) Wenn aufgeweitete Verbindungen dichtgeschweißt werden, sind folgende Einschränkungen zu berücksichtigen:
- 1) Trommel- bzw. Sammlerwerkstoffe müssen den Stahlgruppen 1.1, 1.2 oder 5.1 (siehe CEN ISO/TR 15608:2017) entsprechen;
 - 2) die Vorwärmtemperatur zum Schweißen muss 10.3 entsprechen;
 - 3) die Kehlnaht muss mit mindestens zwei Lagen ausgeführt werden, wobei Beginn und Ende der Lagen versetzt sein sollen;
 - 4) das a-Maß der Kehlnaht darf 8 mm nicht überschreiten;
 - 5) es müssen entweder wasserstoffreduzierte Schweißelektroden verwendet werden oder alternativ dazu das WIG-Verfahren;
 - 6) das Schweißverfahren ist durch eine Verfahrensprüfung nach EN ISO 15614-1:2017, Stufe 2 zu qualifizieren;
 - 7) wenn die Streckgrenze des Trommel- oder Sammlerwerkstoffs bei Raumtemperatur den Wert von 300 MPa überschreitet, ist nach dem Dichtschweißen ein weiterer Aufweitschritt erforderlich, um die örtlichen Schrumpfspannungen der Verbindung zu reduzieren;
 - 8) an den Dichtnähten ist eine Oberflächenrissprüfung entsprechend den Anforderungen nach prEN 12952-6:2020, Abschnitt 9 durchzuführen.

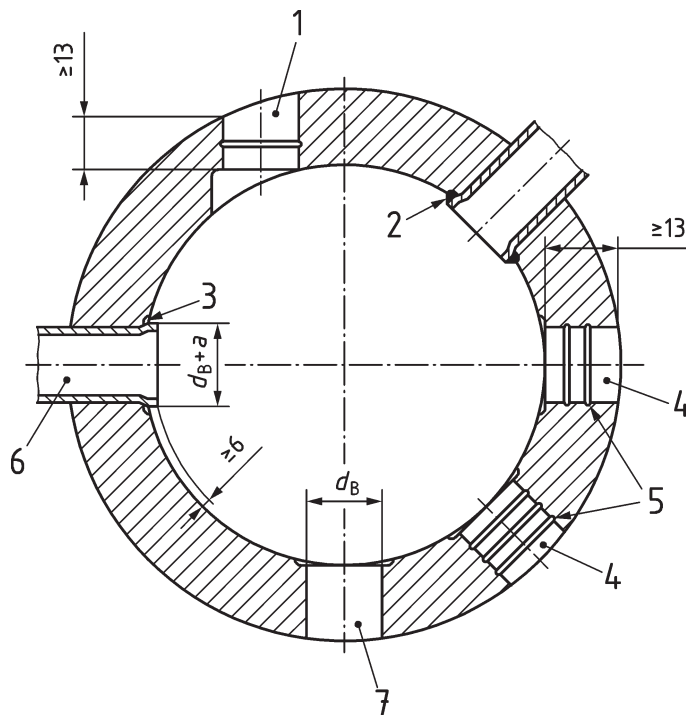
- c) die Bohrlöcher für aufgeweitete Rohre müssen eine Mindestlänge des zylindrischen Sitzes von 13 mm aufweisen und müssen so ausgeführt sein, dass die Rohre wirkungsvoll abgedichtet werden können. Die Rauheit der Oberfläche (R_a) darf 6,3 μm nicht überschreiten. Die Oberfläche darf keine spiralförmigen oder axialen Riefen aufweisen, die einen Weg für Undichtheiten ergeben könnten.

Wenn die Rohre nicht radial zum Trommel- oder Sammlermantel befestigt werden, muss das Bohrloch einen zylindrischen Sitz im rechten Winkel zur Rohrachse aufweisen. Der Bereich muss mindestens 13 mm Länge, gemessen in der Ebene der Rohrachse am Bohrloch, aufweisen.

- d) wenn Rohre durch vortreibende Aufweitung befestigt werden, sind sie von der Kante des Bohrloches ausgehend unter einem Winkel aufzubördeln, der das Rohr gegen Herausziehen sichert. Der Überstand des Rohrendes im zylindrischen Sitz des Rohres darf keinesfalls kleiner als 6 mm sein, und die Aufbördelung darf die Werte nach Tabelle 9 nicht unterschreiten.

Tabelle 9 — Abmessung der Aufbördelung an Rohren, die durch vortreibende Aufweitung befestigt wurden

Rohraußendurchmesser	Mindestaufweitung a des gebördelten Durchmessers (siehe Bild 7) gegenüber dem Bohrungsdurchmesser d_B
mm	mm
$d_o \leq 51$	3
$51 < d_o \leq 82,5$	4
$82,5 < d_o \leq 115$	5



Legende

- 1 außermittige Bohrung
- 2 Dichtschweißung
- 3 Bördelung
- 4 mittige Bohrung mit Rillen
- 5 Ausdehnungsrillen
- 6 mittige Bohrung
- 7 mittige Bohrung ohne Rillen

d_B Bohrungsdurchmesser

$d_B + a$ gebördelter Durchmesser

Bild 7 — Verschiedene typische Profile der Rohraufweitung

9.4.2 Mechanische Verbindungen von Rohren

Unbeheizte Rohre dürfen untereinander mit mechanischen Verfahren bzw. mechanischen Verfahren mit zusätzlicher Dichtschweißung verbunden werden, siehe EN 12952-3:2011, 11.7 für die Anforderungen und Begrenzungen.

Rohre im Strahlungsbereich der Feuerung oder im Strömungsbereich der heißen Rauchgase dürfen nicht mit mechanischen Verfahren verbunden werden.

9.4.3 Verbindung von nicht drucktragenden Teilen mit drucktragenden Teilen

Es ist zulässig, nicht drucktragende Teile mit drucktragenden Teilen durch mechanische Verfahren zu verbinden.

ANMERKUNG Typische Beispiele sind die Unterstützung oder Befestigung von drucktragenden Teilen, Trommleinbauten, Isolierung, Umbaukästen, Abdeckungen und Verkleidungen.

10 Wärmebehandlung

10.1 Allgemeines

Die Wärmeführung und die Art der Wärmebehandlung in Verbindung mit dem Umformen — ausgenommen das Biegen von Rohren — müssen nach 10.2 erfolgen. Bezüglich der Anforderungen an die Wärmebehandlung in Verbindung mit dem Biegen von Rohren gelten 7.3.8 und 7.3.9. Die Vorwärmung muss 10.3 entsprechen. Für die Wärmebehandlung nach dem Schweißen gilt 10.4. Die Wärmebehandlung von Arbeitsproben muss nach 10.5 erfolgen.

10.2 Wärmeführung und Wärmebehandlung(en) in Verbindung mit der Blechumformung

10.2.1 Wärmeführung während der Warmumformung

Die Wärmeführung beim Warmumformen muss den Angaben in der zutreffenden Werkstoffnorm, der Werkstoffspezifikation bzw. dem Werkstoffdatenblatt entsprechen.

ANMERKUNG 1 Andere Wärmeführungen können angewendet werden, wenn die Vorgehensweise qualifiziert und anerkannt ist; das Erzeugnis ist nach dem Umformen dahingehend zu prüfen, dass die Werkstoffeigenschaften für das fertige Bauteil ausreichend sind.

Alle Umformarbeiten sind nach dokumentierten Verfahren durchzuführen, die mindestens Folgendes festlegen müssen: Aufheizrate, Haltetemperatur, Temperaturbereich und die Einzelheiten für die nachfolgende Wärmebehandlung des umgeformten Bauteils.

Ferritische Stähle. Warmumformung wird bei Temperaturen des austenitischen Zustandsbereiches durchgeführt. Mit Rücksicht auf die Gefahr eines starken Kornwachstums sollte das Bauteil bei einer vorgegebenen maximalen Temperatur über den A_{c3} -Punkt jedoch nicht über 1 020 °C aufgeheizt werden, und nach Erreichen der vorgegebenen Temperatur sollte das Bauteil so kurz wie möglich auf dieser Temperatur gehalten werden, um Kornwachstum zu vermeiden. Die Aufheizrate sollte im Übergangsbereich so schnell wie möglich sein, z. B. 150 °C/h, und nach dem Umformen sollte das Bauteil außerhalb des Ofens an ruhender Luft abkühlen können.

Bei Bauteilen aus normalgeglühten Stählen (Stahlgruppen 1.1, 1.2 und 2.1), die in einem Schritt umgeformt werden, darf die maximale Bauteiltemperatur 980 °C nicht überschreiten.

Bei Bauteilen, die in mehreren Schritten umgeformt werden, darf die vorgegebene maximale Bauteiltemperatur 1 020 °C nicht überschreiten. Vor dem letzten Umformschritt ist das Bauteil auf unter 500 °C abzukühlen, gefolgt von dem letzten Aufheizzyklus, bei dem die Temperatur bei Werkstoffen mit einer festgelegten Mindestdehngrenze $R_{p0,2} \leq 355$ MPa auf 980 °C und bei Werkstoffen mit einer festgelegten Mindestdehngrenze $R_{p0,2} > 355$ MPa auf 940 °C beschränkt sein muss. Wenn keine nachfolgende Wärmebehandlung durchgeführt werden muss, muss der letzte Umformschritt oberhalb 750 °C beendet werden bzw. oberhalb 700 °C, wenn der Grad der Umformung 5 % nicht überschreitet.

Nach der Warmumformung unter den vorgenannten Bedingungen ist das Bauteil an ruhender Luft abzukühlen.

Bei Bauteilen aus Vergütungsstählen ist nach der Warmumformung eine vollständige Neuvergütung durch Härten und Anlassen des Bauteils durchzuführen. Für die Warmumformung gelten die in 7.3.9.1 a) beschriebenen Festlegungen.

ANMERKUNG 2 **Austenitische Stähle.** Die Festlegung der Umformbedingungen für Bleche aus austenitischem Stahl ist derzeit noch in Vorbereitung. In der Zwischenzeit müssen die angewendeten Verfahren mit den geprüften Verfahren des Herstellers übereinstimmen, die sicherstellen müssen, dass durch ihre Anwendung die Sicherheit des Kessels nicht gefährdet ist.

10.2.2 Wärmebehandlung bei der Umformung

Die Wärmebehandlung nach dem Warm- oder Kaltumformen entsprechend den Anforderungen dieses Dokuments ist abhängig von den Anforderungen der zutreffenden Werkstoffspezifikation oder des Werkstoffdatenblattes und besteht üblicherweise in einer der folgenden Wärmebehandlungsarten:

— Normalisieren;

— Normalisieren und Anlassen;

ANMERKUNG Anlassen kann gegebenenfalls Teil des Spannungsarmglühens von Schweißnähten sein.

— Härten und Anlassen;

— Lösungsglühen.

Andere Wärmebehandlungsarten dürfen angewendet werden, sofern das Verfahren qualifiziert ist; für das Erzeugnis ist nach der Umformung nachzuweisen, dass die Werkstoffeigenschaften für das fertige Bauteil angemessen sind.

10.2.3 Mäntel und Schüsse

Gerundete Bleche müssen nach dem Biegen in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 10.2.2 wärmebehandelt werden, wenn der mittlere Radius der Biegung kleiner ist als das 10-Fache der Blechdicke. Für Werkstoffe, für die in der Werkstoffspezifikation oder dem Werkstoffdatenblatt der Wärmebehandlungszustand mit „Normalisieren“ bzw. „Normalisieren und Anlassen“ vorgegeben ist, muss folgende Festlegung angewendet werden:

- a) für den vorgegebenen Wärmebehandlungszustand „Normalisieren“ ist unter der Voraussetzung einer vollständigen Erwärmung des Bauteils auf Normalisierungstemperatur bei der Umformung keine weitere Wärmebehandlung erforderlich;
- b) für den vorgegebenen Wärmebehandlungszustand „Normalisieren und Anlassen“ ist unter der Voraussetzung einer vollständigen Erwärmung des Bauteils auf Normalisierungstemperatur bei der Umformung nur eine zusätzliche Anlassbehandlung erforderlich.

10.2.4 Böden

Alle aus Blechen hergestellten Böden sind nach dem Umformen entsprechend den Anforderungen nach 10.2.2 einer Wärmebehandlung zu unterziehen. Für Werkstoffe, für die in der Werkstoffspezifikation oder dem Werkstoffdatenblatt der Wärmebehandlungszustand mit „Normalisieren“ bzw. „Normalisieren und Anlassen“ vorgegeben ist, muss folgende Festlegung angewendet werden:

- a) für den vorgegebenen Wärmebehandlungszustand „Normalisieren“ ist unter der Voraussetzung einer vollständigen Erwärmung des Bauteils auf Normalisierungstemperatur bei der Umformung keine weitere Wärmebehandlung erforderlich;
- b) für den vorgegebenen Wärmebehandlungszustand „Normalisieren und Anlassen“ ist unter der Voraussetzung einer vollständigen Erwärmung des Bauteils auf Normalisierungstemperatur bei der Umformung nur eine zusätzliche Anlassbehandlung erforderlich.

10.2.5 Arbeitsproben für umgeformte Bauteile

Für alle warmgeformten Mäntel, Schüsse und Böden sind Arbeitsproben vorzusehen. Die erforderliche Zahl der Probestücke wird wie folgt festgelegt:

- a) **Mäntel und Schüsse** — ein Probestück je Trommel. Dieses kann in Verantwortung des Herstellers als ein Verlängerungsstück der Schweißarbeitsprobe angefertigt werden, vorausgesetzt, dass es aus dem gleichen Werkstoff wie der Mantel oder Schuss hergestellt und mit diesem wärmebehandelt wurde;
- b) **Böden** — ein Probestück je Wärmebehandlungslos.

An den Probestücken ist die Prüfung der mechanischen Eigenschaften des Grundwerkstoffs zu wiederholen, die beim Werkstoffhersteller durchgeführt wurde.

Bei Nichtbestehen einer Prüfung sind Wiederholungsprüfungen zulässig. Dafür gelten die Regelungen für Wiederholungsprüfungen der Werkstoffspezifikationen bzw. Werkstoffdatenblätter.

10.3 Vorwärmen zum Schweißen und thermischen Schneiden

10.3.1 Allgemeines

Um das Auftreten von Härterissen in der Wärmeeinflusszone von Schweißnähten und an thermisch geschnittenen Oberflächen zu vermeiden, ist gegebenenfalls die Durchführung einer Vorwärmung vor Beginn des Schweißens — einschließlich des Heftschweißens und des thermischen Schneidens — in Erwägung zu ziehen.

Schweißen und thermisches Schneiden dürfen in keinem Fall bei Bauteiltemperaturen unter 5 °C durchgeführt werden.

ANMERKUNG Gegebenenfalls sind Gerüste und Schutz vor Witterungseinflüssen wichtig, um sicherzustellen, dass die Schweiß- oder Schneidarbeiten unter sachgerechten Arbeitsbedingungen ausgeführt werden können.

10.3.2 Vorwärmen zum Schweißen

10.3.2.1 Der Hersteller muss in die Schweißanweisung Angaben zur Vorwärmtemperatur und, sofern für die Schweißarbeiten erforderlich, zur Arbeitstemperatur aufnehmen. Bei der Festlegung der Vorwärmtemperatur sind das Schweißverfahren, die Zusammensetzung und die Dicke der zu verbindenden Werkstoffe, die Art der Naht, der zu verwendende Zusatz, und die Wärmeeinbringung zu berücksichtigen. Allgemeine Empfehlungen für das Vorwärmen sind in EN 1011-1:2009 enthalten.

10.3.2.2 Wenn das Schweißverfahren für die Wurzellagen von dem für die Fülllagen abweicht, ist erforderlichenfalls die Vorwärmung für beide Verfahren getrennt festzulegen. Ein erforderlicher Wechsel in der Vorwärmung ist nach Beendigung des ersten Verfahrens und vor Beginn des nächsten Verfahrens vorzunehmen.

10.3.2.3 Wenn die Gefahr der Bildung wasserstoffinduzierter Risse besteht, z. B. unter starker Verspannung, müssen die Vorteile einer Aufrechterhaltung oder Erhöhung der Vorwärmtemperatur während mindestens 2 h nach Abschluss der Schweißarbeiten oder aber einer Zwischenglühung bei Spannungsarmglühbedingungen zur Wasserstoffentfernung genutzt werden.

10.3.2.4 Ist eine Vorwärmung erforderlich, dürfen die Schweißarbeiten nach Möglichkeit nicht unterbrochen werden. Wenn aber die Vorwärmung unterbrochen wird, sind auch die Schweißarbeiten zu unterbrechen und die Verbindung ist durch Einpacken in trockene Isolierstoffe langsam abzukühlen. Die Vorwärmung ist vor Wiederaufnahme der Schweißarbeiten wieder aufzubringen.

10.3.2.5 Austenitische Stähle erfordern kein Vorwärmen vor dem Schweißen.

10.3.2.6 Es dürfen weder Schweiß- noch Heftarbeiten ausgeführt werden, wenn die Temperatur des Grundwerkstoffs im Bereich 150 mm um die Schweißstelle unter 5 °C liegt.

10.3.3 Vorwärmen zum thermischen Schneiden

Die Vorwärmtemperaturen zum thermischen Schneiden sind vom Hersteller festzulegen. Empfehlungen sind in Tabelle 10 angegeben.

Tabelle 10 — Empfohlene Vorwärmtemperaturen für das thermische Schneiden

Stahltyp	Stahlgruppe	Dicke mm	Mindest-Vorwärm- temperatur °C
C C-Mn	1.1	≤ 150 > 150	Nicht erforderlich 50
0,3Mo	1.1	< 30 ≥ 30	Nicht erforderlich 100
20MnMoNi	2.2	< 15 ≥ 15	Nicht erforderlich 150
15MnCrMoNiV 15NiMoCuNb	4.1 4.2	< 15 ≥ 15	Nicht erforderlich 150
1Cr-1/2Mo	5.1	< 50 ≥ 50	Nicht erforderlich 150
2 1/4Cr-1Mo	5.2	< 50 ≥ 50	100 150
Cr-Mo-V	6.2	< 50 ≥ 50	100 150
9Cr-1Mo 9Cr-2Mo	6.4	Alle	150
12Cr-1Mo-V	6.4	Alle	200
ANMERKUNG Die vorstehenden Empfehlungen sollten als allgemeiner Leitfaden für eine übliche Praxis angesehen werden. Die Anwendung anderer Vorwärmtemperaturen ist zulässig.			

10.3.4 Messen der Vorwärmung

10.3.4.1 Der Hersteller muss Verfahren zur Messung und Aufrechterhaltung der Vorwärmtemperatur in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Norm EN ISO 13916:2017 anwenden.

ANMERKUNG Zulässige Verfahren zur Temperaturmessung schließen Thermochromstifte und/oder Thermoelemente ein.

10.3.4.2 Die Vorwärmtemperatur muss während der Anwendung periodisch gemessen werden.