

DIN EN 448



ICS 23.040.07; 23.040.45

Einsprüche bis 2023-09-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 448:2020-03

Entwurf

**Fernwärmerohre –
Einrohr-Verbundsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze –
Werkmäßig gefertigte Formstückbaueinheiten, bestehend aus
Stahl-Mediumrohren, einer Wärmedämmung aus Polyurethan und einer
Ummantelung aus Polyethylen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 448:2023**

District heating pipes –
Bonded single pipe systems for directly buried hot water networks –
Factory made fitting assemblies of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and
a casing of polyethylene;
German and English version prEN 448:2023

Tuyaux de chauffage urbain –
Systèmes bloqués monotubes pour des réseaux d'eau chaude enterrés directement –
Assemblages de raccords manufacturés pour tubes de service en acier, isolation thermique
en polyuréthane et tube de protection en polyéthylène;
Version allemande et anglaise prEN 448:2023

Anwendungswarnvermerk

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

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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 nhrs@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 Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRs), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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

Gesamtumfang 76 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRs)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 448:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 107 „Werkmäßig gedämmte Mantelrohrsysteme für Fernwärme und Fernkälte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DS (Dänemark) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 041-01-12 AA „Werkmäßig gedämmte Mantelrohre für Fernwärme (SpA CEN/TC 107)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

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.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 2859-2 siehe DIN ISO 2859-2

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 448:2020-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Hinzufügung von zwei weiteren Ultraschallprüfverfahren für die Prüfung von Schweißnähten in Tabelle 4;
- b) Angleichung an die Struktur von EN 253;
- c) nach 4.1.3.3 sind die Anforderungen an warmgeformte Bögen zwischen Besteller und Lieferant zu vereinbaren;
- d) Festpunkte sind nicht mehr enthalten;
- e) Kompensatoren und Kappen für den einmaligen Gebrauch sind nicht mehr enthalten, sie werden durch EN 13941-1 abgedeckt;
- f) für das Schweißen von Stahl werden die Anforderungen an den Schweißfachbetrieb und die Schweißzusätze in 4.1.6.1 und 4.1.6.3 festgelegt;
- g) die Anforderungen an die Schweißnahtvorbereitung bei Stahl entfallen;
- h) die Anforderungen an den Abstand zwischen parallelen Schweißnähten sind in 4.1.6.5.2 festgelegt;
- i) die Vorbereitung des aufgesetzten Abzweigs mit Stahlplatte zur Verstärkung wurde in 4.1.6.5.3 hinzugefügt;
- j) die Anforderung für Unvollkommenheiten der Schweißnähte in 4.1.6.6.1 wurde an EN 13941-2 angepasst;
- k) die zerstörungsfreie Prüfung (NDT) von Schweißnähten in 4.1.6.6.2 wurde an EN 13941-2 angepasst;
- l) die Prüfverfahren für die Dichtheitsprüfung von Stahlschweißnähten wurden in 5.3 präzisiert;

- m) die Anforderungen an die Sichtprüfung von PE-Schweißnähten in 5.4.1 wurden überarbeitet und erläuternde Abbildungen hinzugefügt;
- n) in 6.5 wurden Anforderungen an die Kennzeichnung von Formstückbaueinheiten hinzugefügt;
- o) Empfehlungen für die Qualifikation von PE-Schweißern wurden in B.1 hinzugefügt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 2859-2, *Annahmestichprobenprüfung anhand von Attributen — Teil 2: Nach der rückzuweisenden Qualitätsgrenzlage (LQ) geordnete Stichprobenanweisungen für die Prüfung einzelner Lose*

**Fernwärmerohre – Einrohr-Verbundsysteme für direkt erdverlegte
Fernwärmenetze – Werkmäßig gefertigte Formstückbaueinheiten, bestehend aus
Stahl-Mediumrohren, einer Wärmedämmung aus Polyurethan und einer
Ummantelung aus Polyethylen**

District heating pipes – Bonded single pipe systems for directly buried hot water networks – Factory made fitting assemblies of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and a casing of polyethylene

Tuyaux de chauffage urbain – Systèmes bloqués monotubes pour des réseaux d'eau chaude enterrés directement – Assemblages de raccords manufacturés pour tubes de service en acier, isolation thermique en polyuréthane et tube de protection en polyéthylène

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Anforderungen	8
4.1 Stahlteile	8
4.1.1 Spezifikation	8
4.1.2 Wanddicke und Durchmesser	8
4.1.3 Bögen	8
4.1.4 T-Stücke	9
4.1.5 Reduzierstücke	10
4.1.6 Schweißen von Stahlteilen	10
4.1.7 Oberflächenbeschaffenheit	15
4.2 Ummantelung	15
4.3 Wärmedämmung aus Polyurethan-Schaum	15
4.4 Verbundformstück	15
4.4.1 Allgemeines	15
4.4.2 Wärmedämmungsseries	15
4.4.3 Formstückenden	16
4.4.4 Winkel zwischen Ummantelungssegmenten der Bögen und Mindestlänge	16
4.4.5 Schweißen von Polyethylen	16
4.4.6 Durchmesser und Wanddicke der Ummantelung	18
4.4.7 Mindestdicke der Wärmedämmung in Verbundformstücken	18
4.4.8 Toleranzen bei den Hauptmaßen der Formstücke	18
4.4.9 Erwartete thermische Lebensdauer und Langzeit-Temperaturbeständigkeit	19
4.4.10 Wärmeleitfähigkeit	19
4.4.11 Oberflächenbeschaffenheit bei Lieferung	19
4.4.12 Messdrähte für Überwachungssysteme	19
5 Prüfverfahren	19
5.1 Allgemeines	19
5.2 Probekörper	19
5.3 Stahlteile	20
5.3.1 Dichtheitsprüfung mit Wasser	20
5.3.2 Sichtprüfung der Dichtheit mit Luft bei Überdruck	20
5.3.3 Sichtprüfung der Dichtheit mit Luft bei Unterdruck	20
5.4 Ummantelung	20
5.4.1 Sichtprüfung der Schweißnähte an Ummantelungen	20
5.4.2 Biegeversuch an Schweißnähten von Ummantelungen	23
5.5 Verbundformstück	24
5.5.1 Koaxialitätsabweichung und Winkelabweichung	24
5.5.2 Mindestdicke der Wärmedämmung aus Polyurethan-Schaum	24
5.5.3 Wärmeleitfähigkeit im nicht gealterten Zustand	24
6 Kennzeichnung	25
6.1 Allgemeines	25
6.2 Stahl-Mediumrohr	25
6.3 Stahl-Formstücke	25
6.4 Ummantelung	25
6.5 Verbundformstück	25
Anhang A (informativ) Überwachungs- und Prüfleitlinien	27
A.1 Allgemeines	27

A.2	Typprüfung des Herstellers	27
A.3	Qualitätskontrolle des Herstellers	27
A.4	Zusätzliche Prüfung	27
A.5	Verantwortung des Herstellers	27
Anhang B (informativ) Verfahren für das Verschweißen von Ummantelungen		32
B.1	Allgemeines	32
B.2	Empfehlungen für den Arbeitsort, die Maschine und die Einrichtung	32
B.3	Schweißgegenstände	32
B.4	Stumpfschmelzschweißen	33
B.4.1	Ausrüstung	33
B.4.2	Schweißanweisung	34
B.5	Extrusionsschweißen	34
B.5.1	Ausrüstung	34
B.5.2	Schweißanweisung	35
Anhang C (informativ) Abfallbehandlung und Recycling		36
Literaturhinweise		37

Bilder

Bild 1 — Versatz, Wanddickendifferenz und Vorbereitung der Enden von Stahl-Mediumrohren nach EN 13941-2	12
Bild 2 — Vorbereitung von aufgesetzten Abzweigen nach EN 13941-2	13
Bild 3 — Vorbereitung eines aufgesetzten Abzweigs mit Stahlscheibe zur Verstärkung	14
Bild 4 — Segmentäre Mantelrohrbögen	16
Bild 5 — Mindestbiegewinkel	17
Bild 6 — Hauptmaße der Formstücke	18
Bild 7 — Mindestanforderung an die Wulstkehle	21
Bild 8 — Linearer Versatz beim Stumpfschmelzschweißen	21
Bild 9 — Breite beim Stumpfschmelzschweißen	21
Bild 10 — Überlappung von Extrusionsschweißnähten	22
Bild 11 — Kerbe in der Nahtwurzel von Extrusionsschweißnähten	22
Bild 12 — Kerbe an den Kanten von Extrusionsschweißnähten	22
Bild 13 — Austriebsgrat von Extrusionsschweißnähten	23
Bild 14 — linearer Versatz von Extrusionsschweißnähten	23
Bild 15 — Prüfeinrichtung für den Biegeversuch	24
Bild B.1 — Mindestmaße an Schweißschuhen	35

Tabellen

Tabelle 1 — Abweichungen vom Nennbiegewinkel für kalt- und warmverformte Bögen	9
Tabelle 2 — Versatzanpassung und Wanddickendifferenz nach EN 13941-2	11
Tabelle 3 — Bewertungsgruppen für Schweißnähte	14
Tabelle 4 — Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP, en: non-destructive, NDT) von Schweißnähten	15
Tabelle 5 — Toleranzen bei den Hauptmaßen der Formstücke	18
Tabelle 6 — Abmessungen der Proben	24
Tabelle A.1 — Prüfung von Stahlteilen	28
Tabelle A.2 — Prüfung der Polyethylen-Ummantelung, des Polyurethans und des Verbundformstücks	30
Tabelle B.1 — Zulässige Abweichungen von der Planparallelität	33
Tabelle B.2 — Temperatur-Fehlergrenze	33
Tabelle B.3 — Größte Nichtparallelität der Schweißoberflächen	34
Tabelle B.4 — Mindestmaße an Schweißschuhen	35

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 448:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 107 „Werkmäßig gedämmte Mantelrohrsysteme für Fernwärme und Fernkälte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DS gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 448:2019 ersetzen.

Im Folgenden sind die wichtigsten Änderungen im Vergleich zur vorherigen Ausgabe aufgelistet:

- Tabelle 4 wurden zwei weitere Ultraschallverfahren für die Prüfung von Schweißverbindungen hinzugefügt;
- die Struktur wurde an EN 253 angepasst;
- nach 4.1.3.3 müssen die Anforderungen für warmverformte Bögen zwischen Käufer und Lieferant vereinbart werden;
- nach 4.1.3.3 müssen die Anforderungen für warmverformte Bögen zwischen Käufer und Lieferant vereinbart werden;
- Festpunkte sind nicht mehr enthalten;
- Einmalkompensatoren und Kappen sind nicht mehr enthalten, sie werden in EN 13941-1 behandelt;
- in 4.1.6.1 und 4.1.6.3 werden Anforderungen an den Schweißbetrieb und an Schweißzusätze für Stahlschweißungen angegeben;
- Anforderungen an die Vorbereitung von Stahlschweißungen wurden weggelassen;
- in 4.1.6.5.2 werden Anforderungen an den Abstand zwischen parallelen Schweißnähten angegeben;
- in 4.1.6.5.3 wurde die Vorbereitung von aufgesetzten Abzweigen mit Stahlscheiben zur Verstärkung hinzugefügt;
- die Anforderung für Schweißfehler in Schweißnähten in 4.1.6.6.1 wurde an EN 13941-2 angepasst;
- die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) von Schweißnähten in 4.1.6.6.2 wurde an EN 13941-2 angepasst;
- in 5.3 wurden Verfahren für die Prüfung der Dichtheit von Stahlschweißnähten präzisiert;
- Anforderungen an die Sichtprüfung von PE-Schweißnähten in 5.4.1 wurden überarbeitet und erläuternde Bilder wurden hinzugefügt;
- in 6.5 wurden Anforderungen an die Kennzeichnung von Verbundformstücken hinzugefügt;
- in B.1 wurden Empfehlungen für die Prüfung von PE-Schweißern hinzugefügt.

Einleitung

prEN 448 wurde an prEN 488-1 und andere relevante Europäische Normen angepasst.

Weitere Normen des CEN/TC 107 sind:

- EN 253, *Fernwärmerohre — Einzelrohr-Verbundsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Werkmäßig gefertigte Verbundrohrsysteme, bestehend aus Stahl-Mediumrohr, einer Wärmedämmung aus Polyurethan und einer Ummantelung aus Polyethylen*
- prEN 488-1, *Fernwärmerohre — Einrohr-Verbundsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Werkmäßig gefertigte Stahlarmaturenbaueinheit für Stahl-Mediumrohre, Wärmedämmung aus Polyurethan und einer Ummantelung aus Polyethylen*
- prEN 488-2, *Fernwärmerohre — Rohr-Verbundsysteme für erdverlegte Fernwärme- und Fernkältenetze — Teil 2: Werkmäßig gefertigte Baueinheiten für Entleerungs- und Entlüftungsarmaturen bestehend aus Stahl, einer Wärmedämmung aus Polyurethan und einer Ummantelung aus Polyethylen*
- EN 489-1, *Fernwärmerohre — Einzel- und Doppelrohr-Verbundsysteme für erdverlegte Fernwärmenetze — Teil 1: Mantelrohrverbindungen und Wärmedämmung für Fernwärmenetze nach EN 13941-1*
- EN 13941-1, *Fernwärmerohre — Auslegung und Installation von gedämmten Einzel- und Doppelrohr-Verbundsystemen für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Teil 1: Auslegung*
- EN 13941-2, *Fernwärmerohre — Auslegung und Installation von gedämmten Einzel- und Doppelrohr-Verbundsystemen für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Teil 2: Installation*
- EN 14419, *Fernwärmerohre — Einzel- und Doppelrohr-Verbundsysteme für erdverlegte Fernwärmenetze — Überwachungssysteme*
- EN 15632 (alle Teile), *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte flexible Rohrsysteme*
- prEN 15698-1, *Fernwärmerohre — Verbundmanteldoppelrohre für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Teil 1: Werkmäßig hergestelltes Verbund-Doppelrohrsystem, bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und einem Mantel aus Polyethylen*
- prEN 15698-2, *Fernwärmerohre — Verbundmanteldoppelrohre für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Teil 2: Werkmäßig hergestelltes Verbundformstück und vorgedämmte Absperrarmatur, bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und einem Mantel aus Polyethylen*
- EN 17248, *Fernwärme- und Fernkälterohrsysteme — Begriffe*
- EN 17414 (alle Teile), *Fernkälterohre — Werkmäßig gefertigte flexible Rohrsysteme*
- EN 17415 (alle Teile), *Fernkälterohre — Einrohr-Verbundsysteme für direkt erdverlegte Fernkältenetze*
- EN 17878 (alle Teile), *Fernwärmerohre — Flexible Rohrsysteme mit einem niedrigeren Temperaturprofil*

Das Abfallmanagement und das Werkstoffrecycling werden in Anhang C behandelt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen und Prüfverfahren für werkmäßig gefertigte, wärmegeämmte Verbundformstücke für Fernwärmenetze in Übereinstimmung mit EN 13941-1 fest, die aus einem Stahl-Mediumrohr, in den meisten Fällen einer Stahlaratur, einer Wärmedämmung aus Polyurethan-Schaum (PUR) und einer Ummantelung aus Polyethylen bestehen.

Das Verbundformstück kann darüber hinaus die folgenden zusätzlichen Bauteile umfassen: Messdrähte, Abstandhalter und Diffusionsbarrieren.

Dieses Dokument behandelt folgende Verbundformstücke: Bogen, T-Stück und Reduzierstück.

Dieses Dokument gilt für Verbundformstücke mit einem Mindestauslegungsdruck von 1,6 MPa.

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 253, *Fernwärmerohre — Einzelrohr-Verbundsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Werkmäßig gefertigte Verbundrohrsysteme, bestehend aus Stahl-Mediumrohr, einer Wärmedämmung aus Polyurethan und einer Ummantelung aus Polyethylen*

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

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

EN 10217-2, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10217-5, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 5: Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

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

EN 12814-1, *Prüfung von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen — Teil 1: Biegeversuch*

EN 13018, *Zerstörungsfreie Prüfung — Sichtprüfung — Allgemeine Grundlagen*

EN 13941-1, *Fernwärmerohre — Auslegung und Installation von gedämmten Einzel- und Doppelrohr-Verbundsystemen für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Teil 1: Auslegung*

EN 13941-2, *Fernwärmerohre — Auslegung und Installation von gedämmten Einzel- und Doppelrohr-Verbundsystemen für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Teil 2: Installation*

EN 14419, *Fernwärmerohre — Einzel- und Doppelrohr-Verbundsysteme für erdverlegte Fernwärmenetze — Überwachungssysteme*

EN 17248, *Fernwärme- und Fernkälterohrsysteme — Begriffe*

EN ISO 3452-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 3452-1)*

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

EN ISO 5579, *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Film und Röntgen- oder Gammastrahlen — Grundlagen (ISO 5579)*

EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817)*

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

EN ISO 9606-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1)*

EN ISO 9934-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Magnetpulverprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 9934-1)*

EN ISO 10675-1, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ISO 10675-1)*

EN ISO 11666, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Zulässigkeitsgrenzen (ISO 11666)*

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

EN ISO 15607, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607)*

EN ISO 16810, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Allgemeine Grundsätze (ISO 16810)*

EN ISO 17636-1, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen (ISO 17636-1)*

EN ISO 17636-2, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (ISO 17636-2)*

EN ISO 17637, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen (ISO 17637)*

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

EN ISO 17640, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Techniken, Prüfklassen und Bewertung (ISO 17640)*

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

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 17248.

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

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

4 Anforderungen

4.1 Stahlteile

4.1.1 Spezifikation

Stahlsorten sind in EN 13941-1 festgelegt.

Alle Stahl-Mediumrohre und Stahl-Formstücke für die Herstellung von Verbundformstücken, die in den Anwendungsbereich dieses Dokuments fallen, müssen mindestens mit einem Prüfzertifikat 3.1 nach EN 10204 an den Hersteller ausgeliefert werden. Das Prüfzertifikat muss auf Anforderung an den Kunden weitergegeben werden.

Sofern der Kunde, der die Verbundformstücke bestellt, ein werkstoffbezogenes Prüfzertifikat 3.1 nach EN 10204 fordert, muss er dies dem Hersteller der Verbundformstücke bei Auftragserteilung mitteilen.

ANMERKUNG 1 Jede spätere Anforderung eines solchen Dokuments könnte zu spät sein und kann gegebenenfalls vom Hersteller nicht mehr erfüllt werden, da der Produktionsbeginn von der vorherigen Organisation der Zuweisung von 3.1-Zertifikaten zu den Stahlarmaturen und Bauteilen der Stahl-Mediumrohre abhängt.

ANMERKUNG 2 Bei kaltverformten Bögen beziehen sich die Werkstoffe nach EN 10204 auf die Werte der chemischen Zusammensetzung, nicht auf die Werte der mechanischen Eigenschaften.

4.1.2 Wanddicke und Durchmesser

Entsprechend dem Anwendungsbereich dieses Dokuments müssen alle Bauteile aus Stahl für einen Druck von mindestens 1,6 MPa ausgelegt sein.

Wenn die Verbundformstücke bei Auslegungsdrücken über 1,6 MPa eingesetzt werden, werden gesonderte Berechnungen erforderlich.

Der Nenndurchmesser und die Mindestnennwanddicke aller Bauteile müssen vor der Bearbeitung mindestens die gleichen sein wie die der Mediumrohre nach EN 253.

Am Ende des Verbundformstücks müssen der Außendurchmesser, die Toleranzen für den Durchmesser der Rohrenden und die Wanddicke den Festlegungen für Mediumrohre nach EN 253 genügen.

Je nach Gestaltungserwägungen dürfen auch andere Wanddicken als in EN 253 angegeben verwendet werden. Diese dürfen jedoch in keinem Fall die in EN 253 angegebenen Mindestwerte unterschreiten.

Alle Bauteile müssen nach EN 13941-1 für die Belastungen und Beanspruchungen ausgelegt sein, die üblicherweise während der Nutzungsdauer der Verbundformstücke (oder des Bauteils) auftreten.

4.1.3 Bögen

4.1.3.1 Stumpfgeschweißte Bögen

Das Fertigungsverfahren und die Maße müssen EN 10253-2 entsprechen, mit der Ausnahme, dass der Biegeradius mindestens das 1,5-fache des Außendurchmessers beträgt.

4.1.3.2 Kaltverformte Bögen

Kaltverformte Bögen sind aus nahtlosen oder längsgeschweißten Rohren herzustellen.

Nach dem Biegen darf die Mindestwanddicke des gebogenen Rohrs nicht weniger als 85 % der Wanddicke des geraden Mediumrohrs betragen (siehe EN 253).

Die maximale Ovalität der gebogenen Fläche darf 6 % nicht überschreiten.

Die Formel für die Berechnung der Ovalität lautet:

$$O = \frac{D_{s,\max} - D_{s,\min}}{D_s} \cdot 100 \quad (1)$$

Dabei ist

O die Ovalität, in %;

$D_{s,\max}$ der größte Außendurchmesser;

$D_{s,\min}$ der kleinste Außendurchmesser im gleichen Querschnitt in der Biegezone;

D_s der festgelegte Außendurchmesser.

Auf der gebogenen Fläche darf keine Faltenbildung auftreten. Wellen können zulässig sein, wenn die größte Höhe zwischen Wellental und Wellenberg 25 % der Nennwanddicke des gebogenen Rohres nicht überschreitet.

4.1.3.3 Warmverformte Bögen

Die Lieferung warmverformter Bögen muss zwischen Käufer und Lieferant vereinbart sein. Wenn nichts anderes vereinbart ist, gelten dieselben Anforderungen wie in 4.1.3.2.

4.1.3.4 Toleranzen der Biegewinkel für kalt- und warmverformte Bögen

Bei kalt- und warmverformten Bögen darf die Abweichung vom Nennbiegewinkel die in Tabelle 1 angegebenen Toleranzen nicht überschreiten.

Tabelle 1 — Abweichungen vom Nennbiegewinkel für kalt- und warmverformte Bögen

Nenndurchmesser des Mediumrohrs	Abweichung
≤ DN 200	±2,0°
> DN 200	±1,0°

4.1.4 T-Stücke

4.1.4.1 T-Stücke hergestellt durch Warmverformverfahren

T-Stücke müssen durch Warmverformverfahren nach EN 10253-2 hergestellt werden.

Die Wanddicken t und t_1 , siehe EN 10253-2, müssen mindestens denen der geraden Rohre entsprechen, siehe EN 253. Alle anderen Abmessungen müssen mit EN 10253-2 übereinstimmen.

4.1.4.2 T-Stück als aufgesetzter Abzweig

T-Stücke als aufgesetzte Abzweige müssen hergestellt werden, indem das Abzweigrohr direkt an das Hauptrohr geschweißt wird, mit oder ohne Ausgleichsscheiben (zur Verstärkung) nach den Anforderungen von EN 13941-1, siehe Bild 2 und Bild 3. Die Abzweigrohre müssen mit einer Toleranz von $\pm 2,0^\circ$ rechtwinklig an die Hauptrohre anschließen.

4.1.4.3 T-Stück hergestellt durch Ziehen eines Kragens

Durch Ziehen eines Kragens hergestellte T-Stücke müssen hergestellt werden, indem ein Kragen warmgezogen wird, an den das Abzweigrohr angeschweißt wird. Die Wanddicke des Kragens muss mindestens der des Abzweigrohrs entsprechen, siehe EN 253. Der Kragen muss an der der Schweißnaht des Hauptrohrs gegenüberliegenden Seite gezogen werden.

Durch Ziehen eines Kragens hergestellte T-Stücke müssen frei von durch Sichtprüfung feststellbaren inneren und äußeren Oberflächenfehlern sein.

Die Beschaffenheit der Innen- und Außenoberflächen der Formstücke muss für das Herstellungsverfahren und ggf. für die angewendete Wärmebehandlung typisch sein. Üblicherweise müssen Beschaffenheit und Zustand der Oberfläche so sein, dass Fehler, die eine Nachbearbeitung erforderlich machen, erkannt werden.

4.1.5 Reduzierstücke

Die Reduzierstücke müssen EN 10253-2 entsprechen, mit Ausnahme der Wanddicken T und T_1 , siehe EN 10253-2, die mindestens denen der geraden Rohre (siehe EN 253) entsprechen müssen, die mit den Formstücken verschweißt werden sollen.

4.1.6 Schweißen von Stahlteilen

4.1.6.1 Qualifikation des Herstellers

Der Hersteller der Armaturenbaugruppen muss die Qualitätsanforderungen nach EN ISO 3834-3 erfüllen.

4.1.6.2 Qualifikation des Schweißers

Handschweißer müssen nach EN ISO 9606-1 qualifiziert sein.

Schweißer für das mechanische Schweißen müssen nach EN ISO 14732 qualifiziert sein.

4.1.6.3 Schweißprozess und Schweißanweisung

Alle Arten von Schweißprozessen sind zulässig, solange nachgewiesen ist, dass die mechanischen und technischen Eigenschaften der geschweißten Mantelrohrverbindung vergleichbar zu denen des Grundwerkstoffs sind.

Der Schweißprozess muss nach EN ISO 15607 festgelegt werden und anerkannt sein. Der Hersteller darf das Anerkennungsverfahren selbst wählen.

Alle Schweißnähte müssen vollständig durchgeschweißt sein.

4.1.6.4 Schweißzusätze

Die Qualität von Schweißzusätzen muss so sein, dass die mechanischen Eigenschaften der Schweißnähte mindestens denen des Grundmetalls entsprechen und zur Schweißanweisung und zu den Schweißbedingungen passen.

4.1.6.5 Durchführung der Schweißarbeiten

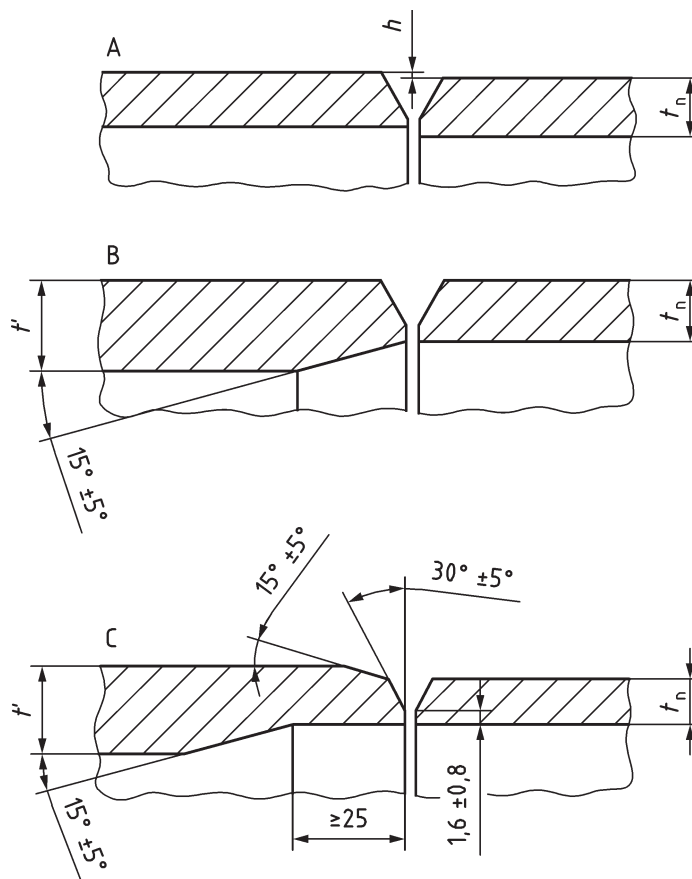
4.1.6.5.1 Fügekantenvorbereitung und Wanddickendifferenz

Für Verbindungen zwischen Stahlteilen mit unterschiedlicher Wanddicke gilt Bild 1.

Für die unterschiedlichen Werte der möglichen Versatzanpassung und der Wanddickendifferenz gilt Tabelle 2.

Tabelle 2 — Versatzanpassung und Wanddickendifferenz nach EN 13941-2

	Anpassung	Erforderliche Maßnahme
Versatz		
Versatz $h \leq 0,3 t$, max. 1 mm	Bild 1, Einzelheit A	
Versatz $1 \text{ mm} < h \leq 10 \text{ mm}$		Anpassung der Rohrenden
Versatz $h > 10 \text{ mm}$	Zusätzliches Formstück	Gesondert hergestelltes Stahlformstück mit Mindestlänge.
Wanddickendifferenz		
Wanddickendifferenz: $t' \leq 1,5 t_n$	Bild 1, Einzelheit B	Anpassung der dickeren Wand t' nach EN 1708-1
Wanddickendifferenz: $t' > 1,5 t_n$	Bild 1, Einzelheit C	Anpassung der dickeren Wand t' nach EN 1708-1



Legende

h Versatz

t_n kleinste Wanddicke

t' größte Wanddicke

Bild 1 — Versatz, Wandtickendifferenz und Vorbereitung der Enden von Stahl-Mediumrohren nach EN 13941-2

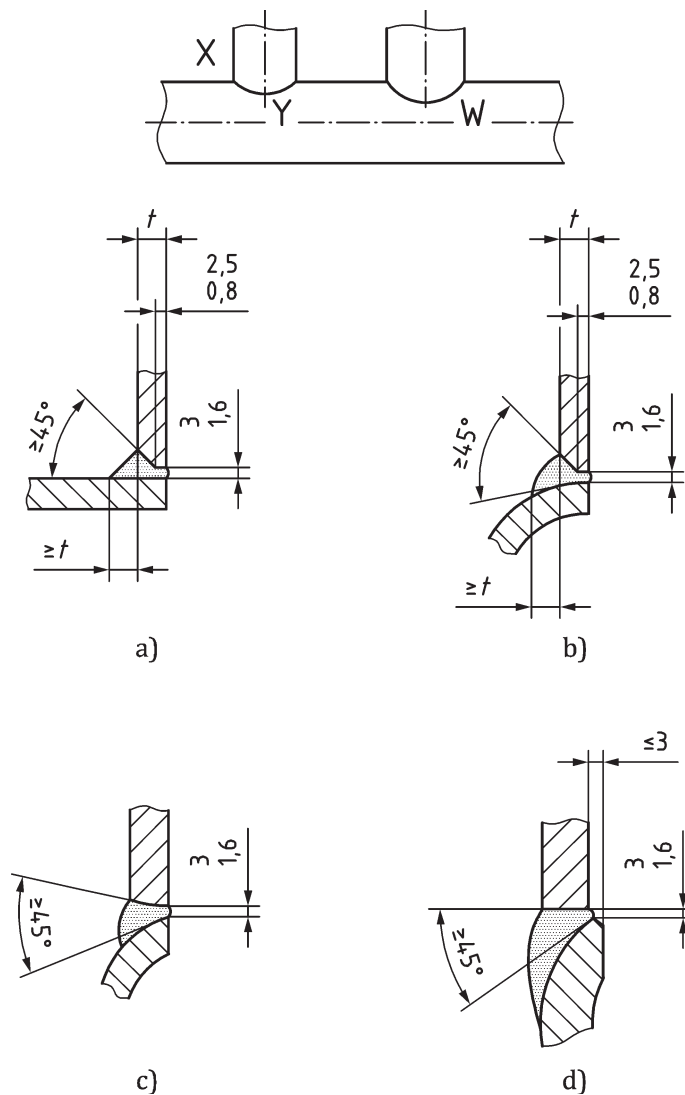
4.1.6.5.2 Abstand zwischen parallelen Schweißnähten

Der Mindestabstand zwischen zwei parallelen Schweißnähten muss so sein, dass die Wärmeeinflusszonen sich nicht überlappen oder wechselseitig beeinflussen, der Mindestabstand beträgt 50 mm, in besonderen Fällen darf der Mindestabstand auf das 7-fache der Wanddicke verringert werden.

Ein Abstand von 100 mm oder mehr wird empfohlen.

4.1.6.5.3 Schweißen von aufgesetzten Abzweigen

Bei der Herstellung von T-Stücken mit direkt an das Hauptrohr geschweißtem Abzweig müssen die Vorbereitungen Bild 2 entsprechen.

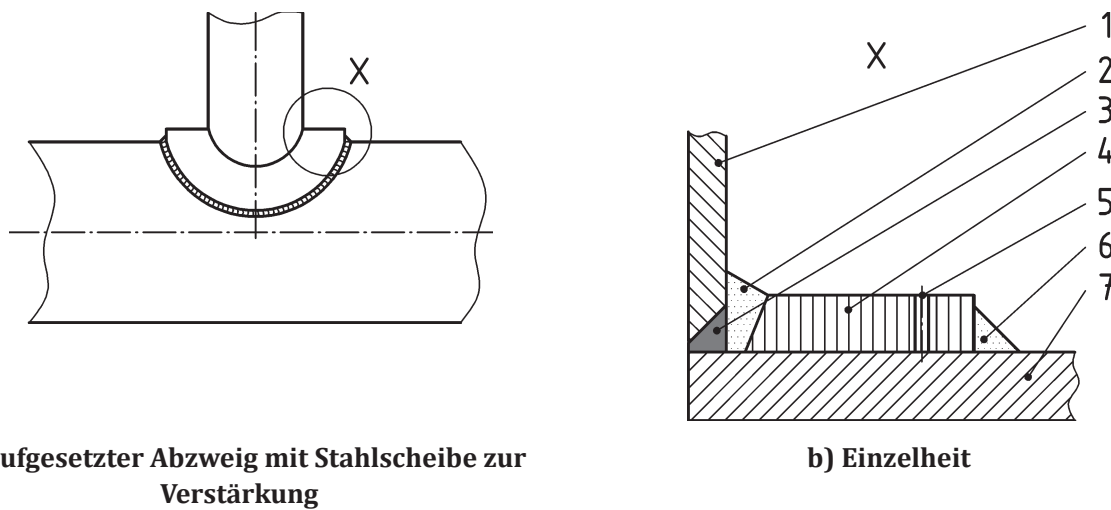


Legende

- | | |
|--|---|
| a Schnitt X an der Gabelung des rechtwinkligen Abzweigs | c Schnitt Y an der Flanke eines ungleichen Abzweigs. Verhältnis der Durchmesser $> 2/3$ |
| b Schnitt Y an der Flanke eines ungleichen Abzweigs. Verhältnis der Durchmesser $\leq 2/3$ | d Schnitt W an der Flanke eines gleichen Abzweigs |

Bild 2 — Vorbereitung von aufgesetzten Abzweigen nach EN 13941-2

Bei der Herstellung von T-Stücken mit direkt an das Hauptrohr geschweißtem Abzweig mit einer Verstärkungs-scheibe müssen die Vorbereitungen Bild 3 entsprechen.



Legende

- 1 Abzweigrohr
- 2 Schweißnaht zwischen Abzweigrohr und Stahlscheibe
- 3 Schweißnaht zwischen Hauptrohr und Stahlscheibe
- 4 Stahlscheibe zur Verstärkung des Hauptrohrs
- 5 Bohrloch zur Druckentlastung
- 6 Schweißnaht zwischen Hauptrohr und Stahlscheibe
- 7 Hauptrohr

Bild 3 — Vorbereitung eines aufgesetzten Abzweigs mit Stahlscheibe zur Verstärkung

4.1.6.6 Prüfung von Schweißnähten

4.1.6.6.1 Allgemeines

Die Schweißnaht muss die in Tabelle 3 aufgeführten Bewertungsgruppen nach EN ISO 5817 erfüllen.

Tabelle 3 — Bewertungsgruppen für Schweißnähte

Unregelmäßigkeiten	Bewertungsgruppe nach EN ISO 5817
äußere Unregelmäßigkeiten	C
innere Unregelmäßigkeiten	B

Das Prüfpersonal sollte nach EN ISO 9712 für das betreffende Prüfverfahren qualifiziert sein.

4.1.6.6.2 Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) von Schweißnähten

Die Prüfung der Schweißnähte muss nach Tabelle 4 ausgeführt werden.

Die Prüfung auf äußere Unregelmäßigkeiten muss durch Sichtprüfung (SP) der gesamten Länge der Schweißnähte erfolgen.

Die Prüfung auf innere Unregelmäßigkeiten der Schweißnähte erfolgt üblicherweise durch Durchstrahlungsprüfung (DP) oder Ultraschallprüfung (UP). Alternativ sollten diese Verfahren, wenn sie nicht in der Lage sind, geeignete Informationen zur Schweißgüte zu liefern, durch die Farbstoff-Eindringprüfung (FEP) oder die Magnetpulverprüfung (MP) ersetzt werden.

Tabelle 4 — Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP, en: non-destructive, NDT) von Schweißnähten

ZfP	Allgemeines Prinzip	Schweißnahtprüfung	Anforderungskriterien
Sichtprüfung (SP)	EN 13018	EN ISO 17637	EN ISO 5817
Durchstrahlungsprüfung (DP)	EN ISO 5579	EN ISO 17636-1 und EN ISO 17636-2	EN ISO 10675-1
Ultraschallprüfung (UP)	EN ISO 16810	EN ISO 17640	EN ISO 11666
	phasengesteuertes Array	EN ISO 13588	EN ISO 19285
	UP-TOFD	EN ISO 10863	EN ISO 15626
Farbstoff-Eindringprüfung (FEP)	EN ISO 3452-1	EN ISO 3452-1	EN ISO 23277
Magnetpulverprüfung (MP)	EN ISO 9934-1	EN ISO 17638	EN ISO 23278

4.1.6.6.3 Dichtheitsprüfung

Bei der Prüfung der Dichtheit nach 5.3.1, 5.3.2 oder 5.3.3 müssen die Schweißnähte die dort aufgeführten Bedingungen erfüllen. Vergleichbare andere Prüfverfahren, z. B. die Detektion von Prüfgasen wie Helium, dürfen angewendet werden.

4.1.7 Oberflächenbeschaffenheit

Um die richtige Haftung zwischen dem Stahl-Mediumrohr und dem PUR sicherzustellen, muss das folgende Verfahren angewandt werden:

- vor dem PUR muss die äußere Stahlrohroberfläche gereinigt werden, damit sie frei von Rost, Walzsinter, Ölen, Fetten, Staub, Beschichtungsstoffen, Feuchtigkeit und anderen Verunreinigungen ist;
- vor dem Reinigen des Stahlrohrs und der Stahl-Formstücke muss die äußere Oberfläche des Rohrs und der Formstücke den Rostgraden A, B oder C nach EN ISO 8501-1 entsprechen; Lochfraß darf nicht vorhanden sein.

4.2 Ummantelung

Der Werkstoff und die Ummantelungseigenschaften müssen den Festlegungen in EN 253 entsprechen.

4.3 Wärmedämmung aus Polyurethan-Schaum

Das PUR muss EN 253 entsprechen.

Zum Nachweis der Schaumstoffeigenschaften müssen den Verbundformstücken Probekörper nach 5.2 entnommen werden.

4.4 Verbundformstück

4.4.1 Allgemeines

Alle Anforderungen gelten einschließlich der Diffusionsbarriere, falls vorhanden.

4.4.2 Wärmedämmungsserien

Die Wärmedämmungsserien müssen EN 253 entsprechen.

4.4.3 Formstückenden

4.4.3.1 Rohrenden ohne Wärmedämmung

Die Enden der Mediumrohre müssen frei von Dämmung nach EN 253 sein.

Die Abschrägung der Schweißnaht muss einen Winkel α von $30^{+5}_0^\circ$ mit einer Stegflanke von $1,6 \text{ mm} \pm 0,8 \text{ mm}$ haben.

4.4.3.2 Koaxialitätsabweichung

Bei Prüfung nach 5.5.1 darf der Abstand zwischen den Mittellinien des Stahl-Mediumrohrs und der Ummantelung an den Enden der Formstücke die in EN 253 angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

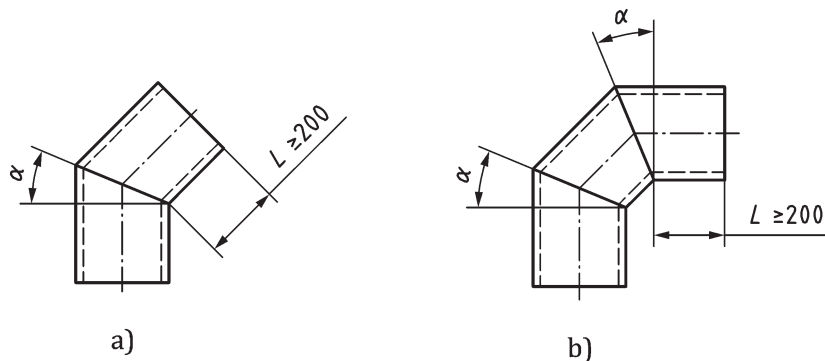
4.4.3.3 Winkelabweichung zwischen Stahl-Mediumrohr und Ummantelung

Bei Prüfung nach 5.5.1 darf die Winkelabweichung zwischen den Mittellinien der Enden des Mediumrohrs und der Ummantelung auf einer Länge von 100 mm vom Ende aus nicht mehr als 2° betragen.

4.4.4 Winkel zwischen Ummantelungssegmenten der Bögen und Mindestlänge

Der größte Nennwinkel α zwischen zwei aneinander stoßenden Ummantelungssegmenten eines Bogens darf $22,5^\circ$ nicht überschreiten, siehe Bild 4.

Die Länge L der Ummantelung an den Enden der Formstücke muss mindestens 200 mm betragen, siehe Bild 4.



Legende

$\alpha \leq 22,5^\circ$

a Lösung mit 2 Segmenten

b Lösung mit 3 Segmenten

Bild 4 — Segmentäre Mantelrohrbögen

4.4.5 Schweißen von Polyethylen

4.4.5.1 Allgemeines

Durch die Einhaltung geeigneter Arbeitsverfahren ist die Dichtheit der Schweißnähte sicherzustellen.

Der Schweißprozess sollte daher nach einem Anhang B entsprechenden oder gleichwertigen dokumentierten Verfahren durchgeführt werden.

Für das PE-Schweißen müssen die folgenden Vorsichtsmaßnahmen getroffen und dokumentiert werden:

- a) nur Ummantelungswerkstoffe, die die Anforderungen nach EN 253 erfüllen, dürfen verwendet werden;

ANMERKUNG Für die Ummantelung von Formstücken werden üblicherweise PE-Rohre als halbfertige Erzeugnisse verwendet.

- b) Schweißzusatzwerkstoffe aus PE müssen die Anforderungen nach EN 253 erfüllen;
- c) es müssen bewährte Schweißprozesse unter Verwendung geeigneter und gewarteter Geräte und Werkzeuge angewendet werden;
- d) das Schweißpersonal muss ausgebildet sein und über gültige Qualifikationsnachweise verfügen.

4.4.5.2 Schmelzflussrate

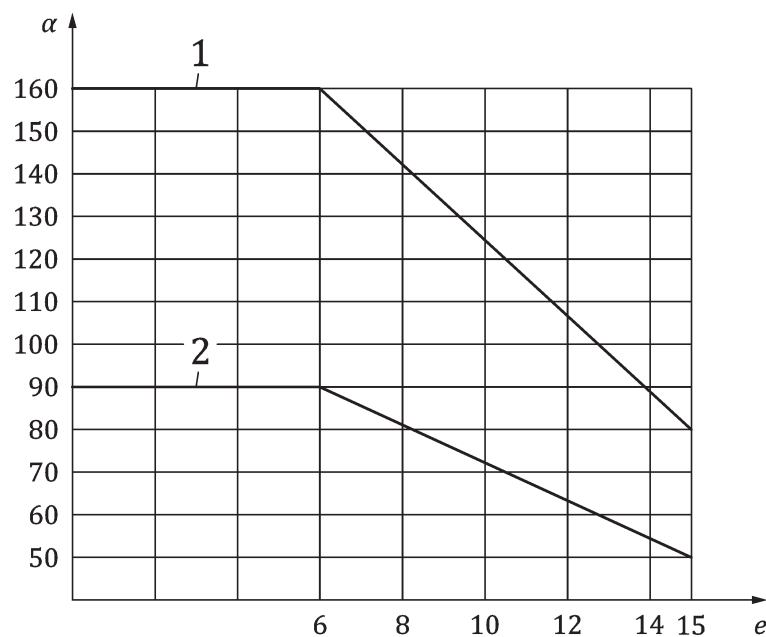
Die Schmelzflussraten der zu verschweißenden Ummantelungen dürfen sich bei der Bestimmung nach EN 253 um nicht mehr als 0,5 g/10 min unterscheiden.

4.4.5.3 Äußere Beschaffenheit

Es ist eine vollständige Sichtprüfung aller Schweißnähte vorzunehmen und nach 5.4.1 zu bewerten.

4.4.5.4 Biegeversuch

Bei Prüfung nach EN 12814-1 dürfen bis zum Erreichen des Prüfwinkels keine Risse/Brüche in der Schweißnaht auftreten. Der Mindestbiegewinkel α muss den im Diagramm in Bild 5 angegebenen Werten entsprechen.



Legende

- 1 Stumpfschweißen
- 2 Extrusionsschweißen
- α Biegewinkel
- e Wanddicke der Ummantelung

Bild 5 — Mindestbiegewinkel

4.4.5.5 Dichtheit der geschweißten Ummantelung

Die Formstücke müssen dicht sein.

Falls nach dem Verschäumen an der Außenseite der Schweißstelle PUR sichtbar ist, muss die gesamte Ummantelung entfernt und die gesamte Fertigungsserie geprüft werden.

Der Schweißprozess muss fehlerfrei sein und das Produkt nach 4.4.5.3 und 4.4.5.5 geprüft werden.

4.4.6 Durchmesser und Wanddicke der Ummantelung

Der Außendurchmesser und die Mindestwanddicke der Ummantelung müssen nach der Herstellung der Verbundformstücke EN 253 entsprechen.

4.4.7 Mindestdicke der Wärmedämmung in Verbundformstücken

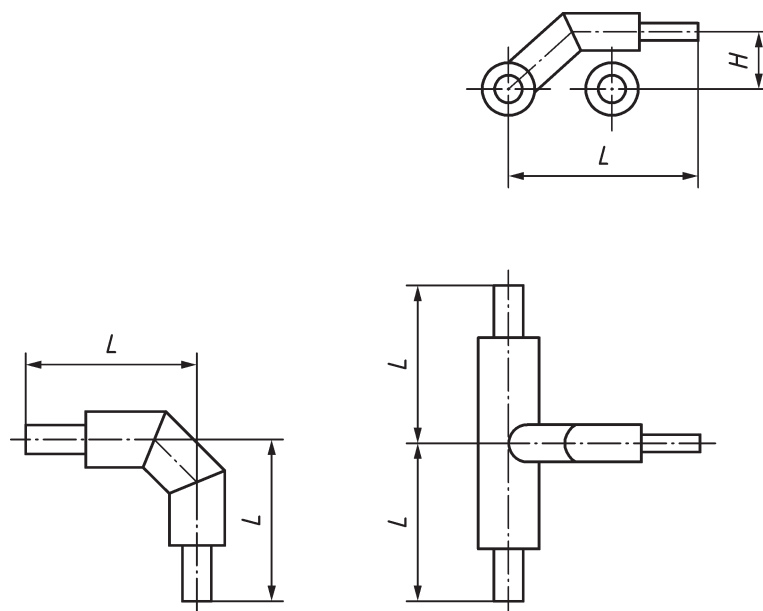
Bei der Messung nach 5.5.2 darf die Dicke der Wärmedämmung in den Verbundformstücken an keinem Punkt weniger als 50 % der Nenndämmdicke und an keinem Messpunkt weniger als 15 mm betragen.

4.4.8 Toleranzen bei den Hauptmaßen der Formstücke

Die Toleranzen für die vom Hersteller angegebenen Hauptmaße der in Bild 6 dargestellten Formstücke müssen Tabelle 5 entsprechen.

Tabelle 5 — Toleranzen bei den Hauptmaßen der Formstücke

DN	<i>H</i> mm	<i>L</i> mm
≤ 300	±10	±20
> 300	±25	±50



Legende

L Länge

H Höhenversatz

DN Nenndurchmesser

Bild 6 — Hauptmaße der Formstücke

4.4.9 Erwartete thermische Lebensdauer und Langzeit-Temperaturbeständigkeit

Die erwartete thermische Lebensdauer und die Langzeit-Temperaturbeständigkeit müssen den Anforderungen und dem Prüfverfahren nach EN 253 entsprechen.

Diese Prüfung muss nach EN 253 an einem Einrohrsystem unter Verwendung von Schaumstoff durchgeführt werden, der nach der gleichen Rezeptur und dem gleichen Verfahren wie bei den Verbundformstücken hergestellt wurde.

4.4.10 Wärmeleitfähigkeit

Bei der Prüfung nach 5.5.3 muss die Wärmeleitfähigkeit im nicht gealterten Zustand EN 253 entsprechen.

Diese Prüfung muss nach EN 253 an einem Einrohrsystem unter Verwendung von Schaumstoff durchgeführt werden, der nach der gleichen Rezeptur und dem gleichen Verfahren wie bei den Verbundformstücken hergestellt wurde.

4.4.11 Oberflächenbeschaffenheit bei Lieferung

Die Oberflächenbeschaffenheit bei Lieferung muss EN 253 entsprechen.

4.4.12 Messdrähte für Überwachungssysteme

Ggf. vorhandene Messdrähte müssen EN 14419 entsprechen.

5 Prüfverfahren

5.1 Allgemeines

Unterscheiden sich in diesem Dokument festgelegte Prüfanforderungen von denen in anderen Normen, auf die Bezug genommen wird, gelten die Anforderungen dieses Dokuments.

ANMERKUNG Der informative Anhang A enthält Leitlinien für die Überwachung und die Prüfung.

Alle Probekörper müssen für die Produktion repräsentativ sein.

Alle Prüfungen des Verbundformstücks müssen die Diffusionsbarriere, falls vorhanden, umfassen, außer bei Prüfungen, bei denen ausdrücklich darauf verzichtet wird.

5.2 Probekörper

5.2.1 Die Probekörper dürfen der Ummantelung erst entnommen werden, nachdem diese mindestens 16 h bei einer Temperatur von $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ aufbewahrt wurde, oder dem PUR und dem Verbundformstück, nachdem diese mindestens 72 h bei einer Temperatur von $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ aufbewahrt wurden. Abweichungen von diesen Zeiträumen sind beispielsweise bei Qualitätskontrollen zulässig. In Streitfällen müssen jedoch die geforderten Zeiträume eingehalten werden.

5.2.2 Probekörper zur Ermittlung der PUR-Eigenschaften und zur Bestimmung der Eigenschaften des Verbundformstücks müssen Verbundformstücken aus der Produktion entnommen werden, jedoch so, dass sie mindestens 100 mm von dem Ende des PUR und 50 mm von den Schweißstellen der Ummantelung entfernt sind. Probekörper dürfen näher am PUR und den Schweißstellen der Ummantelung entnommen werden, z. B. für Qualitätskontrollen. In Streitfällen müssen, falls möglich, jedoch die Ergebnisse von Probekörpern verwendet werden, die mindestens 500 mm vom Ende des PUR genommen wurden.

5.2.3 Probekörper für die Bestimmung der Druckfestigkeit müssen an einer Stelle jedes einzelnen Endes des Verbundformstücks entnommen werden. An der Stelle, an der Probekörper entnommen werden, sind mindestens 3 Probekörper, gleichmäßig über den Umfang verteilt, zu entnehmen.