

DIN EN 253

The logo consists of the letters 'DIN' in a bold, sans-serif font, with horizontal lines above and below the letters.

ICS 23.040.10

Ersatz für
DIN EN 253:2003-06

**Fernwärmerohre –
Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte
Fernwärmenetze –
Verbund-Rohrsystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr,
Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen;
Deutsche Fassung EN 253:2003 + A1:2005**

District heating pipes –
Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks –
Pipe assembly of steel service pipe, polyurethane thermal insulation and outer casing of
polyethylene;
German version EN 253:2003 + A1:2005

Tuyaux de chauffage urbain –
Systèmes bloqués de tuyaux pré-isolés pour les réseaux d'eau chaude enterrés
directement –
Tube de service en acier, isolation thermique en polyuréthane et tube de protection en
polyéthylène;
Version allemande EN 253:2003 + A1:2005

Gesamtumfang 48 Seiten

Nationales Vorwort

Diese Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 107 „Werkmäßig gedämmte Mantelrohrsysteme für Fernwärme“ (Sekretariat Dänemark) des Europäischen Komitees für Normung CEN unter Mitwirkung des Normenausschusses Heiz- und Raumluftechnik im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. erstellt.

Die Änderungen betreffen insbesondere die Reduzierung der Werte für die Wanddicke der größeren Außendurchmesser. Diese Festlegung beruht auf Erfahrungswerten.

Die Änderungen gegenüber der bisherigen Fassung sind mit einem senkrechten Strich am linken Rand gekennzeichnet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 253:2003 -06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Veränderung der Werte für die Wanddicke des Außenmantels.

Frühere Ausgaben

DIN EN 253: 1994-12, 2003-06

ICS

Deutsche Fassung

Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Verbundrohrsystem, bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen

District heating pipes —
Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot
water networks —
Pipe assembly of steel service pipe, polyurethane thermal
insulation and outer casing of polyethylene

Tuyaux de chauffage urbain —
Systèmes bloqués de tuyaux pré-isolés pour les réseaux
d'eau chaude enterrées directement —
Tube de service en acier, isolation thermique en
polyuréthane et protection en polyéthylène

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 28. November 2002 angenommen.

Die Änderung A1 wurde von CEN am 7. Oktober 2005 angenommen.

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

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

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



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Vorwort zur Änderung A1	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe	8
4 Anforderungen	9
4.1 Allgemeines.....	9
4.2 Stahl-Mediumrohr	10
4.2.1 Qualität.....	10
4.2.2 Durchmesser	10
4.2.3 Wanddicke	10
4.2.4 Oberflächenbeschaffenheit	12
4.3 Ummantelung.....	12
4.3.1 Materialeigenschaften	12
4.3.2 Eigenschaften der Ummantelung.....	13
4.4 Polyurethan-Hartschaumstoffdämmung (PUR).....	15
4.4.1 Zusammensetzung	15
4.4.2 Zellstruktur	15
4.4.3 Schaumstoffdichte.....	15
4.4.4 Druckfestigkeit.....	16
4.4.5 Wasseraufnahme bei erhöhter Temperatur	16
4.5 Verbundrohr	16
4.5.1 Rohrenden	16
4.5.2 Durchmesser und Wanddicke des Mantelrohres	16
4.5.3 Koaxialitätsabweichung.....	17
4.5.4 Erwartete thermische Lebensdauer und Langzeit-Temperaturbeständigkeit.....	17
4.5.5 Wärmeleitfähigkeit im ungealterten Zustand	17
4.5.6 Stoßfestigkeit	17
4.5.7 Kriechverhalten.....	18
4.5.8 Oberflächenbeschaffenheit bei Lieferung.....	18
5 Prüfverfahren	18
5.1 Allgemeines.....	18
5.1.1 Probekörper.....	18
5.2 Ummantelung.....	19
5.2.1 Werkstoffdichte.....	19
5.2.2 Maße.....	19
5.2.3 Erscheinungsbild und Oberflächenbeschaffenheit	19
5.2.4 Veränderung nach Wärmebehandlung.....	19
5.2.5 Mechanisches Langzeitverhalten.....	19
5.2.6 Zugversuch unter gleichmäßiger Belastung (CLT).....	19
5.2.7 Bruchdehnung	19
5.2.8 Rußverteilung, Homogenität.....	20
5.2.9 Statische Kerbbelastungsprüfung	21
5.3 Polyurethan-Hartschaumstoff (PUR)	21
5.3.1 Zusammensetzung	21
5.3.2 Zellstruktur	21
5.3.3 Schaumstoffdichte.....	22
5.3.4 Druckfestigkeit.....	22
5.3.5 Wasseraufnahme	22
5.4 Verbundrohr	23
5.4.1 Vergrößerung des Durchmessers des Mantelrohres.....	23
5.4.2 Axiale Scherfestigkeit	23

	Seite	
5.4.3	Tangentiale Scherfestigkeit.....	24
5.4.4	Scherfestigkeit des gealterten Verbundrohres	25
5.4.5	Wärmeleitfähigkeit.....	26
5.4.6	Stoßfestigkeit	26
5.4.7	Kriechverhalten bei 140 °C	26
6	Kennzeichnung	28
6.1	Allgemeines.....	28
6.2	Stahl-Mediumrohr.....	28
6.3	Ummantelung.....	28
6.4	Verbundrohr	28
Anhang A (informativ) Zusammenhang zwischen den tatsächlichen Betriebsbedingungen im Dauerbetrieb und den Prüfbedingungen beim beschleunigten Altern		29
Anhang B (informativ) Berechnung der erwarteten thermischen Mindestlebensdauer bei verschiedenen Betriebstemperaturen unter Berücksichtigung der PUR-Schaumstoff-Haltbarkeit		31
Anhang C (normativ) Berechnete Dauerbetriebstemperatur (CCOT).....		32
C.1	Allgemeines.....	32
C.2	Formelzeichen.....	32
C.3	Alterung und Bestimmungen der Scherfestigkeit.....	32
C.4	Berechnungen.....	33
Anhang D (informativ) Richtlinien für die Prüfung		34
D.1	Typprüfung des Herstellers	34
D.2	Qualitätsüberwachung durch den Hersteller.....	34
D.3	Außerbetriebliche Prüfungen	34
D.4	Verantwortlichkeit des Herstellers.....	34
Anhang E (informativ) Änderung des Treibmittels und dessen Einfluss auf thermochemische und thermomechanische Eigenschaften des harten Polyurethanschaumstoffs (PUR)		38
Anhang F (normativ) Radiales Kriechverhalten von Polyurethanschaumstoff (PUR).....		39
Anhang G (normativ) Wärmeleitfähigkeit von werkmäßig gedämmten Rohren. Prüfverfahren		40
G.1	Anwendungsbereich	40
G.2	Anforderungen (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 5)	40
G.3	Versuchsrohr (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 7)	40
G.4	Probekörper (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 8).....	41
G.5	Durchführung (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 9)	41
G.6	Berechnungen (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 11).....	42
Anhang ZA (informativ) Nationale A-Abweichungen.....		45
ZA.1	Durch nationale Gesetzgebung in Schweden bedingte Abweichung bei Stahl-Mediumrohren	45
Literaturhinweise		46

Vorwort

Dieses Dokument EN 253:2003 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 107 "Werkmäßig gedämmte Mantelrohrsysteme für Fernwärme" erarbeitet, dessen Sekretariat vom DS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2003, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2003 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt EN 253:1994.

Die Anhänge A, B, D, E und H sind informativ.

Die Anhänge C, F und G sind normativ.

Dieses Dokument enthält Literaturhinweise.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, die Schweiz, die Slowakei, Spanien, die Tschechische Republik, Ungarn und das Vereinigte Königreich.

Vorwort zur Änderung A1

Dieses Dokument (EN 253:2003/A1:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 107 „Werkmäßig gedämmte Rohrsysteme für die Fernwärme“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DS gehalten wird.

Diese Änderung zur Europäischen Norm EN 253:2003 muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2006 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2006 zurückgezogen werden.

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

Einleitung

Die erste Ausgabe von EN 253 wurde 1990 bestätigt. Die erste Ausgabe wurde 1994 durch die zweite Ausgabe ersetzt.

In der ersten Überarbeitung wurden hauptsächlich folgende Änderungen vorgenommen:

- die Anforderungen an die Polyethylen-(PE-)Qualität wurden aktualisiert;
- jegliche Bezugnahme auf FCKW wurde gestrichen, und es wurden alternative Treibmittel berücksichtigt. Für weitere Informationen siehe Anhang E.

Bei der zweiten Überarbeitung wurden hauptsächlich folgende Änderungen vorgenommen:

- der Titel wurde geändert zu "Fernwärmerohre";
- der Begriff "underground" im Titel wurde durch "directly buried" ersetzt, der in beiden Fällen als "erdverlegt" übersetzt wird;
- die Erwähnung des Herstellungsverfahrens "gespritzt (gegossen)" im Vorwort wurde gestrichen;
- die Verweise auf andere Normen wurden an die aktuellen Versionen angeglichen;
- Definitionen wurden für die Begriffe "Charge", "berechnete Dauerbetriebstemperatur (CCOT)", "Kriechen", "Schaumstoffdichte", "Los" und "Thermische Lebensdauer" aufgenommen;
- Definitionen für "Gesamtrohdichte", "Kernrohdichte", "Dichte des PE-Rohmaterials", "Hochdruckpolyethylen (HDPE)", "Gespritzte (gegossene) Verbundrohre", "Schmelzindex MFR 190/5" wurden gestrichen;
- der Begriff "Mantelrohr" wurde geändert zu "Ummantelung", um den Einsatz der direkt und kontinuierlich auf die Isolierung gespritzten PE-Ummantelung zuzulassen, und auch die Anforderungen und Prüfungen wurden dementsprechend geändert;
- Anforderungen an die Stahlqualität und die Maße des Stahl-Mediumrohrs wurden so weit wie möglich geändert, um Übereinstimmung mit den Europäischen Normen herzustellen. Dies schließt Verweise auf die neuen Europäischen Normen EN 10216-2, EN10217-2 und EN 10217-5 ein;
- Anforderungen an die Toleranzen des äußeren Durchmessers D_S an den Rohrenden des Stahl-Mediumrohrs wurden eingeführt;
- Anforderungen an die Toleranzen der tatsächlichen Wandstärke T des Stahl-Mediumrohrs wurden eingeführt;
- der Nenn-Durchmesserbereich von Mediumrohren wurde von DN 700 auf einschließlich DN 1200 erweitert und die Anforderungen wurden dementsprechend geändert;
- Anforderungen an 3.1.B-Zertifikate für Stahl-Mediumrohre wurden aufgenommen;
- die Bezugstemperatur zur Prüfung der Induktionszeit der Ummantelung wurde auf 210 °C geändert;
- die Nenn-Außendurchmesserbereiche der Ummantelung wurden von 900 mm auf einschließlich 1 400 mm erweitert und die Anforderungen wurden dementsprechend geändert;
- die Anforderung an die Mindestzeit bis zum Versagen der Ummantelung wurde für Prüfungen des mechanischen Langzeitverhaltens auf 2 000 h erhöht;
- die Anforderungen an die Zellstruktur von PUR-Hartschaumstoffdämmung wurden erweitert und ein Prüfverfahren wurde eingeführt;
- die Anforderungen an die "Kernrohdichte" und die "Gesamtrohdichte" wurden durch Anforderungen an die "Schaumstoffdichte" ersetzt; das Prüfverfahren für die "Gesamtrohdichte" ist entfallen;

EN 253:2003 + A1:2005 (D)

- die "berechnete Dauerbetriebstemperatur (CCOT)" wurde eingeführt. Dies schließt das Hinzufügen des normativen Anhangs C ein;
- die Anforderungen an den "Kriechwiderstand" wurden durch Anforderungen an das "Kriechverhalten" ersetzt und ein Verfahren zum Prüfen des Kriechverhaltens bei 140 °C aufgenommen. Dies schließt den Zusatz des normativen Anhangs F ein;
- Anforderungen an die "Spannungsrisssbeständigkeit" und eine "statische Kerbbelastungsprüfung" wurden hinzugefügt;
- Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit zum Zeitpunkt der Lieferung wurden hinzugefügt;
- Anforderungen an die Kennzeichnung von Stahl-Mediumrohren wurden hinzugefügt;
- die früheren Anhänge C, D und E wurden jeweils in D, E und G umbenannt;
- ein neues Prüfverfahren zur Prüfung der Wärmeleitfähigkeit vorisolierter Rohre ist eingeführt und als Anhang H aufgenommen worden. Die relevanten Anforderungen sind in 4.5.5 und 5.4.5 einbezogen worden.

Diese Norm ist Teil der Normenreihe für Verbundmantelrohrsysteme, bei denen die Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaumstoff zum Verbund des Mediumrohres und der Polyethylen-Ummantelung eingesetzt wird.

Die weiteren Normen des CEN/TC 107 sind:

EN 448:2003, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Verbundformstücke bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen.*

EN 488:2003, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Absperrarmaturen für Stahl-Mediumrohre mit Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen.*

EN 489:2003, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Rohrverbindungen für Stahl-Mediumrohre mit Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen.*

EN 13941:2003, *Auslegung und Installation von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für Fernwärme.*

ANMERKUNG Der folgende in Verbindung mit den oben erwähnten Normen stehende Entwurf ist in Entwicklung:

prEN 14419, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Überwachungssysteme.*

Diese Europäische Norm enthält Änderungen zu EN 253:2003 bezüglich der Werte für Außendurchmesser und Wanddicke des Außenmantels. Die Änderungen beruhen auf jüngsten Erfahrungswerten.

1 Anwendungsbereich

In dieser Europäischen Norm werden Anforderungen und Prüfungen für vorgefertigte, gerade, thermisch gedämmte Rohr-in-Rohr-Systeme für erdverlegte Fernwärmenetze festgelegt, die aus einem Stahl-Mediumrohr von DN 20 bis DN 1200 mit Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaumstoff und einer Ummantelung aus Polyethylen bestehen.

Diese Norm gilt nur für Verbundsysteme für Dauerbetrieb mit Warmwasser bei Betriebstemperaturen bis 120 °C und gelegentliche Spitzentemperaturen bis 140 °C.

Die Abschätzung der erwarteten thermischen Lebensdauer bei Dauerbetrieb mit unterschiedlichen Betriebstemperaturen ist im Anhang B erläutert.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 728:1997, *Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme — Rohre und Formstücke aus Polyolefinen — Bestimmung der Oxidations-Induktionszeit.*

EN 743:1994, *Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme — Rohre aus Thermoplasten — Bestimmung des Längenschrumpfes.*

EN 921:1994, *Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme — Rohre aus Thermoplasten — Bestimmung des Zeitstand-Innendruckverhaltens bei konstanter Temperatur.*

EN 10204:1991, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen.*

EN 10216-2:2002, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen.*

EN 10217-2:2002, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen.*

EN 10217-5:2002, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 5: Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen.*

EN ISO 1872-2:1997, *Kunststoffe — Polyethylen - (PE) - Formmassen — Teil 2: Herstellung von Probekörpern und Bestimmung von Eigenschaften (ISO 1872-2:1997).*

EN ISO 1872-2:1997/A1, *Kunststoffe — Polyethylen - (PE) - Formmassen — Teil 2: Herstellung von Probekörpern und Bestimmung von Eigenschaften (ISO 1872-2:1997/AM 1:2000).*

EN ISO 8497:1996, *Wärmeschutz — Bestimmung der Wärmetransporteigenschaften im stationären Zustand von Wärmedämmungen für Rohrleitungen (ISO 8497:1994).*

ENV 10220:1993, *Nahtlose und geschweißte Stahlrohre — Abmessungen und längebezogene Masse.*

ISO 844:2001, *Rigid cellular plastics — Determination of compression properties.*

ISO 845:1988, *Cellular plastics and rubbers — Determination of apparent (bulk) density.*

ISO 1183:1987, *Plastics — Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics.*

ISO 3126:1974, *Plastics pipes — Measurement of dimensions.*

ISO 3127:1994, *Plastics pipes — Determination of resistance to external blows — Round-the-clock-method.*

ISO 4590:1981, *Cellular plastics — Determination of volume percentage of open and closed cells of rigid materials.*

ISO 6761:1981, *Steel tubes — Preparation of ends of tubes and fittings for welding.*

ISO 8501-1:1988, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings.*

ISO/DIS 16770.2:2001, *Plastics — Determination of environment stress cracking (ESC) of polyethylene (PE) — Full notch creep test (FNCT).*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe:

3.1

Alterung

wird bei einer bestimmten erhöhten Temperatur in einer bestimmten Zeit an einem Mediumrohr durchgeführt, während die Ummantelung der Raumtemperatur ausgesetzt ist

3.2

Charge

festgelegte Menge eines Rohmaterials, die von einem Hersteller unter einheitlichen Herstellungsbedingungen in einem Produktionsdurchlauf hergestellt wurde

3.3

Verbundsystem

Mediumrohr, Dämmstoff und Ummantelung, die durch den Dämmstoff Verbund erhalten

3.4

berechnete Dauerbetriebstemperatur (CCOT)

Temperatur, für die die Temperaturbeständigkeit von 30 Jahren berechnet werden kann, vorausgesetzt, dass eine Arrhenius-Beziehung zwischen Temperatur und thermischer Lebensdauer besteht

3.5

Ummantelung

äußere Schutzschicht aus Polyethylen, die den Dämmstoff und das Mediumrohr vor Grundwasser, Feuchtigkeit und mechanischer Beschädigung schützt

3.6

Koaxialitätsabweichung

Abweichung zwischen der Mittelachse des Mediumrohrs und der Mittelachse der Ummantelung

3.7

Dauerbetriebstemperatur

Temperatur, für die das Fernwärmenetz bei Dauerbetrieb ausgelegt ist

3.8

Kriechen

langsam fortschreitende Verformung unter dem Einfluss von Belastungen

3.9

Dichte

Masse des Körpers eines Werkstoffes, geteilt durch sein Volumen

3.10

Schaumstoffdichte

Rohdichte des Schaumstoffs der Dämmschicht an jeder Stelle

3.11

Dämmstoff

Stoff, der den Wärmeverlust reduziert

3.12

Los

vereinbarte Anzahl einheitlicher Komponenten, die geliefert wurde oder vom Hersteller zu liefern ist

3.13

MDI-Index (Polymer-Methyldiphenyl-Diisocyanat-Index)

Quotient aus der Menge an verbrauchtem Isocyanat und der stöchiometrisch benötigten Menge, multipliziert mit 100

3.14

Spitztemperatur

höchste Temperatur, bei der ein System gelegentlich für kurze Zeit betrieben werden darf, siehe Anhang B

3.15

Verbundrohr

zusammengesetztes Erzeugnis, das aus Mediumrohr, Dämmstoff und Ummantelung besteht

3.16

Polyurethan-Hartschaumstoff (PUR)

wird erzeugt durch chemische Reaktionen von Polyisocyanaten mit hydroxylhaltigen Verbindungen unter Zusatz von Katalysatoren, wobei das Aufschäumen mit Hilfe eines Treibmittels erfolgt. Diese Schaumstoffe haben eine überwiegend geschlossene Zellstruktur

3.17

Raumtemperatur

(23 ± 2) °C

3.18

Mediumrohr

Stahlrohr, in dem das Wasser transportiert wird

3.19

Scherfestigkeit

Fähigkeit des Verbundrohres, einer Scherkraft zwischen Ummantelung und Mediumrohr zu widerstehen

3.20

thermische Lebensdauer

vergangene Zeitdauer, bis die tangentiale Scherfestigkeit bei 140 °C einen Wert unter 0,13 MPa annimmt, wenn das Rohr beständig der Alterungstemperatur ausgesetzt wird

ANMERKUNG Der in der Definition der thermischen Lebensdauer mit 0,13 MPa angesetzte Grenzwert der tangentialen Scherfestigkeit ist deutlich höher als die für den Betrieb erforderliche Scherfestigkeit. Als eine Folge davon kann angenommen werden, dass die Gebrauchstauglichkeit des Rohrnetzes den Wert der thermischen Lebensdauer übersteigt.

4 Anforderungen

4.1 Allgemeines

Sofern nicht anders festgelegt, gelten die Anforderungen für jede einzelne Messung.

Für Informationen zu geeigneten Richtlinien zur Überprüfung von gefertigten werkmäßig gedämmten Rohren siehe Anhang D.

4.2 Stahl-Mediumrohr

4.2.1 Qualität

Die technischen Lieferbedingungen des Stahl-Mediumrohres müssen übereinstimmen mit:

EN 10216-2 ¹⁾	für nahtlose Stahlrohre
EN 10217-2 ²⁾	für elektrogeschweißte Stahlrohre
EN 10217-5 ³⁾	für unterpulverschweißte Rohre

Die Stahlqualität der Stahl-Mediumrohre muss der Klasse P235GH⁴⁾ nach EN 10216-2, EN 10217-2 oder EN 10217-5 entsprechen.

Alle Stahlrohre und Komponenten, die zur Fertigung von Verbundrohrsystemen innerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm verwendet werden, müssen mindestens mit einem 3.1.B-Zertifikat nach EN 10204 geliefert werden.

Der Hersteller muss die Zertifikate dokumentieren.

Eine Rohrlänge darf keine Rundschweißnaht enthalten.

4.2.2 Durchmesser

Der Durchmesser muss in Übereinstimmung mit der Tabelle 1 stehen, die ENV 10220:1993 entnommen wurde.

Die Toleranzen des äußeren Durchmessers D_s an den Enden des Stahl-Mediumrohres müssen mit Tabelle 2 übereinstimmen.

ANMERKUNG Um Belastungen auf Grund von Temperaturunterschieden und Versetzungen zu vermeiden, sind die in Tabelle 2 gegebenen Toleranzen für den D_s strenger als die Toleranzen in EN 10216-2, EN 10217-2 oder EN 10217-5.

4.2.3 Wanddicke

Die Nennwanddicken T und die Massen müssen den Festlegungen in ENV 10220:1993 entsprechen, wobei die in Tabelle 1 angegebenen Mindestwerte nicht unterschritten werden dürfen.

Je nach Rohrnetzauslegung sind andere Wanddicken zulässig, jedoch dürfen sie in keinem Fall kleiner als die in Tabelle 1 aufgeführten Mindest-Nennwanddicken sein.

Die Toleranzen der tatsächlichen Wanddicke T des Stahl-Mediumrohres muss mit Tabelle 3 übereinstimmen.

ANMERKUNG Um Belastungen auf Grund von Temperaturunterschieden und Versetzungen zu vermeiden, sind die in Tabelle 3 gegebenen Toleranzen für den D_s strenger als die Toleranzen in EN 10216-2, EN 10217-2 oder EN 10217-5.

1) Andere Stahlqualitäten oder Normen können nach Vereinbarung eingesetzt werden.
2) Andere Stahlqualitäten oder Normen können nach Vereinbarung eingesetzt werden.
3) Andere Stahlqualitäten oder Normen können nach Vereinbarung eingesetzt werden.
4) Andere Stahlqualitäten oder Normen können nach Vereinbarung eingesetzt werden.

Tabelle 1 — Maße des Stahl-Mediumrohres

Nenn Durchmesser DN	Außendurchmesser D_s in mm	Mindest-Nennwanddicke T in mm
20	26,9	2,0
25	33,7	2,3
32	42,4	2,6
40	48,3	2,6
50	60,3	2,9
65	76,1	2,9
80	88,9	3,2
100	114,3	3,6
125	139,7	3,6
150	168,3	4,0
200	219,1	4,5
250	273,0	5,0
300	323,9	5,6
350	355,6	5,6
400	406,4	6,3
450	457,0	6,3
500	508,0	6,3
600	610,0	7,1
700	711,0	8,0
800	813,0	8,8
900	914,0	10,0
1 000	1 016,0	11,0
1 200	1 219,0	12,5

Tabelle 2 — Toleranzen des Außendurchmessers D_s an den Rohrenden

Geschweißtes Rohr	
D_s in mm	Toleranz in mm
$D_s < 48,3$	$\pm 0,3$
$48,3 < D_s \leq 168,3$	$\pm 0,005 D_s$
$168,3 < D_s \leq 323,9$	$\pm 1,0$
$323,9 < D_s \leq 1 219,0$	$\pm 1,6$

Nahtloses Rohr	
D_s in mm	Toleranz in mm
$D_s < 114,3$	$\pm 0,4$
$114,3 < D_s \leq 219,1$	$\pm 0,005 D_s$
$219,1 < D_s \leq 711,0$	$\pm 0,006 D_s$

Tabelle 3 — Toleranzen der tatsächlichen Wanddicke

Geschweißtes Rohr		Nahtloses Rohr		
T in mm	$\pm\Delta T$ in mm	T in mm	$+\Delta T$ in mm	$-\Delta T$ in mm
2,0	0,3	2,0	0,3	0,2
2,3	0,3	2,3	0,4	0,2
2,6	0,3	2,6	0,4	0,3
2,9	0,3	2,9	0,4	0,3
3,2	0,3	3,2	0,4	0,4
3,6	0,4	3,6	0,5	0,5
4,0	0,5	4,0	0,5	0,5
4,5	0,5	4,5	0,6	0,6
5,0	0,5	5,0	1,0	0,6
5,6	0,5	5,6	1,1	0,7
6,3	0,5	6,3	1,3	0,9
7,1	0,5	7,1	1,4	1,1
8,0	0,5	8,0	1,4	1,1
8,8	0,5	8,8	1,4	1,1
10,0	0,5	10,0	1,4	1,1
11,0	0,5	11,0	1,4	1,1
12,5	0,5	12,5	1,4	1,1

4.2.4 Oberflächenbeschaffenheit

Das folgende Verfahren muss angewendet werden, damit die richtige Haftung zwischen dem Stahl-Mediumrohr und der PUR-Hartschaumstoffdämmung sichergestellt wird:

Vor dem Verschäumen muss die äußere Rohroberfläche gereinigt werden, damit sie frei von Rost, Walzsinter, Ölen, Fetten, Staub, Anstrichstoffen, Feuchtigkeit und anderen Verunreinigungen ist.

Vor dem Reinigen muss die äußere Oberfläche des Rohres den Rostgraden A, B oder C nach ISO 8501-1:1988 entsprechen; Lochfraß darf nicht vorhanden sein.

4.3 Ummantelung

4.3.1 Materialeigenschaften

4.3.1.1 Dichte und Zusammensetzung

Die Ummantelung kann ein getrennt hergestelltes Rohr sein oder direkt auf die Wärmedämmung extrudiert werden.

Die Dichte des PE-Rohmaterials muss am extrudierten Material entsprechend den Verfahren A oder D von ISO 1183 aus der Messung der Schmelzfließrate bestimmt werden.

Bei der Prüfung nach 5.2.1 muss das Ausgangsmaterial, aus dem die Ummantelung gefertigt wird, aus PE mit einer Dichte von mindestens 935 kg/m^3 bestehen, dem nur die Antioxydantien, UV-Stabilisatoren und Ruß zugegeben werden dürfen, soweit diese für die Herstellung und die Verwendung der Rohre nach dieser Norm erforderlich sind.

Der hinzugefügte Ruß muss folgenden Spezifikationen entsprechen:

- Dichte: 1 500 kg/m³ bis 2 000 kg/m³;
- Toluol-Extrakt: ≤ 0,1 Masseprozent;
- durchschnittliche Partikelgröße: 0,01 µm bis 0,025 µm.

Der Werkstoff für die Rohre muss aus schwarz gefärbtem PE mit einem Rußgehalt von $(2,5 \pm 0,5)$ % der Masse und einer Dichte von mindestens 944 kg/m³ bestehen.

Der Ruß muss in dem Werkstoff fein dispergiert sein. Bei der Prüfung nach 5.2.8 müssen folgende Anforderungen eingehalten werden:

Rußklumpen, Blasen, Poren oder Fremdstoffe dürfen keinen größeren Durchmesser als 100 µm haben. Weiße oder schwarze Streifen oder Schlieren dürfen nicht auftreten.

4.3.1.2 Schmelzfließrate

Um das Verschweißen zu erleichtern, hat der Hersteller den MFR-Faktor für das PE-Rohr anzugeben, der nach ISO 1133:1991, Bedingung T, bestimmt wurde. Die Schmelzfließraten der zu verschweißenden Rohre dürfen sich höchstens um 0,5 g/10 min unterscheiden.

4.3.1.3 Wärmebeständigkeit

Die Induktionszeit des Rohrwerkstoffes muss mindestens 20 Minuten betragen, wenn nach EN 728 bei 210 °C geprüft wird.

4.3.1.4 Mechanisches Langzeitverhalten des Rohmaterials

Das zur Herstellung der Ummantelung verwendete Rohmaterial muss bei der Prüfung nach 5.2.5 die Anforderungen der Tabelle 4 folgendermaßen erfüllen:

Wenn ein Probekörper bei der 165-h-Prüfung in Hinsicht auf das duktile Verhalten in weniger als 165 h versagt, ist die Prüfung mit den 1 000-h-Parametern zu wiederholen.

Ein Spröbruch ist beweiskräftig.

Tabelle 4 — Mechanisches Langzeitverhalten

Tangentialspannung MPa	Mindestdauer der Belastbarkeit h	Prüftemperatur °C
4,6	165	80
4,0	1 000	80

4.3.1.5 Verwendung von aufgearbeitetem Material

Nur sauberes, nicht abgebautes, wieder aufgearbeitetes Material aus eigener Produktion des Rohrherstellers darf zu höchstens 15 Masseprozent zugesetzt werden.

4.3.2 Eigenschaften der Ummantelung

4.3.2.1 Nenn-Außendurchmesser

Der Nenn-Außendurchmesser sollte Tabelle 5 entnommen werden.

4.3.2.2 Wanddicke

Die Wanddicke des Mantelrohres muss nach Tabelle 5 gewählt werden.

Tabelle 5 — Mantelrohrmaße

Durchmessergruppe	Nenn-Außendurchmesser D_c mm	Mindest-Wanddicke e_{min} mm
1	75	3,0
	90	3,0
	110	3,0
	125	3,0
	140	3,0
	160	3,0
	180	3,0
2	200	3,2
	225	3,4
	250	3,6
	280	3,9
	315	4,1
	355	4,5
3	400	4,8
	450	5,2
	500	5,6
	560	6,0
	630	6,6
	710	7,2
4	800	7,9
	900	8,7
	1 000	9,4
	1 100	10,2
	1 200	11,0
	1 400	12,5

4.3.2.3 Erscheinungsbild, Oberflächenbeschaffenheit, Rohrenden

Die innere und äußere Oberfläche⁵⁾ des extrudierten PE-Rohres müssen sauber sein und dürfen keine derartigen Unebenheiten oder andere Beschädigungen aufweisen, die den bestimmungsgemäßen Einsatz beeinträchtigen könnten (siehe 5.2.3).

Die Rohrenden müssen sauber geschnitten und rechtwinklig zur Rohrachse mit einer Toleranz von 2,5° sein.

4.3.2.4 Bruchdehnung

Die nach 5.2.7 bestimmte Bruchdehnung muss mindestens 350 % betragen.

5) Eine Oberflächenbehandlung zur Erhöhung der Scherfestigkeit zwischen dem PUR-Schaumstoff und dem Mantelrohr ist zulässig, vorausgesetzt, dass das so behandelte Rohr danach noch den Anforderungen dieser Norm entspricht.

4.3.2.5 Veränderungen nach Wärmebehandlung

Bei der Prüfung nach 5.2.4 darf keine Längenänderung um mehr als 3 % an irgendeiner Stelle des Rohres auftreten. Nach Beendigung der Prüfung dürfen am Rohr keine Fehler, Brüche, Vertiefungen oder Blasen feststellbar sein.

4.3.2.6 Mechanisches Langzeitverhalten der Ummantelung

Bei Prüfung nach 5.2.6 (CLT-Prüfung = Constant Load Tensile Test) müssen die Proben der Ummantelung die Anforderungen der Tabelle 6 erfüllen.

Tabelle 6 — Mechanisches Langzeitverhalten der Ummantelung

Zugspannung MPa	Prüftemperatur °C	Mindestzeit bis zum Bruch h
4	80	2 000

Alternativ kann eine Druckprüfung nach 5.2.5 an der Ummantelung selbst durchgeführt werden.

4.3.2.7 Spannungsrisssbeständigkeit

Bei der Prüfung nach 5.2.9 darf die Zeitspanne bis zum Versagen nicht kürzer als 300 h sein.

4.4 Polyurethan-Hartschaumstoffdämmung (PUR)

4.4.1 Zusammensetzung

Die Auswahl der Rohmaterialien, deren Zusammensetzung und die Herstellungsbedingungen liegen in der Verantwortung des Verbundrohrherstellers.

Der Hersteller muss Unterlagen aufbewahren, welche die verwendeten Rohmaterialien, die angewendeten Mischungsverhältnisse und die durchgeführten Prüfungen dokumentieren.

Aus den Unterlagen muss hervorgehen, dass der für die Produktion verwendete Schaumstoff die gleiche Zusammensetzung hat wie das für die Alterungsprüfung nach 5.4.4 verwendete Muster und dass er den Anforderungen nach 4.4 entspricht.

4.4.2 Zellstruktur

Der PUR-Hartschaumstoff muss eine gleichmäßige Zellstruktur ohne Schlieren aufweisen. Die Durchschnittsgröße der Zellen muss in radialer Richtung < 0,5 mm betragen und wird nach 5.3.2.1 bestimmt.

Der nach 5.3.2.2 bestimmte Anteil geschlossener Zellen muss mindestens 88 % betragen.

Bei Prüfung nach 5.3.2.3 darf der Anteil an Poren und Blasen nicht größer als 5 % der Querschnittsfläche sein. Keine einzige Pore darf mehr als 1/3 der Nenndicke der Wärmedämmung zwischen dem Stahl-Mediumrohr und der Ummantelung offen lassen.

Wenn ein Rohr die Zulässigkeitskriterien nicht erfüllt, muss eine neue Probe an 3 Rohren geprüft werden. Wenn eines dieser 3 Rohre die Kriterien nicht erfüllt, muss das Los verworfen werden.

4.4.3 Schaumstoffdichte

Bei der Bestimmung nach 5.3.3 darf die Dichte des Schaumstoffes an keiner Stelle geringer als 60 kg/m³ sein.

Keine Probe darf eine Dichte unter 60 kg/m³ aufweisen.

4.4.4 Druckfestigkeit

Bei Prüfung nach 5.3.4 darf die Druckspannung oder die Druckbeanspruchung bei 10 % relativer Verformung nach ISO 844 in radialer Richtung nicht unter 0,3 MPa liegen.

4.4.5 Wasseraufnahme bei erhöhter Temperatur

Wenn nach 5.3.5 geprüft wird, darf die Wasseraufnahme nach dem Eintauchen in kochendes Wasser für 90 min 10 % des Ausgangsvolumens nicht übersteigen.

4.5 Verbundrohr

4.5.1 Rohrenden

Beide Enden des Mediumrohres müssen über eine Länge von mindestens 150 mm frei von Dämmmaterial sein. Die Toleranz des erklärten Wertes muss ±10 mm betragen. Die Mediumrohrenden müssen für die Schweißung nach ISO 6761:1981 vorbereitet sein.

4.5.2 Durchmesser und Wanddicke des Mantelrohres

Der Außendurchmesser des PE Mantelrohres muss an jedem Punkt zwischen dem Minstdurchmesser D_{min} und dem größten Durchmesser D_{max} wie in Tabelle 6a angegeben, liegen. Die Mindestwanddicke, e_{min} , des PE Mantelrohres muss an jedem Punkt den Werten der Tabelle 6a entsprechen. Die gemessenen Werte für den Außendurchmesser und die Wanddicke sind auf das nächst höhere Vielfache von 0,1 mm aufzurundet.

Tabelle 6a — Abmessungen für das Mantelrohr des Rohrverbundsystems

Durchmesser- gruppe	Nenn- Außendurchmesser D_c mm	Mindest- Außendurchmesser D_{min} mm	Größter Außen- durchmesser D_{max} mm	Mindestwanddicke e_{min} mm
1	75	75	79	3,0
	90	90	95	3,0
	110	110	116	3,0
	125	125	132	3,0
	140	140	147	3,0
	160	160	168	3,0
	180	180	189	3,0
	200	200	206	3,2
2	225	225	232	3,4
	250	250	258	3,6
	280	280	289	3,9
	315	315	325	4,1
	355	355	366	4,5
	400	400	412	4,8
3	450	450	464	5,2
	500	500	515	5,6
	560	560	577	6,0
	630	630	649	6,6
	710	710	732	7,2
	800	800	824	7,9
4	900	900	927	8,7
	1 000	1 000	1 030	9,4
	1 100	1 100	1 133	10,2
	1 200	1 200	1 236	11,0
	1 400	1 400	1 442	12,5

4.5.3 Koaxialitätsabweichung

Der Abstand zwischen den Mittellinien des Mediumrohres und der Ummantelung darf an keinem Punkt die in Tabelle 7 gegebenen Werte überschreiten.

Tabelle 7 — Koaxialitätstoleranz in Abhängigkeit vom Nennaußendurchmesser

Nennaußendurchmesser des PE-Rohrs mm	Koaxialitätstoleranz mm
75 bis 160	3,0
180 bis 400	5,0
450 bis 630	8,0
710 bis 800	10,0
900 bis 1 400	14,0

4.5.4 Erwartete thermische Lebensdauer und Langzeit-Temperaturbeständigkeit

4.5.4.1 Allgemeine Bemerkungen

Für übliche Anwendungsfälle muss das Verbundrohr bei einer Dauerbetriebstemperatur von 120 °C eine Lebensdauer von mindestens 30 Jahren, bei einer Dauerbetriebstemperatur von 115 °C eine Lebensdauer von mindestens 50 Jahren und bei Dauerbetriebstemperaturen unter 115 °C eine Lebensdauer von über 50 Jahren aufweisen.

Höhere Dauerbetriebstemperaturen können angegeben werden. In diesem Fall muss die berechnete Dauerbetriebstemperatur (CCOT) entsprechend Anhang C aufgestellt werden.

4.5.4.2 Scherfestigkeit

Die Scherfestigkeit muss entweder in axialer oder tangentialer Richtung geprüft werden.

Die Scherfestigkeit muss die Mindestanforderungen nach Tabelle 8 erfüllen, und zwar sowohl im ungealterten als auch im gealterten Zustand nach 5.4.4.

Tabelle 8 — Scherfestigkeit

Prüftemperatur °C	Prüfung nach Abschnitt	τ_{ax} MPa	Prüfung nach Abschnitt	τ_{tan} MPa
23 ± 2	5.4.2.1	0,12	5.4.3	0,20
140 ± 2	5.4.2.2	0,08	—	—

4.5.5 Wärmeleitfähigkeit im ungealterten Zustand

Bei Prüfung nach 5.4.5 darf die Wärmeleitfähigkeit (λ_{50}) des ungealterten Verbundrohres nicht höher als 0,033 W/(m × K) sein. Zur Typprüfung sind die Wärmeleitfähigkeit sowie die Dichte und der Zellengasgehalt anzugeben.

4.5.6 Stoßfestigkeit

Nach der Prüfung entsprechend 5.4.6 darf die Ummantelung keine sichtbaren Risse aufweisen.

4.5.7 Kriechverhalten

Der radiale Gesamtversatz zwischen der PE-Ummantelung und dem Mediumrohr entlang der Kraftlinie nach 100 h, ΔS_{100} , und nach 1 000 h, $\Delta S_{1\,000}$, muss entsprechend 5.4.7 bestimmt werden.

Eine Linie zwischen ΔS_{100} und $\Delta S_{1\,000}$ muss in einem doppelt logarithmischen Diagramm auf 30 Jahre extrapoliert werden und darf an diesem Punkt 20 mm nicht überschreiten (siehe Bild F.1 in Anhang F). Der radiale Versatz ΔS_{100} darf 2,5 mm nicht überschreiten.

4.5.8 Oberflächenbeschaffenheit bei Lieferung

Die Stauchung an der Oberfläche eines Verbundrohres darf nicht mehr als 15 % der Dämmdicke betragen — gemessen an der ursprünglichen Oberfläche.

Kratzer in der Ummantelung durch Handhabung und Lagerung dürfen 10 % der ursprünglichen Wanddicke der Ummantelung nicht überschreiten. Bei Ummantelungen mit einer Wanddicke von über 10 mm dürfen die Kratzer nicht tiefer als 1 mm sein.

5 Prüfverfahren

5.1 Allgemeines

Weichen die in den zitierten Normen festgelegten Prüfverfahren von denen dieser Norm ab, sind die Festlegungen dieser Norm verbindlich.

Alle Probekörper müssen für die Produktionsreihe repräsentativ sein.

5.1.1 Probekörper

5.1.1.1 Probekörper dürfen der Ummantelung erst entnommen werden, nachdem sie mindestens 16 h bei Raumtemperatur gelagert wurde; oder dürfen vom PUR-Schaumstoff und Verbundrohr erst entnommen werden, wenn diese mindestens 72 h bei Raumtemperatur gelagert wurden. Abweichungen von den genannten Zeiträumen sind, z. B. für Qualitätskontrollen, zulässig. In Streitfällen müssen jedoch die genannten Zeitspannen eingehalten werden.

5.1.1.2 Probekörper, die zum Nachweis der Schaumstoffeigenschaften sowie zur Bestimmung der Eigenschaften des Verbundsystems dienen, müssen an beiden Rohrenden, mindestens jedoch 500 mm vom Schaumstoffende entfernt, entnommen werden. Probekörper für das Bestimmen der Schaumstoffeigenschaften müssen an beiden Enden des Verbundsystems entnommen werden.

5.1.1.3 Probekörper können auch, z. B. für Qualitätskontrollen, näher am Schaumstoffende entnommen werden, in Streitfällen sind jedoch die Werte von Probekörpern, die in einem Abstand von mindestens 500 mm vom Rohrende entnommen wurden, entscheidend.

5.1.1.4 Bei Entnahme von Probekörpern aus dem Schaumstoff zur Bestimmung der Zellstruktur (4.4.2), der Schaumstoffdichte (4.4.3), der Druckfestigkeit (4.4.4) und der Wasseraufnahme (4.4.5) darf der Schaumstoff, der nahe der Mediumrohr- sowie der Ummantelungsoberfläche liegt, nicht berücksichtigt werden; ein Mindestabstand von jeweils 5 mm bzw. 3 mm ist zulässig.

5.1.1.5 Zur Bestimmung der Zellstruktur (4.4.2), der Schaumstoffdichte (4.4.3), der Druckfestigkeit (4.4.4) und der Wasseraufnahme (4.4.5) müssen an den einzelnen Stellen mindestens drei Probekörper, gleichmäßig über den Umfang verteilt, entnommen werden.

5.1.1.6 Die Außenmaße der Probekörper sind mit einem Messgerät, dessen quadratischer oder runder Druckstempel eine Messfläche von 100 mm² besitzt, zu messen, wobei ein Druck zwischen 0,75 N und 1,0 N aufgebracht wird.

5.2 Ummantelung

5.2.1 Werkstoffdichte

Die Dichte wird entsprechend ISO 1183 mit den Verfahren A oder D bestimmt.

Die Proben werden entweder nach EN ISO 1872-2 und EN ISO 1872-2:1997/A1 vorbereitet oder dem MFI-Extrudat entnommen, das 1 h bei 100 °C wärmebehandelt wurde. Als Prüfergebnis wird der Durchschnittswert von Messungen an 3 Probekörpern bestimmt.

5.2.2 Maße

Die Maße sind nach ISO 3126 zu prüfen.

5.2.3 Erscheinungsbild und Oberflächenbeschaffenheit

Die inneren und äußeren Oberflächen des Rohres sind einer Sichtprüfung ohne Vergrößerungshilfen zu unterziehen (siehe 4.3.2.4).

5.2.4 Veränderung nach Wärmebehandlung

Die Prüfung auf Veränderung nach Wärmebehandlung ist entsprechend EN 743 durchzuführen.

5.2.5 Mechanisches Langzeitverhalten

Die Druckprüfung ist nach EN 921 durchzuführen.

5.2.6 Zugversuch unter gleichmäßiger Belastung (CLT)

Die Probestäbe, die nach Bild 1, Typ B, maschinell hergestellt wurden, sind bei einer konstanten Temperatur ± 1 K und mit einer konstanten Zugkraft ± 1 % in einer wässrigen Lösung mit 2%igem Tensid-Gehalt zu prüfen.

Das Tensid muss Nonylphenolpolyglykoether sein und die gleiche Wirkung wie das Tensid mit dem Handelsnamen 'Arkopal N 100' haben.

Das Prüfbad muss ständig umgerührt werden, um die Homogenität der Lösung sicherzustellen und eine Fällung des Tensids zu verhindern.

Es müssen sechs, am selben Querschnitt gleichmäßig über den Rohrumfang verteilte und in Längsrichtung herausgeschnittene Proben geprüft werden.

Die Zeit bis zum Bruchversagen muss mit einer Genauigkeit von ± 1 h aufgezeichnet werden.

Der geometrische Mittelwert der sechs Proben wird errechnet. Ein einzelner Prüfwert, der um mehr als das Zweifache von der Standardabweichung abweicht, bleibt unberücksichtigt.

Wenn nach 2 000 Stunden kein Bruchversagen an den Proben festzustellen ist, kann die Prüfung abgebrochen werden, da das Ergebnis die Anforderungen erfüllt.

5.2.7 Bruchdehnung

Die Probestäbe müssen entsprechend Bild 1, Typ A, gestanzt oder maschinell gefertigt werden.

Die Probestäbe müssen in Längsrichtung und gleichmäßig über den Rohrumfang verteilt am selben Querschnitt herausgeschnitten werden.

Die Anzahl der Probestäbe, die herausgeschnitten und geprüft werden, muss mit Tabelle 9 übereinstimmen.

Tabelle 9 — Anzahl der Probestäbe in Abhängigkeit vom Nenn-Außendurchmesser

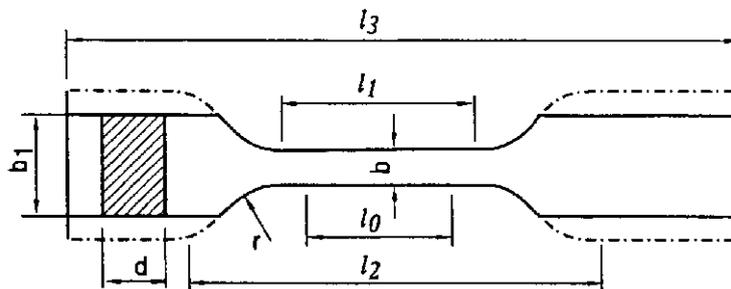
Nenn-Außendurchmesser des PE-Rohrs mm	Anzahl der Probestäbe
75 bis 250	5
280 bis 400	7
450 bis 630	10
710 bis 1400	12

Mit einem Tinten- oder Wachsstift werden zwei Bezugslinien in gleichen Abständen von den Enden der geeichten Länge des Probestabes gezogen.

Die Prüftemperatur, welcher die Probestäbe für mindestens 2 h vor der Prüfung ausgesetzt wurden, muss (23 ± 2) °C betragen.

Mit einem geeigneten Zugprüfgerät werden die Probekörper mit einer Geschwindigkeit von (100 ± 10) mm/min gedehnt, bis sie brechen.

Der Abstand zwischen den Bezugslinien muss nach der Prüfung gemessen und die Bruchdehnung errechnet werden, ausgedrückt in Prozent des ursprünglichen Abstandes zwischen den Bezugslinien.



Formelzeichen	Messgröße	Maße in mm	
		Typ A	Typ B
l_0	Abstand zwischen den Bezugslinien	25 ± 1	50 ± 2
l_1	Geeichte Länge	33 ± 3	60 ± 2
l_3	Gesamtlänge	115	≥ 150
l_2	Anfänglicher Abstand	80 ± 2	115 ± 2
e	Rohrwanddicke	—	—
r	Radius	14 ± 1	60 ± 1
b	Geeichte Breite	$6 \pm 0,4$	$10 \pm 0,4$
b_1	Breite der Probekörperenden	> 15	> 20

Bild 1 — Probestäbe für die Zugprüfung

5.2.8 Rußverteilung, Homogenität

Die Rußverteilung muss an Mikrotom-Scheiben unter dem Mikroskop bestimmt werden.

Die Mikrotom-Scheiben müssen eine Dicke von etwa 25 µm und eine Größe von etwa 15 mm² aufweisen.

In jeder Prüfung werden sechs, gleichmäßig über den Querschnitt der Ummantelung verteilte Mikrotom-Scheiben geschnitten. Die Untersuchung muss bei 100facher Vergrößerung erfolgen.

5.2.9 Statische Kerbbelastungsprüfung

Die Prüfung muss in Übereinstimmung mit ISO/DIS 16770-2:2001 mit folgenden Ausnahmen durchgeführt werden.

Die Probekörper müssen aus der gleichen Peripherie der Ummantelung geschnitten werden. Das Ausschneiden hat in axialer Richtung des Rohres zu erfolgen.

Die Form der Proben darf nach 5.2.7, Bild 1, Typ B ein Kreisringabschnitt sein, sie können aber auch mit parallelen Seiten und 10 mm Breite ausgeschnitten werden. Die Dicke muss der Ummantelungsdicke entsprechen. Die Proben können entweder durch Fräsen, Schneiden oder Ausstanzen hergestellt werden.

Die Länge der Proben muss hinreichend sein, um das Vierfache der Wanddicke zwischen den Klemmen zu belassen.

In der Mitte der Probekörper muss eine senkrecht zur Achse liegende Kerbe an allen vier Seiten am selben Querschnitt hergestellt werden.

Auf Grund der Ummantelungsrundung darf die eingearbeitete Kerbe eine ungleichmäßige Tiefe um die Probe aufweisen, allerdings müssen die Kerbtiefe und deren Position so gewählt werden, dass kein Teil des Probenquerschnittes ungekerbt bleibt.

Die Anzahl der Proben muss vier betragen.

Es muss eine in 5.2.6 beschriebene Versuchslösung verwendet werden.

Die Temperatur muss 80 °C betragen.

Die Versuchsbelastung muss einen Wert von 4,0 N/mm² haben.

5.3 Polyurethan-Hartschaumstoff (PUR)

5.3.1 Zusammensetzung

Der MDI-Index ist auf der Grundlage der Produktionsunterlagen des Herstellers zu berechnen und zu dokumentieren.

5.3.2 Zellstruktur

5.3.2.1 Die Zellgröße ist über eine in radialer Richtung gemessene Länge von 10 mm zu bestimmen, wobei der Mittelpunkt der 10-mm-Strecke mit dem des aufgebrachtten Wärmedämmmaterials zusammenfallen muss.

Die Zellgröße ergibt sich aus dem Quotienten aus Messstrecke und der Anzahl der in radialer Richtung entlang der Teststrecke gezählten Zellen und muss als der Durchschnittswert von Messungen an drei Probekörpern ermittelt werden.

5.3.2.2 Das Verhältnis der offenen zu den geschlossenen Zellen ist nach ISO 4590 (Verfahren 1) zu bestimmen.

Abweichend von dem in ISO 4590 beschriebenen Verfahren ist der Probekörper ein Würfel mit Kantenlängen von 25 mm. Kann diese Würfelgröße nicht aus der Dämmung nach 5.1.1.5 geschnitten werden, müssen die Maße des Probekörpers 25 mm × 25 mm × t betragen, wobei t die maximale Dicke in radialer Richtung ist.

5.3.2.3 Lunker und Blasen müssen an Querschnitten des Dämmmaterials bestimmt werden.

Mindestens 1,5 m vom Rohrende entfernt werden fünf Schnitte auf einer Gesamtlänge von 400 mm im Abstand von 100 mm durch die Ummantelung und die Dämmschicht angefertigt.

Die vier 100-mm-Ringe der Ummantelung und Dämmschicht müssen nacheinander entfernt und die Querschnittsfläche auf Lunker und Blasen untersucht werden.

Alle Löcher, die in beliebiger Richtung größer als 6 mm sind, müssen in 2 senkrecht zueinander liegenden Richtungen gemessen und das Produkt aus den beiden Messungen als die Lochfläche definiert werden.

Löcher, die kleiner als 6 mm sind, werden vernachlässigt.

5.3.3 Schaumstoffdichte

Die Dichte ist entsprechend ISO 845 zu bestimmen.

Es müssen jeweils drei Probekörper aus der Mitte des Schaumstoffes, wie in 5.1.1.5 beschrieben, entnommen werden. Jeder Probekörper muss die Maße $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times t$ aufweisen, wobei t die maximal mögliche Dicke ist, die jedoch 30 mm nicht überschreiten darf. Alternativ können auch zylindrische Probekörper mit einer Länge von 30 mm in axialer Richtung des Rohres und mit dem Durchmesser d verwendet werden, wobei d der maximal mögliche Durchmesser ist, der jedoch 30 mm nicht überschreiten darf.

5.3.4 Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit in radialer Richtung ist nach ISO 844 zu prüfen.

Die Größe des Probekörpers muss $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times t$ betragen oder bei zylindrischer Probe einen Durchmesser von 30 mm und eine Länge t aufweisen, wobei t , die größtmögliche Abmessung in radialer Richtung des Rohres, höchstens 20 mm betragen darf.

5.3.5 Wasseraufnahme

Diese Prüfung ist an einem Würfel mit 25 mm Kantenlänge oder an einem Zylinder mit 25 mm Länge in axialer Richtung des Rohres und 25 mm Durchmesser durchzuführen. Die Masse (m_0) des Probekörpers wird mit einer Genauigkeit von 0,01 g, das Volumen (V_0) mit einer Genauigkeit von 0,1 ml bestimmt. Der Probekörper ist 90 Minuten lang in kochendes Wasser zu tauchen. Danach muss er in einem Behälter mit Wasser von $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ eine Stunde lang abgekühlt werden. Zur Entfernung des Wassers an der Oberfläche des Probekörpers wird jede Seite des Probekörpers nacheinander für 3 Sekunden bis 5 Sekunden auf ein Papiertuch (z. B. Kleenex Nr. 7101 oder ähnliche) gelegt. Die Masse (m_1) ist anschließend mit einer Genauigkeit von 0,01 g zu bestimmen.

Die prozentuale Wasseraufnahme wird berechnet nach:

$$\frac{m_1 - m_0}{V_0 \cdot \rho} \times 100 \%$$

Dabei ist

- m_0 Masse des Probekörpers vor dem Versuch, in g;
- m_1 Masse des Probekörpers nach dem Versuch, in g;
- ρ Dichte des Wassers, in g/ml;
- V_0 Ausgangsvolumen des Probekörpers, in ml.

Als Prüfergebnis gilt der Durchschnittswert von Messungen an drei Probekörpern.

5.4 Verbundrohr

5.4.1 Vergrößerung des Durchmessers des Mantelrohres

5.4.2 Axiale Scherfestigkeit

Der Probekörper muss aus einem Rohrabschnitt bestehen, dessen Länge der 2,5fachen Dämmdicke entspricht, mindestens jedoch 200 mm beträgt. Der Probekörper ist rechtwinklig zur Rohrachse herauszuschneiden und in Übereinstimmung mit 5.1.1.2 der Mitte des Rohres zu entnehmen.

Die Belastung wird in axialer Richtung aufgebracht. Die Geschwindigkeit der Prüfmaschine muss 5 mm/min betragen. Die axiale Kraft ist aufzuzeichnen und die Scherfestigkeit zu berechnen. Diese Prüfung kann sowohl bei horizontaler als auch bei vertikaler Lage der Rohrachse durchgeführt werden (siehe Bild 2). Das Eigengewicht des Mediumrohres muss berücksichtigt werden, wenn die Achse vertikal steht.

Als Prüfergebnis gilt der Durchschnittswert von drei Messungen.

Die Scherfestigkeit wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$\tau_{\text{ax}} = \frac{F_{\text{ax}}}{L \times D_s \times \pi}$$

Dabei ist

τ_{ax} axiale Scherfestigkeit, in MPa;

F_{ax} axiale Kraft, in N;

L Länge des Probekörpers, in mm;

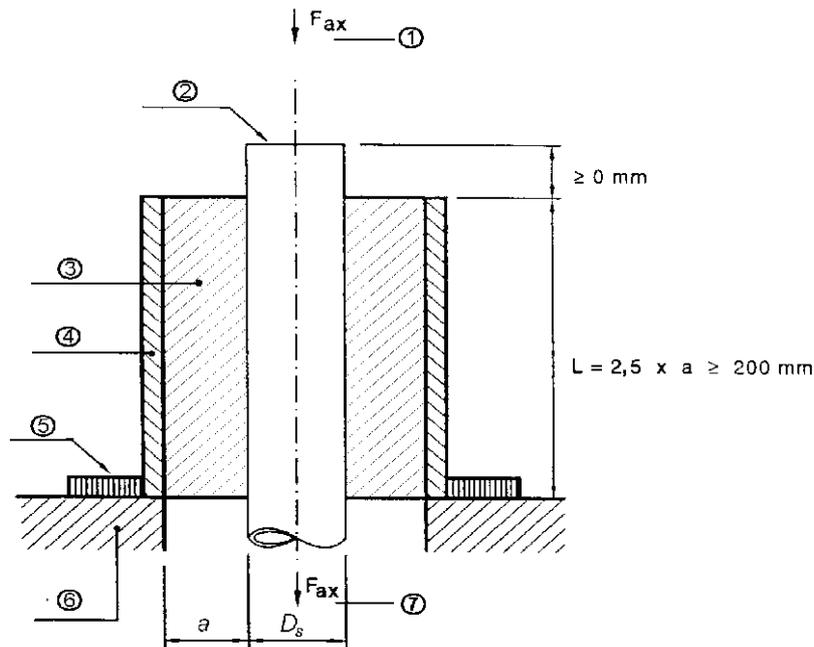
D_s Außendurchmesser des Mediumrohres, in mm.

5.4.2.1 Axiale Scherfestigkeit bei 23 °C

Die Prüfung ist nach 5.4.2 durchzuführen, wobei der gesamte Prüfkörper der Raumtemperatur ausgesetzt ist.

5.4.2.2 Axiale Scherfestigkeit bei 140 °C

Die Prüfung wird nach 5.4.2 durchgeführt, wobei das Mediumrohr einer Temperatur von (140 ± 2) °C ausgesetzt ist. Diese Temperatur muss innerhalb von 30 min erreicht und 30 min lang beibehalten werden, bevor die Belastung aufgebracht wird.



Legende

- | | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| 1 | Aufgebrachte Last | 5 | Führungsring |
| 2 | Mediumrohr | 6 | Grundplatte der Prüfmaschine |
| 3 | PUR-Schaumstoff-Wärmedämmung | 7 | Alternativ aufgebrachte Last |
| 4 | Ummantelung | | |

Bild 2 — Versuchsaufbau für die axiale Scherprüfung

5.4.3 Tangentiale Scherfestigkeit

Der Probekörper muss aus einem Rohrabschnitt mit der 0,75fachen Länge des Durchmessers des Stahlrohres bestehen, der jedoch mindestens 100 mm lang ist.

Die tangentielle Belastung wird mit zwei Hebeln, die symmetrisch durch eine Schelle an die Ummantelung befestigt sind, ohne merklichen radialen Druck aufgebracht. Die Kräfte müssen senkrecht auf die Hebel wirken. Die Schelle ist mit einer entsprechend dem Rohrdurchmesser ausreichenden Zahl von Bolzen zu versehen, die in hierfür in die Ummantelung gebohrte Löcher passen. Die Löcher dürfen nicht völlig durch die Ummantelung hindurchgehen. Das Mediumrohr muss durch eine geeignete Anordnung gehalten werden. Siehe Bild 3. Die Prüfung ist bei Raumtemperatur durchzuführen.

Eine tangentielle Kraft von

$$\frac{F_{tan}}{2}$$

wird im Abstand von 1 000 mm von der Mittellinie des Mediumrohres auf jeden Hebel entsprechend Bild 3 aufgebracht. Die Geschwindigkeit des Prüfgerätes muss $v_L = 25 \text{ mm/min}$ betragen.

Die tangentielle Kraft muss aufgezeichnet und die Scherfestigkeit nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\tau_{tan} = \frac{F_{tan}}{\pi \cdot D_s \cdot L \cdot \frac{D_s}{2} \cdot \frac{1}{a}}$$

Dabei ist

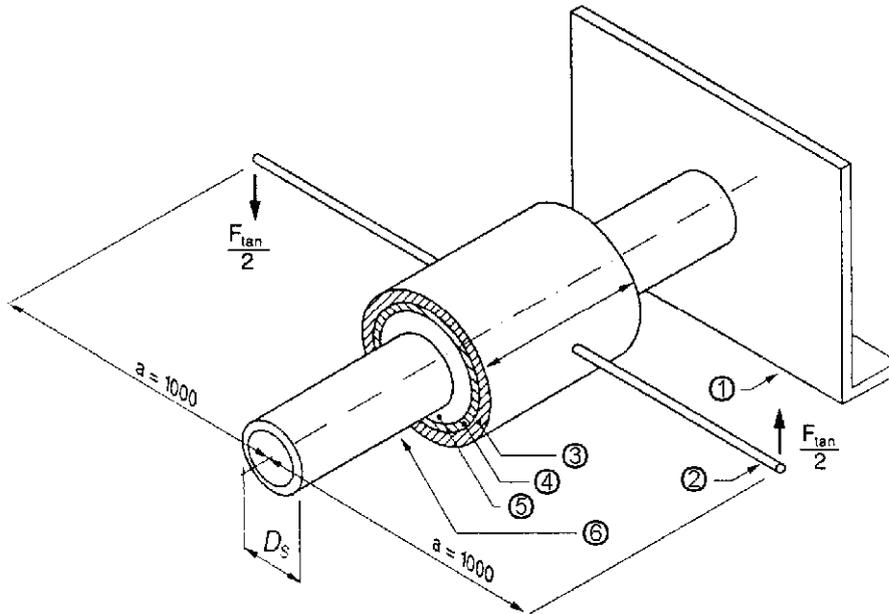
τ_{tan} tangentielle Scherfestigkeit, in MPa;

F_{tan} tangentielle Kraft, in N;

L Länge des Probekörpers, in mm;

D_s Außendurchmesser des Mediumrohres, in mm;

a Länge jedes Hebels, in mm.



Legende

- | | |
|-------------|----------------|
| 1 Halterung | 4 Ummantelung |
| 2 Hebel | 5 Wärmedämmung |
| 3 Schelle | 6 Mediumrohr |

Bild 3 — Versuchsaufbau für die tangentielle Scherprüfung

5.4.4 Scherfestigkeit des gealterten Verbundrohres

Der Probekörper muss aus einem Verbundrohrabschnitt von mindestens 3 m Länge bestehen. Er wird gealtert, indem man eine Flüssigkeit von 160 °C für 3 600 Stunden oder alternativ von 170 °C für 1 450 Stunden durch das Mediumrohr fließen lässt, wogegen die Ummantelung der Raumtemperatur ausgesetzt ist.

Vor der Prüfung muss der Schaumstoff an den Enden mit geeigneten Mitteln abgedichtet werden, um das Eindringen von Luft zu verhindern. Die Temperatur des Mediumrohres ist während der Alterungsprüfung kontinuierlich aufzuzeichnen und darf nicht mehr als 0,5 K von der geforderten Temperatur abweichen.

Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird die Prüfung auf Scherfestigkeit nach 5.4.2 oder 5.4.3 durchgeführt. Die Probekörper sind mindestens 1 000 mm von den Rohrenden entfernt zu entnehmen, um Material, das durch Sauerstoff nachteilig beeinträchtigt wurde, auszuschließen.

Die Scherfestigkeit muss bei jeder Temperatur (Raumtemperatur und 140 °C) an mindestens drei Probekörpern aus dem gealterten Rohr bestimmt werden.

5.4.5 Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit (λ_{50}) ist nach EN ISO 8497 und Anhang G zu bestimmen.

Die Wärmeleitfähigkeit ist für eine Mediumrohrtemperatur von $(80 \pm 10) ^\circ\text{C}$ zu bestimmen. Zur Typprüfung ist die Wärmeleitfähigkeit an einem Testrohr (5 ± 1) Wochen nach der Herstellung zu bestimmen.

5.4.6 Stoßfestigkeit

Ein Probekörper aus dem Verbundrohr mit einer Länge von mindestens dem 5fachen Außendurchmesser der Ummantelung ist nach ISO 3127 bei einer Temperatur von $-20 ^\circ\text{C}$ zu prüfen. Die Masse des fallenden Gewichts muss 3,0 kg und die Fallhöhe 2 000 mm betragen.

Nachdem auf den Probekörper abstandsgleiche Linien nach Tabelle 3 aus ISO 3127 gezogen wurden, ist er vor der Prüfung für mindestens 3 Stunden bei einer Temperatur von $(-20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ zu kühlen. Die Prüfung muss innerhalb von 10 s nach Entnahme des Probekörpers aus der Kältekammer beginnen und so schnell wie möglich durchgeführt werden.

5.4.7 Kriechverhalten bei $140 ^\circ\text{C}$

Die Probekörper müssen einem Stück eines Verbundrohres mit den Maßen 60,3/125 mm entnommen werden und dies in Übereinstimmung mit 5.1.1.2 und in der Mitte.

Ein Probekörper besteht aus einem Prüfteil A und zwei Dämmteilen B, jeweils eins an jedem Ende. Der Prüfteil muss eine Länge von 100 mm aufweisen. Die Dämmteile müssen aus 50 mm der Originaldämmung und PE-Ummantelung bestehen und vom Prüfteil durch zwei Schnitte getrennt sein, die durch die PE-Ummantelung und die Dämmung bis zum Stahlrohr führen. Die Schnitte müssen senkrecht zur Symmetrieachse des Mediumrohres geführt werden. Siehe Bild 4.

Der Probekörper muss an beiden Enden direkt neben den Dämmteilen gestützt werden.

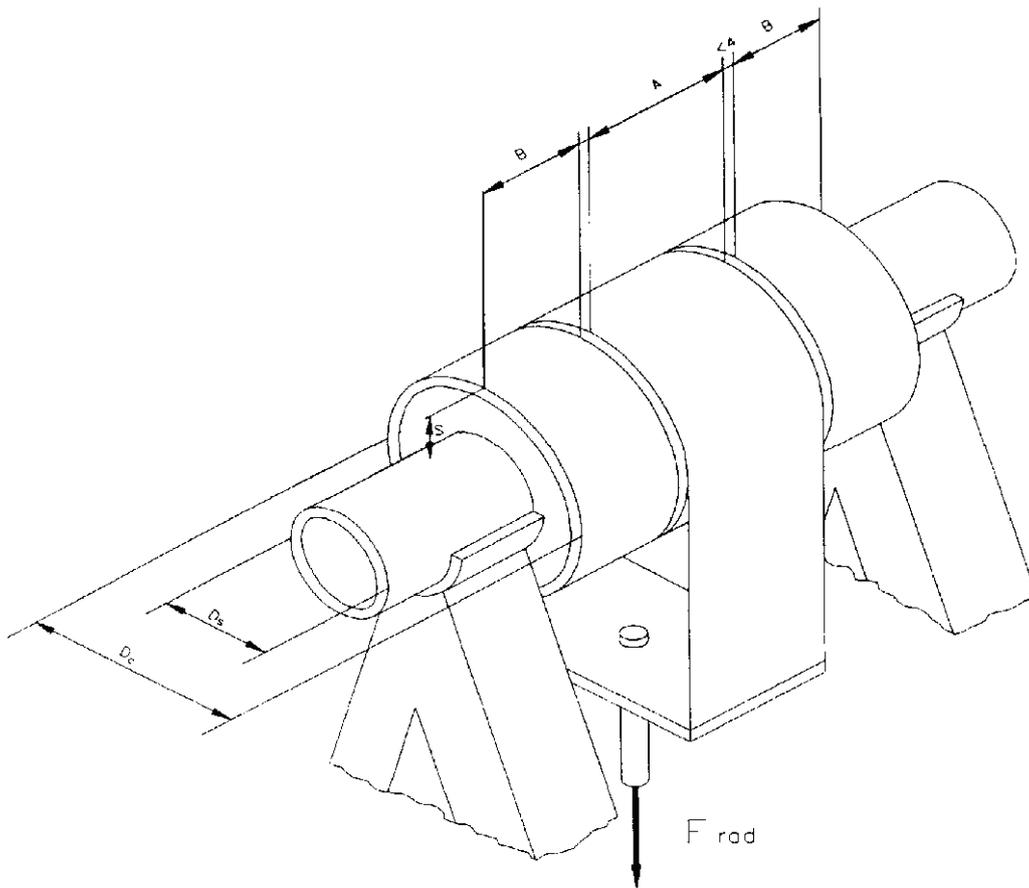
Die Prüfung wird durchgeführt, während das Mediumrohr einer Temperatur von $(140 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ausgesetzt wird. Diese Temperatur muss eine Woche lang vor dem Aufbringen der Last aufrechterhalten werden.

Die Kraft $F_{\text{rad}} = 1,50 \pm 0,01$ kN muss gleichbleibend und stoßfrei aufgebracht werden. Siehe Bild 4.

Der radiale Versatz, ΔS , des Dämmwerkstoffes muss entlang der Kraftlinie in der Mitte des Probekörpers und unmittelbar auf der Spitze der PE-Ummantelung gemessen werden. Siehe Bild 5.

Der Null-Wert des radialen Versatzes S muss unmittelbar nach der einwöchigen Heizperiode und vor dem Aufbringen der Kraft, F_{rad} , bestimmt werden.

Die Prüfergebnisse müssen als der Mittelwert aus den 3 Messungen an 3 Probekörpern aus dem gleichen Rohr bestimmt werden.



Legende

- D_s Außendurchmesser des Mediumrohres
- D_c Außendurchmesser der Ummantelung
- A Prüfteil = 100 mm
- B Dämmteil = 50 mm
- S Null-Wert des radialen Versatzes

Bild 4 — Probekörper und Lastanordnung

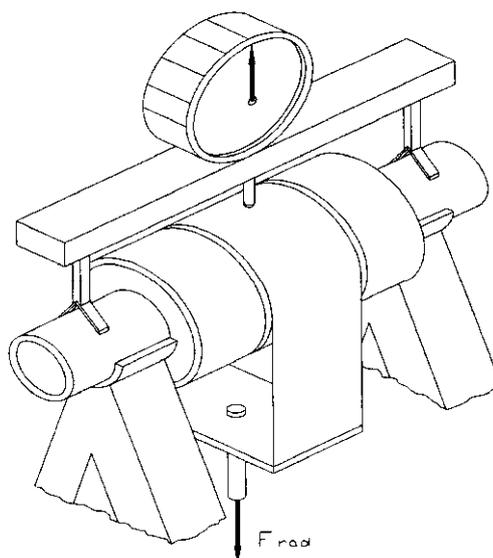


Bild 5 — Messanordnung für den radialen Versatz

6 Kennzeichnung

6.1 Allgemeines

Die Kennzeichnung der Rohre kann in jeglicher geeigneten Weise erfolgen, sofern sie nicht die funktionalen Eigenschaften der Rohrummantelung beeinträchtigt und allen Beanspruchungen durch Handhabung, Lagerung und Anwendung widersteht.

6.2 Stahl-Mediumrohr

Das Stahl-Mediumrohr muss entsprechend den Anforderungen zur Kennzeichnung gekennzeichnet werden, die in den relevanten Normen prEN 10216-2, prEN 10217-2 oder prEN 10217-5 gegeben sind.

6.3 Ummantelung

Auf dem Mantelrohr sind vom Hersteller folgende Angaben zu machen:

- Rohmaterial des PE, Handelsname oder Code;
- MFR-Tabellenwert, wie vom Rohstoffhersteller angegeben;
- Nenndurchmesser und Nennwanddicke des Mantelrohres;
- Jahr und Woche der Herstellung (gegebenenfalls Code);
- Herstellerzeichen.

6.4 Verbundrohr

Vom Hersteller des Verbundrohres ist auf der Ummantelung anzugeben:

- Nenndurchmesser und Nennwanddicke des Mediumrohres;
- Stahlbezeichnung und Stahlqualität;
- Herstellerzeichen;
- Nummer dieser Europäischen Norm;
- Jahr und Woche des Verschäumens (gegebenenfalls Code).

Anhang A (informativ)

Zusammenhang zwischen den tatsächlichen Betriebsbedingungen im Dauerbetrieb und den Prüfbedingungen beim beschleunigten Altern

Der Einfluss der Alterung des Schaumstoffes auf die Scherfestigkeit von Verbundsystemen wurde in einer Arbeitsgruppe vom CEN/TC 107 untersucht. Die Daten in 4.5.4 und 5.4.4, die Aussagen über die Mindestlebensdauer und die Scherfestigkeit des Verbundrohrsystems nach beschleunigter Alterung enthalten, beruhen auf von dieser Arbeitsgruppe durchgeführten Untersuchungen, heutigem Wissensstand und Erfahrungen mit Verbundsystemen, die mit dieser Spezifikation übereinstimmen.

Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Arrhenius-Gleichung, die eine Beziehung zwischen dem Logarithmus der erwarteten Lebensdauer eines Rohrsystems und dem Reziprokwert der absoluten Dauerbetriebs-temperatur herstellt, herangezogen werden kann, um aus den Daten der Alterungsprüfung, die bei Temperaturen durchgeführt wird, die höher als die üblichen Betriebstemperaturen sind, auf die zu erwartende Lebensdauer bei der tatsächlichen Betriebstemperatur zu extrapolieren. Die Extrapolation hängt stark von der Aktivierungsenergie des Alterungsprozesses ab, und in dieser Norm wird dafür ein Wert von 150 kJ/(mol × K) als geeignet angesehen. Obwohl dieser Wert bereits auf zahlreichen Untersuchungen basiert, ist man der Auffassung, dass noch weitere Studien angestellt werden müssen, um dieses Verfahren abzusichern.

Aus der Arrhenius-Beziehung, dargestellt in Bild A.1, kann abgeleitet werden, dass eine Alterungsprüfung über 3 600 h bei 160 °C oder alternativ von 1 450 h bei 170 °C erforderlich ist, um mit den Daten der zu erwartenden Mindestlebensdauer in 4.5.4.1 übereinzustimmen.

Sind Fernwärmenetze für andere Betriebstemperaturen als 120 °C auszulegen, müssen die Prüftemperatur und/oder die Prüfzeiten entsprechend geändert werden.

Auf Grundlage der Prüfdauer von 3 600 h kann z. B. die Prüftemperatur aus der folgenden Formel abgeleitet werden:

$$\theta' = \frac{1}{(\theta + 273)^{-1} - 2,38 \cdot 10^{-4}} - 273$$

Dabei ist

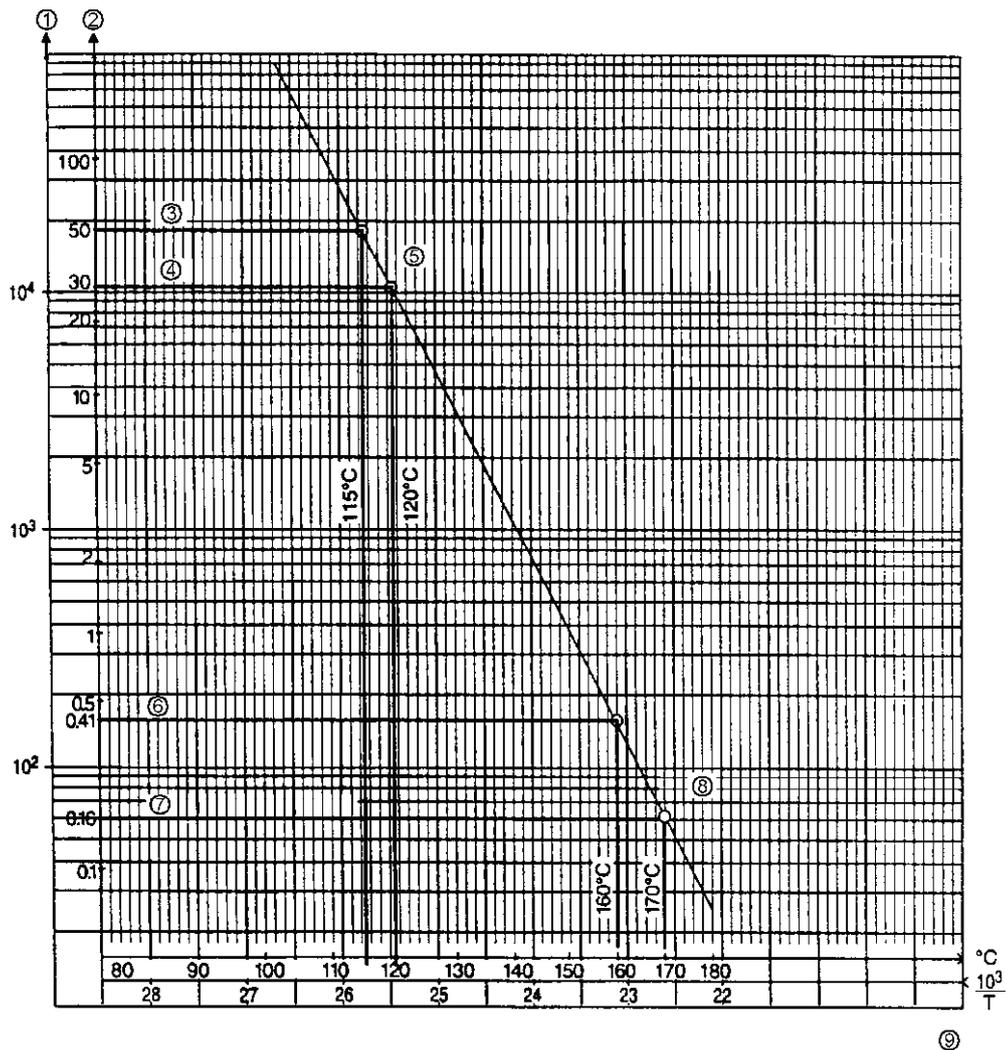
- θ' Prüftemperatur, in °C;
- θ Betriebstemperatur für 30-jährigen Dauerbetrieb, in °C.

Auf der Grundlage einer Prüftemperatur von 160 °C kann die Prüfzeit mit folgender Gleichung ermittelt werden:

$$T = e \left(54,097 - \frac{18\,041,86}{\theta + 273} \right)$$

Dabei ist

- T Prüfzeit, in h;
- θ Betriebstemperatur für 30-jährigen Dauerbetrieb, in °C.



Legende

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | erwartete thermische Lebensdauer (L), Tage | 6 | 3 600 Stunden |
| 2 | erwartete thermische Lebensdauer (L), Jahre | 7 | 1 450 Stunden |
| 3 | 50 Jahre | 8 | Bedingungen der Alterungsprüfung (5.4.4) |
| 4 | 30 Jahre | 9 | Dauerbetriebstemperatur (θ) |
| 5 | tatsächliche Betriebsbedingungen (4.5.4.1) | | |

Bild A.1 — Zusammenhang zwischen zu erwartender thermischer Lebensdauer, L , bei Dauerbetriebstemperatur für die Mindestanforderungen nach 4.5.4.1 und Prüfzeiten und -temperaturen bei beschleunigter Alterung nach 5.4.4

Anhang B (informativ)

Berechnung der erwarteten thermischen Mindestlebensdauer bei verschiedenen Betriebstemperaturen unter Berücksichtigung der PUR- Schaumstoff-Haltbarkeit

Die Lebensdauer des Fernwärmenetzes hängt ab vom PUR-Schaumstoff und seiner Zusammensetzung, dem Stahl-Mediumrohr, der PE-Ummantelung sowie von zahlreichen mechanischen Belastungen, die aus der Auslegung des Netzes resultieren, und von den Temperaturzyklen, denen es während des Betriebes ausgesetzt ist.

Die folgende Gleichung gilt nur für gerade Rohre in Netzen, die bei geringen und gelegentlichen Temperaturschwankungen (z. B. Ausgleich des jahreszeitbedingten Wärmebedarfs) innerhalb der in Bild A.1 angegebenen Bereiche betrieben werden. Die Gleichung berücksichtigt keine mechanischen Belastungen.

Unter der Annahme, dass die Zyklen der Betriebstemperaturen in jedem Jahr etwa gleich sind, kann die erwartete Lebensdauer derartiger Systeme mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$L = \left(\frac{t_1}{L_1} + \frac{t_2}{L_2} + \dots + \frac{t_n}{L_n} \right)^{-1}$$

Dabei ist

- L zu erwartende Lebensdauer des Systems, in Jahren;
- L_1 zu erwartende Lebensdauer des Systems in Jahren, falls das System bei einer kontinuierlichen Temperatur ϑ_1 , zu bestimmen nach dem Arrhenius-Plot in Bild A.1, betrieben wird;
- L_2 wie oben für Temperatur ϑ_2 usw.;
- t_1 Zeitabschnitt je Jahr, in dem das System bei der Temperatur ϑ_1 betrieben wird;
- t_2 wie oben für Temperatur ϑ_2 usw.

Anhang C (normativ)

Berechnete Dauerbetriebstemperatur (CCOT)

C.1 Allgemeines

Auf der Grundlage der Bestimmung der tangentialen Scherfestigkeit an Verbundrohren, die in mindestens 1 000 Stunden bei drei Temperaturen gealtert wurden und unter der Annahme einer Arrhenius-Beziehung muss die berechnete Dauerbetriebstemperatur, CCOT, ermittelt werden.

Die höchste Alterungstemperatur muss einer thermischen Lebensdauer von mindestens 1 000 Stunden entsprechen und der Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Alterungstemperaturen muss mindestens 10 K betragen. Die Alterungstemperatur ist die Temperatur des Mediumrohres, die während des Alterungszeitraumes kontinuierlich aufgezeichnet werden muss und die niemals mehr als 0,5 K von der mittleren Temperatur abweichen darf. Während der Alterung müssen die freien Enden des Verbundrohres entsprechend abgedichtet sein, um Gasdiffusion zu vermeiden.

Die thermische Lebensdauer wird ausgehend von Messungen der Änderung der tangentialen Scherfestigkeit des Werkstoffes nach Temperatureinfluss bestimmt.

Die thermische Lebensdauer bei Alterungstemperaturen wird ermittelt, indem tangentielle Scherprüfungen bei 140 °C in einer Folge zunehmender Alterungszeiträume durchgeführt werden. Die thermische Lebensdauer bei einer festgelegten Temperatur wird als der Zeitraum definiert, bis die tangentielle Scherfestigkeit bei 140 °C einen Wert unter 0,13 MPa annimmt, wenn das Rohr dauerhaft der Alterungstemperatur ausgesetzt ist.

ANMERKUNG Der in der Definition der thermischen Lebensdauer verwendete Grenzwert der tangentialen Scherfestigkeit von 0,13 MPa ist deutlich höher als der für den Betrieb erforderliche Grad der Scherfestigkeit. Folglich kann angenommen werden, dass die Lebensdauer des Rohrsystems den Wert der thermischen Lebensdauer übersteigt.

Die berechnete Dauerbetriebstemperatur ist die Temperatur, für die die thermische Lebensdauer von 30 Jahren unter der Annahme einer Arrhenius-Beziehung zwischen Temperatur und thermischer Lebensdauer berechnet werden kann.

C.2 Formelzeichen

T	Alterungs- oder Betriebstemperatur (K);
L	thermische Lebensdauer (h);
T_k	Höhe der Alterungstemperatur (K);
L_k	thermische Lebensdauer bei Temperatur T_k (h);
CCOT	berechnete Dauerbetriebstemperatur bei einer thermischen Lebensdauer von 30 Jahren (K);
C, D	Regressionskoeffizienten.

C.3 Alterung und Bestimmungen der Scherfestigkeit

Die Abhängigkeit der Scherfestigkeit von Alterungszyklen muss mit mindestens drei Temperaturen festgestellt werden. Die Alterungstemperaturen müssen um mindestens 3 K voneinander abweichen und der Unterschied zwischen der höchsten und der niedrigsten Alterungstemperatur muss mindestens 10 K betragen. Die Temperatur des Mediumrohres darf von der geforderten Temperatur höchstens um 0,5 K abweichen.

Vor Beginn der Prüfung müssen die freien Enden des Verbundrohres entsprechend abgedichtet werden, um ein Diffundieren von Gasen zu vermeiden.

Die Scherfestigkeit muss bei jeder Alterungstemperatur für eine Reihe von Alterungszyklen festgestellt werden. Die tangentielle Scherfestigkeit wird bei einer Temperatur von 140 °C und in einem Abstand von mindestens 500 mm zu den Rohrenden bestimmt. Für jede Bestimmung der Scherfestigkeit wird eine Messung vorgenommen. Die Messungen erfolgen in Intervallen von höchstens 7 Tagen. Dieser Zeitraum schließt die letzten drei Messungen vor und die ersten drei Messungen nach dem Zeitpunkt ein, zu dem die Scherfestigkeit den Wert von 0,13 MPa durchläuft.

Die Festlegung des Beginns der Messungen mit kurzen Intervallen (7 Tage) kann auf Erfahrungen mit ähnlichen Schaumstoffarten, auf einer Vorprüfung oder auf Ergebnissen beruhen, die für das vorliegende Verbundrohr mit höheren Temperaturen erreicht wurden. Erfahrungen haben gezeigt, dass der längste Zeitraum von 7 Tagen zu Ergebnissen mit entsprechender Genauigkeit führt.

C.4 Berechnungen

C.4.1 Bestimmung der thermischen Lebensdauer bei verschiedenen Alterungstemperaturen

Für jede Alterungstemperatur, T_k , wird die tangentielle Scherfestigkeit gegen den Alterungszeitraum linear aufgetragen. Das gleitende Mittel aus den fünf Werten wird berechnet und als Kurve aufgetragen.

Die gemessene thermische Lebensdauer, L_k , muss als die Alterungszeit bestimmt werden, zu der die gleitende Mittelwertkurve die Scherfestigkeit in Höhe von 0,13 MPa zuerst schneidet. Für die Berechnung der thermischen Lebensdauer muss die gleitende Mittelwertkurve linear zwischen dem ersten Punkt vor und dem ersten Punkt nach dem Schnittpunkt interpoliert werden.

C.4.2 Angleichung an die Arrhenius-Beziehung

Durch lineare Regression der gemessenen Werte der thermischen Lebensdauer, L_k , und den entsprechenden Alterungstemperaturen, T_k , werden die Koeffizienten der Arrhenius-Gleichung berechnet.

$$\ln L_k = C/T_k + D \quad (1)$$

Der Korrelationskoeffizient, r , wird berechnet mit:

$$r = \frac{\sum_k [(y_k - \bar{y}_k) \cdot (x_k - \bar{x}_k)]}{\sqrt{\sum_k (y_k - \bar{y}_k)^2 \cdot \sum_k (x_k - \bar{x}_k)^2}}$$

Dabei ist

$$x_k = 1/T_k;$$

$$y_k = \ln(L_k);$$

und \bar{x}_k und \bar{y}_k sind die entsprechenden Mittelwerte von x_k und y_k .

Wenn der Korrelationskoeffizient, r , kleiner als 0,98 ist, sind die Werte für weitere Berechnungen nicht geeignet. In diesem Fall können die Messungen ausgedehnt oder wiederholt werden, bis Werte erhalten wurden, die eine zulässige Regressionslinearität bieten.

C.4.3 Berechnete Dauerbetriebstemperatur, CCOT

Der Wert mit der größten Wahrscheinlichkeit für die Betriebstemperatur, mit dem eine thermische Lebensdauer von 30 Jahren (262 800 h) gegeben ist, wird mit Gleichung (1) berechnet.

$$CCOT = T_{30 \text{ Jahre}} = C/(\ln 262\,800 - D)$$

Für weitere Informationen, die sich mit dem Verhältnis zwischen den tatsächlichen Dauerbetriebsbedingungen und den Prüfbedingungen für die beschleunigte Alterung befassen, siehe Anhang A. Weitere Informationen zur erwarteten thermischen Mindestlebensdauer bei verschiedenen Betriebstemperaturen unter Beachtung der PUR-Schaumstoffeigenschaften sind in Anhang B zu finden.

Anhang D (informativ)

Richtlinien für die Prüfung

Die folgenden Prüfintervalle werden empfohlen, um eine Übereinstimmung der hergestellten werkmäßig wärme gedämmten Rohre mit den Anforderungen dieser Norm sicherzustellen.

Ein entsprechend EN ISO 9001:2000, Qualitätssicherungssysteme — Anforderungen (ISO 9001:2000) bestätigtes Qualitätssicherungssystem mit Verweis auf EN 253 und die erhaltene Statistik der Verträglichkeit der Prüfergebnisse können verwendet werden, um bedarfsgerechte Prüfintervalle aufzustellen.

Die empfohlene Prüfung enthält die folgenden Punkte.

D.1 Typprüfung des Herstellers

Die Typprüfung dient zur anfänglichen Validierung der Rohstoffe und Produktionsverfahren. Eine neue Typprüfung wird notwendig, wenn Rohstoffe oder Verfahren wesentlich verändert wurden.

D.2 Qualitätsüberwachung durch den Hersteller

Diese Überwachung soll sicherstellen, dass der gewünschte Qualitätsstandard des Produktes beibehalten wird. Der Hersteller ist dafür verantwortlich, dass die in dieser Norm vorgeschriebenen Prüfungen durchgeführt und die Ergebnisse aufgezeichnet werden.

D.3 Außerbetriebliche Prüfungen

Diese Prüfung dient hauptsächlich zur Überprüfung des Umfangs und der einwandfreien Durchführung der Qualitätskontrolle durch den Hersteller. Diese Überprüfung schließt Produktstichproben ein, um sicherzustellen, dass die Anforderungen dieser Norm eingehalten werden. Außerbetriebliche Kontrollen werden in der Regel mindestens einmal jährlich durchgeführt. Der vorgeschlagene Umfang der Prüfungen wird in den Tabellen D.1 bis D.4 angegeben.

D.4 Verantwortlichkeit des Herstellers

Werden das Rohmaterial oder Teile davon, die ein Herstellerzertifikat erfordern, vom Hersteller der werkmäßig wärme gedämmten Rohre selbst hergestellt, so geht die Verantwortung der Lieferanten auf ihn über.

Tabelle D.1 — Prüfung des Mediumrohres

Abschnitt	Prüfgegenstand	Prüfumfang		
		Typprüfung des Herstellers	Qualitätsüberwachung durch den Hersteller	Außerbetriebliche Prüfungen
4.2.1	Fabrikat, Kennzeichnung, Lieferspezifikationen	Keine	Eingangskontrollverfahren	Keine
4.2.2 4.2.3	Maße	Keine	Eingangskontrollverfahren	Keine
4.2.4	Oberflächenbearbeitung, Oberflächenbeschaffenheit usw.	Keine	Eingangskontrollverfahren	Keine

Tabelle D.2 — Prüfung der Polyethylen-Ummantelung

Abschnitt	Prüfgegenstand	Prüfumfang		
		Typprüfung des Herstellers	Qualitätsüberwachung durch den Hersteller	Außerbetriebliche Prüfungen
4.3.1	Werkstoff	Prüfung von Zertifikaten	Je Lieferung/Charge: Rohdichte, Schmelzfließrate und Wärmebeständigkeit Oder: Eingangskontrollverfahren Die Dichte muss vom Rohstofflieferanten angegeben werden.	Kontrolle der internen Prüfunterlagen und Zertifikate für Nenn-dichte
4.3.1.1	Rußverteilung	Einmal je Materialtyp	Einmal je Rohmaterialcharge. Für Gemische einmal je Extruder je Monat. Für direkte Extrudermischung, einmal je Extruder je Woche	Kontrolle der Prüfunterlagen
4.3.1.4	Mechanisches Langzeitverhalten	Einmal je Materialtyp	Keine	Keine
4.3.2.1 4.3.2.2	Durchmesser Wanddicke	Kontrolle der Fertigungsunterlagen	Mindestens alle 2 Stunden je Extruder Oder: Eingangskontrollverfahren	Kontrolle der Prüfunterlagen und Zertifikate
4.3.2.4	Erscheinungsbild und Oberflächenbeschaffenheit	Kontrolle der Unterlagen und Messverfahren	Einmal je Produktionscharge Oder: Eingangskontrollverfahren	Kontrolle der Prüfunterlagen und Messverfahren
4.3.2.5	Bruchdehnung	Prüfung der internen Unterlagen. Je eine Probe wird drei verschiedenen Rohrgrößen entnommen.	Einmal je Produktionscharge Oder: Eingangskontrollverfahren	Kontrolle der internen Prüfunterlagen
4.3.2.6	Veränderungen nach Wärmebehandlung	Je ein Muster aus 3 verschiedenen Rohrgrößen	Einmal je Produktionscharge Oder: Eingangskontrollverfahren	Kontrolle der internen Unterlagen
4.3.2.7	Mechanisches Langzeitverhalten, Ummantelung	Einmal je Materialtyp	Jede Maschine, jeder Materialtyp und jede Durchmessergruppe muss mindestens einmal jährlich geprüft werden. Mindestens 4 Prüfungen je Jahr.	Kontrolle der internen Unterlagen

Tabelle D.3 — Prüfung der Polyurethan-Hartschaumstoffdämmung (PUR)

Abschnitt	Prüfgegenstand	Typprüfung des Herstellers	Prüfumfang	
			Qualitätsüberwachung durch den Hersteller	Außerbetriebliche Prüfungen
4.4.1	Zusammensetzung Fabrikat, Kennzeichnung und Lieferspezifikation	Kontrolle der Unterlagen	Überprüfung von Maschineneinstellungen und Produktions- parametern Mindestens einmal täglich Oder: Eingangskontrollver- fahren	Kontrolle der internen Unterlagen
4.4.2	Zellstruktur	Einmal je Isocyanat-/ Polyol-Typ	Mindestens zweimal jährlich je Isocyanat-/ Polyol-Typ und Maschine	Kontrolle der internen Unterlagen
4.4.2	Lunker und Blasen	Einmal an einem Rohr, das für eine andere Prüfung entnommen wurde	Mindestens zweimal je Jahr und Maschine	Kontrolle der internen Unterlagen
4.4.2	Geschlossene Zellen	Einmal je Polyol-/ Isocyanat-Typ und Maschine	Einmal je Polyol-/ Isocyanat-Typ Mindestens zweimal je Jahr und Maschine	Einmal je Maschine Kontrolle der internen Unterlagen
4.4.3	Rohdichte	Einmal an einem Rohr, das für eine andere Prüfung entnommen wurde	Einmal je Schicht und Maschine und bei Dimensionswechsel Durch Herstellerverfahren	Ein Rohr je Produktionseinheit Kontrolle der internen Unterlagen
4.4.4	Druckfestigkeit	Einmal je Polyol-/ Isocyanat-Typ und Maschine	Keine	Keine
4.4.5	Wasseraufnahme	Einmal je Polyol-/ Isocyanat-Typ und Maschine	Keine	Keine

Tabelle D.4 — Prüfung des Verbundrohres

Abschnitt	Prüfgegenstand	Typprüfung des Herstellers	Prüfumfang	
			Qualitätsüberwachung durch den Hersteller	Außerbetriebliche Prüfungen
4.5.1 4.5.2	Maße der Rohrenden und Außendurchmesser	Gemessen an einem Rohr je Maß	Mindestens einmal je Schicht und Maß	Je Inspektion einmal Kontrolle der internen Unterlagen
4.5.3	Koaxialitätstoleranz	Einmal an einem Rohr, das für andere Prüfungen entnommen wurde	Mindestens zweimal je Jahr	Kontrolle der internen Unterlagen
4.5.4.2	Scherfestigkeit vor Alterung	Einmal an einem Rohr, das andere Prüfungen entnommen wurde	Keine	Einmal je Inspektion je Polyol-/Isocyanat-Typ
4.5.4.2	Scherfestigkeit nach Alterung	Einmal je Polyol-/Isocyanat-Typ und Maschine	Keine	Keine
4.5.5	Wärmeleitfähigkeit	Einmal je Polyol-/Isocyanat-Typ	Keine	Keine
4.5.6	Stoßfestigkeit	Einmal an einem Rohr jedes Ummantelungsrohstoffes/-lieferanten	Keine	Einmal je Inspektion an einem Rohr, das für eine andere Prüfung entnommen wurde
4.5.7	Kriechverhalten	Einmal je Polyol-/Isocyanat-Typ	Keine	Keine

Anhang E (informativ)

Änderung des Treibmittels und dessen Einfluss auf thermochemische und thermomechanische Eigenschaften des harten Polyurethanschaumstoffs (PUR)

Die erste Ausgabe der EN 253 beruhte auf der Verwendung von Polyurethanen, die hauptsächlich durch physikalische Treibmittel aufgeschäumt werden. Die vorliegende Ausgabe erlaubt die Verwendung sowohl von physikalischen als auch chemischen Treibmitteln oder von Mischungen daraus.

Ein Wechsel von physikalischen Treibmitteln zu chemischen verändert die Viskosität der Reaktionsmischung im Produktionsprozess, was eine Veränderung in der chemischen Struktur der Polyole und dem relativen Gehalt von Isocyanat erfordert.

Die thermomechanischen und thermochemischen Eigenschaften des PUR werden beeinträchtigt durch den relativen Isocyanat-Gehalt, durch die Vernetzungsdichte, die sich aus der Funktionalität und dem Hydroxyl-Wert des Polyols ergibt.

Bei den betroffenen thermomechanischen Eigenschaften handelt es sich um die Fähigkeit der PUR-Wärmedämmung, Scherbeanspruchungen bei erhöhten Temperaturen und langsamer mechanische Verformung unter ständiger Belastung (Kriechen) zu widerstehen.

Um die Widerstandsfähigkeit gegenüber Scherbeanspruchungen bei erhöhten Temperaturen zu prüfen, wird die Prüfung mit axialer Scherspannung bei 140 °C eingeführt. Mit der Einführung der Prüfung bei 140 °C wird beabsichtigt, dass innerhalb der festgelegten Arbeitstemperaturen kein Erweichen des PUR-Schaumstoffes auftritt. Die Prüfung wird mit und ohne Alterung durchgeführt.

Die für 140 °C festgelegte axiale Scherspannung von 0,08 MPa beruht auf einem Sicherheitsfaktor von 2,0 für eine Scherbeanspruchung an einem DN-65-Stahlrohr mit einer Ummantelung von 140 mm im Durchmesser und mit einer Erdüberdeckung von 2,7 m und wird berechnet nach:

$$\tau = h \cdot \rho_E \cdot \mu \cdot \frac{D_C}{D_S} \cdot g$$

Dabei ist

τ Scherspannung (0,04 MPa = 0,04 N/mm²);

h Höhe der Erdüberdeckung (2,7 m);

ρ_E Erddichte (1 800 kg/m³);

μ Reibungsfaktor (0,45);

D_C Durchmesser der Ummantelung (140 mm);

D_S Durchmesser des Stahlrohres (76,1 mm);

g 9,81 m/s².

Diese vereinfachte Gleichung sollte nicht für Konstruktionsszwecke verwendet werden.

Eine Erhöhung des Verhältnisses D_C/D_S verringert die höchstzulässige Erdüberdeckung, wohingegen eine Verminderung des Verhältnisses D_C/D_S und/oder eine Verminderung der Erdüberdeckung eine höhere Sicherheit bewirken.

Anhang F (normativ)

Radiales Kriechverhalten von Polyurethanschaumstoff (PUR)

Bei der Prüfung des Kriechverhaltens in 5.4.7 handelt es sich um eine Typprüfung für eine spezielle Art von Dämmmaterial.

Die Prüfung muss an einem werkmäßig gedämmten Rohr mit den Maßen 60,3/125 mm durchgeführt werden.

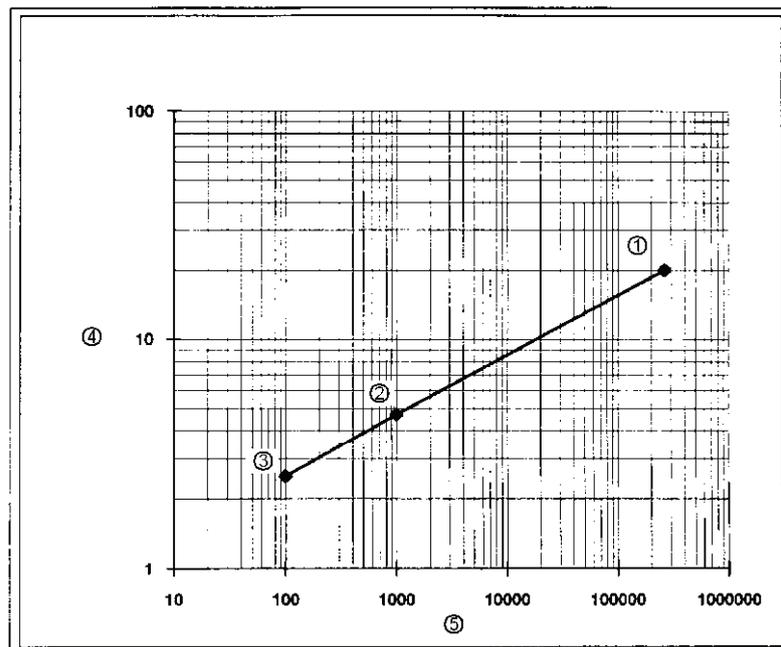
Das Prüfverfahren und die Anforderungen beruhen auf Erfahrungen mit Proben eines Mediumrohrdurchmessers von 60,3 mm. Folglich kann die aufgewendete Kraft, F_{rad} , als das Produkt aus Rohrdurchmesser, Probenlänge und Kraft berechnet werden:

$$F_{\text{rad}} = 60,3 \times 100 \times 0,25 = 1\,508 = 1,5$$

Dabei ist

F_{rad}	die aufgewendete Kraft, in kN;
60,3	der Außendurchmesser des Mediumrohres, in mm;
100	die Probenlänge der Ummantelung, in mm;
0,25	die ausreichend bemessene Kraft, in MPa.

Die Anforderung an zulässige Kriechverformung wird auf Bild F.1 als eine Gerade zwischen einer radialen Verschiebung von 2,5 mm bei 100 h und einer radialen Verschiebung von 20 mm bei 30 Jahren definiert.



Legende

1	30 Jahre	4	Kriechen, in Millimeter
2	$\Delta S_{1\,000}$	5	Zeit, in Stunden
3	ΔS_{100}		

Bild F.1 — Anforderungen an die zulässige Kriechverformung

Anhang G (normativ)

Wärmeleitfähigkeit von werkmäßig gedämmten Rohren. Prüfverfahren

G.1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang beschreibt zusammen mit EN ISO 8497, *Thermal insulation — Determination of steady-state thermal transmission properties of thermal insulation for circular pipes (ISO 8497:1994)* ein Verfahren zur Bestimmung der statischen Wärmeleitfähigkeit von Polyurethan-Schaumstoff in werkmäßig gedämmten Fernwärmerohren.

G.2 Anforderungen (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 5)

G.2.1 Probekörper (EN ISO 8497:1994; 5.1)

Das Rohr muss einen runden Querschnitt haben. Für die Typprüfung wird ein Probekörper von mindestens 3 m Länge aus der Mitte des Verbundrohres mit der Abmessung 60,3/125 mm entnommen.

G.2.2 Betriebstemperatur (EN ISO 8497:1994; 5.2)

Die Prüfvorrichtung wird in ruhiger Luft bei einer Umgebungstemperatur von $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ betrieben.

G.2.3 Arten von Versuchsrohren (EN ISO 8497:1994; 5.5)

Es kann sowohl ein Versuchsrohr mit heizbaren Schutzrohren als auch ein Versuchsrohr mit kalibrierten Enden eingesetzt werden.

G.3 Versuchsrohr (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 7)

G.3.1 Versuchsrohr mit heizbaren Schutzrohren

Bei dem Versuchsrohr mit heizbaren Schutzrohren werden separat beheizte Rohrabschnitte verwendet, "Schutzrohre" genannt, die an jedem Ende der Messstrecke angebracht sind und die Temperatur der Prüfzone haben müssen, um den axialen Wärmestrom im Versuchsrohr zu eliminieren und um das Erreichen einheitlicher Temperaturen zu unterstützen, so dass sich der gesamte Wärmestrom im Probekörper in radialer Richtung einstellt. Die Heizeinrichtungen für die Versuchs- und Schutzrohre müssen so ausgelegt werden, dass jeweils eine über ihre gesamte Länge einheitliche Temperatur erreicht werden kann, bis sich ein konstantes Temperaturniveau eingestellt hat, dessen Abweichungen nicht zu unzulässigen Fehlern in den Prüfergebnissen führen.

Das Heizrohr wird mit einem Zwischenraum von normalerweise nicht größer als 4 mm versehen, der zwischen den Schutzrohren und dem Versuchsrohr angeordnet wird. Ein ähnlicher Zwischenraum muss auch im Stahl-Mediumrohr des Probekörpers vorgesehen sein, der zwischen der Messstrecke und den Schutzrohren liegt.

An jedem Zwischenraum müssen innere Abschirmeinrichtungen installiert werden, um Konvektion und Wärmestrahlung zwischen den Zonen zu minimieren. Thermoelemente, die als Fühler zur Erfassung von Temperaturdifferenzen geschaltet sind, müssen im Heizrohr an beiden Seiten jedes Zwischenraumes in einem Abstand von höchstens 25 mm zum Zwischenraum angebracht werden, um die Temperaturdifferenz über jeden Zwischenraum hinweg zu überwachen.

G.3.2 Versuchsrohr mit nicht beheizbaren Schutzzyllindern

Wird das Versuchsrohr mit nicht beheizbaren Schutzzyllindern verwendet, werden auf Grund des Wärmeverlustes durch die Schutzhauben an den Stirnflächen Ergebniskorrekturen erforderlich. Diese Korrekturen erhält man durch Messungen an Prüfkörpern mit verschiedenen Längen, die von der gleichen Probe stammen. Drei Probekörper mit verschiedenen Längen, z. B. 3,0 m, 1,5 m und 0,75 m, müssen verwendet werden. Für jede Prüflänge (L) muss die gesamte Wärmeleistung (Q_{gesamt}) aufgezeichnet werden. Beim Aufzeichnen des gemessenen gesamten Wärmeverbrauches über die Rohrlänge muss sich Linearität einstellen, wobei der Korrelationsfaktor festgestellt werden muss. Der Wärmeverlust durch die Schutzhauben an den Stirnflächen wird durch die Meldung für $L = 0$ bestimmt und muss im Prüfbericht festgehalten werden.

G.3.3 Maße (EN ISO 8497:1994; 7.2)

Für den Mediumrohrdurchmesser werden keine Einschränkungen gemacht, jedoch darf die Länge des Prüfabschnittes nicht weniger als 1 m für das Versuchsrohr mit heizbaren Schutzrohren sein und nicht weniger als 2 m für das Versuchsrohr mit nicht beheizbaren Schutzzyllindern.

G.3.4 Oberflächentemperatur des Heizrohres

Die Oberflächentemperatur des Prüfabschnittes des Heizrohres muss mit mindestens 4 Temperaturfühlern gemessen werden, die gleichmäßig über die Länge des Prüfabschnittes verteilt werden.

G.4 Probekörper (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 8)

G.4.1 Vorbehandlung (EN ISO 8497:1994; 8.4)

Der Probekörper muss eine Woche lang bei Raumtemperatur gelagert werden. Für die Typprüfung soll die Wärmeleitfähigkeit an einem Rohrstück durchgeführt werden, das nach der Produktion für 5 Wochen \pm 1 Woche bei Raumtemperatur gelagert wurde.

G.4.2 Bestimmung der Maße (EN ISO 8497:1994; 8.5)

Innen- und Außendurchmesser des Mediumrohres (D_{s1}) und (D_{s2}) müssen mit einem Messschieber gemessen werden. Die Ummantelung wird mit einem biegsamen Stahlband gemessen, um den Umfang zu erhalten, der durch π dividiert wird, um den Durchmesser (D_{c4}) zu erhalten. Diese Messung wird an 4 gleichmäßig über die Länge des Probekörpers verteilten Stellen durchgeführt.

Die Dicke der Ummantelung (t) muss an vier Punkten gemessen werden, die gleichmäßig über den Umfang verteilt sind und an beiden Enden des Probekörpers. Der Innendurchmesser (D_{c3}) wird danach berechnet.

G.4.3 Messung der Oberflächentemperatur

Die Fühler zur Temperaturmessung am Probekörper müssen beim Mediumrohr an der Innenseite und bei der Ummantelung an der Außenseite angebracht werden.

G.4.3.1 Anordnung der Temperaturfühler (EN ISO 8497:1994; 8.6)

Die Länge der Messstrecke muss in mindestens vier gleiche Teile unterteilt werden, und die Thermolemente müssen in Längsrichtung in der Mitte jedes Teils angebracht werden.

G.5 Durchführung (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 9)

G.5.1 Prüflänge (EN ISO 8497:1994; 9.1.1)

Die tatsächliche Prüfabschnittslänge (L) darf für das Versuchsrohr mit heizbaren Schutzrohren nicht kürzer als 1 m, für das Versuchsrohr mit nicht beheizbaren Schutzzyllindern nicht kürzer als 2 m sein. Messunsicherheit: ± 1 mm.

G.5.2 Durchmesser (EN ISO 8497:1994; 8.5)

Der Durchschnittsaußendurchmesser der Ummantelung wird durch Messung des Umfanges mit einem biegsamen Stahlband ermittelt. Der Außendurchmesser des Stahlrohres muss mit einem Messschieber ermittelt werden.

Messunsicherheit:	Ummantelungsdurchmesser	±0,5 mm
	Mediumrohrdurchmesser	±0,2 mm

G.5.3 Dicke der Ummantelung

Die Dicke der Ummantelung muss mit einem Messschieber ermittelt werden.

Messunsicherheit: ±0,2 mm.

G.5.4 Anforderungen an die Umgebung (EN ISO 8497:1994; 9.2)

Das Prüfgerät wird in einem auf die gewünschte Umgebungstemperatur (23 ± 2) °C geregelten Raum oder Gehäuse betrieben, so dass sich die Temperatur während der Prüfung um nicht mehr als ± 1 °C verändert. Die Prüfung muss unbedingt in ruhiger Umgebungsluft durchgeführt werden.

G.5.5 Oberflächentemperatur des Versuchsrohres (EN ISO 8497:1994; 9.3)

Die Prüfungen müssen bei mindestens drei verschiedenen Mediumtemperaturen durchgeführt werden. Die Messunsicherheit der Temperaturmessungen muss innerhalb von $\pm 0,3$ °C liegen. Bei der Typprüfung müssen die Temperaturen ungefähr gleich im Temperaturintervall von 70 °C bis 90 °C verteilt sein, gemessen an der Innenoberfläche des Mediumrohres.

G.5.6 Leistungszufuhr (EN ISO 8497:1994; 7.9)

Die Messunsicherheit des Leistungsmessgerätes für die Heizung des Prüfabschnitts muss innerhalb von 1,0 % liegen.

G.5.7 Axiale Wärmeverluste (EN ISO 8497:1994; 5.7)

Bei Verwendung eines Versuchsrohres mit heizbaren Schutzrohren dürfen keine Messergebnisse verwendet werden, bei denen der abgeschätzte axiale Wärmestrom an beiden Enden größer als 0,5 % der durchschnittlichen Wärmezufuhr des Prüfabschnittes eingeschätzt wird. Bei Verwendung von Versuchsrohren mit nichtbeheizbaren Schutzzylindern muss der Wärmeverlust durch die Endkappen bestimmt und aufgezeichnet werden.

G.5.8 Prüfdauer und Stabilität (EN ISO 8497:1994; 9.5.3)

Die Messungen sind so lange fortzusetzen, bis die einzelnen Messergebnisse aus mindestens drei aufeinanderfolgenden Beobachtungsreihen, gemessen mit einem Zeitintervall von höchstens 0,5 h zwischen jeder Reihe, um nicht mehr als 1 % vom Mittelwert der Ergebnisse der drei Reihen abweichen und keine einseitigen Trends zeigen. In Fällen, in denen die Leistungsmessung mit einem integrierenden Messgerät durchgeführt wird, muss jede Messung mindestens 0,5 h dauern.

G.6 Berechnungen (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 11)

G.6.1 Wärmeleitfähigkeit (EN ISO 8497:1994; 3.5)

Die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes bei Durchschnittstemperatur wird mittels linearer Regression berechnet, indem die Ergebnisse für verschiedene Rohrtemperaturen verwendet werden. Das Ergebnis wird aufgezeichnet als λ bei einer Durchschnittstemperatur (T_m). Für die Typprüfung wird die Wärmeleitfähigkeit λ_{50} als Durchschnitt von drei verschiedenen Verbundrohren bestimmt. Die Wärmeleitfähigkeit muss auf das nächste Vielfache von 1/1 000 W/(m × K) gerundet werden.

Eine geeignete Korrektur bezüglich des Temperaturabfalles in der Ummantelung muss durchgeführt werden (Wärmeleitfähigkeit des HD-Polyethylen ist mit $0,40 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$ festgelegt). Jede Korrektur des Temperaturabfalles im Stahlrohr kann vernachlässigt werden ($\lambda_{\text{Stahl}} = 50 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$). Werden andere Werkstoffe für die Mediumrohre verwendet, müssen entsprechende Berechnungen für Korrekturen erfolgen.

Einheiten und Formelzeichen (EN ISO 8497:1994; Abschnitt 4)

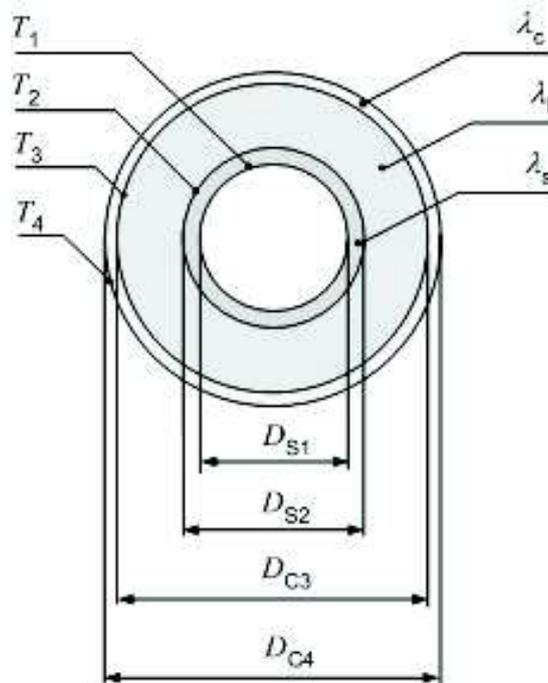


Bild G.1 — Formelzeichen

Tabelle G.1 — Formelzeichen und Einheiten

Wärmestrom	Φ	(W)
Länge der Messstrecke	L	(m)
Temperatur der inneren Oberfläche des Mediumrohres	T_1	(°C)
Temperatur der Innenseite der Rohrdämmung	T_2	(°C)
Temperatur der äußeren Oberfläche der Rohrdämmung	T_3	(°C)
Temperatur der äußeren Oberfläche der Ummantelung	T_4	(°C)
Durchschnittstemperatur der Dämmung	T_m	(°C)
Mediumrohrinnendurchmesser	D_{S1}	(m)
Innendurchmesser der Rohrdämmung	D_{S2}	(m)
Außendurchmesser der Rohrdämmung	D_{C3}	(m)
Außendurchmesser der Ummantelung	D_{C4}	(m)
Dicke der Ummantelung	t	(m)

EN 253:2003 + A1:2005 (D)

Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes	λ_i	(W/(m x K))
Wärmeleitfähigkeit der Ummantelung	λ_c	(W/(m x K))
Wärmeleitfähigkeit des Mediumrohres	λ_s	(W/(m x K))

$$\lambda_i = \frac{\ln\left(\frac{D_{c3}}{D_{s2}}\right)}{\frac{2 \times \pi \times (T_1 - T_4) \times L}{\Phi} - \frac{1}{\lambda_c} \ln\left(\frac{D_{c4}}{D_{c3}}\right) - \frac{1}{\lambda_s} \ln\left(\frac{D_{s2}}{D_{s1}}\right)}$$

$$T_3 = T_4 + \frac{\Phi}{2 \times \pi \times L \times \lambda_c} \ln\left(\frac{D_{c4}}{D_{c3}}\right)$$

$$T_m = \frac{(T_3 + T_2)}{2}$$

$$T_2 = T_1 - \frac{\Phi}{2 \times \pi \times L \times \lambda_s} \ln\left(\frac{D_{s2}}{D_{s1}}\right)$$

Anhang ZA (informativ)

Nationale A-Abweichungen

A-Abweichung: Nationale Abweichung, die auf Vorschriften beruht, deren Veränderung zum gegenwärtigen Zeitpunkt außerhalb der Kompetenz des CEN/CENELEC-Mitglieds liegt.

Diese Europäische Norm fällt nicht unter eine EG-Richtlinie. In den betreffenden CEN/CENELEC-Ländern gelten diese A-Abweichungen anstelle der Festlegungen der Europäischen Norm so lange, bis sie zurückgezogen ist.

ZA.1 Durch nationale Gesetzgebung in Schweden bedingte Abweichung bei Stahl-Mediumrohren

In Schweden wird von der nationalen Behörde für Arbeitssicherheit und Gesundheitswesen (ASS) die Verwendung von Rohren nach ISO 9329-1:1989 und ISO 9330-1:1990 nicht automatisch genehmigt.

Der Grund für die unveränderte Beibehaltung der schwedischen Vorschriften ist, dass sie einen wesentlichen Bestandteil der gesetzlichen Regelung für die Druckrohrverlegung in Schweden darstellt.

Nach den Vorschriften AFS 990:15, *Druckgefäße* und AFS 1990:16, *Einführung des Verrohrungscodes der Schwedischen Kommission für Druckgefäße (heute das Schwedische Institut für Normung von Druckgefäßen)*, herausgegeben von der Nationalen Behörde für Arbeitssicherheit und Gesundheitswesen (ASS), dürfen in Schweden einige Stahlsorten der Konstruktions-Stahlklasse für Stahl-Mediumrohre verwendet werden, unter der Voraussetzung, dass ein Auslegungsdruck von 16 bar (1,6 MPa) nicht überschritten wird. Bei höheren Drücken müssen Werkstoffe der Druckgefäß-Stahlklasse gewählt werden.

Derartige Werkstoffe der Konstruktions-Stahlklasse und Druckgefäß-Stahlklasse, die als zulässig für die Verwendung in druckfesten Bauteilen befunden worden sind, sind in so genannten NGS-Blättern dokumentiert. Diese Dokumente enthalten Stahlklassen sowohl nach nationalen schwedischen Normen als auch nach anderen nationalen Normen.

Nach dem Verrohrungscode muss ein Hersteller von maschinell durchgehend geschweißten Rohren ein Gutachten bezüglich des Herstellungsverfahrens der Rohre vom ASS einholen. Es wird ihm dann eine so genannte ASS-Nummer zugeteilt.

Eine Liste der Rohrhersteller, denen eine ASS-Nummer zugeteilt wurde, wird beim ASS geführt. Diese Liste enthält Firmennamen, Werkstoffe, Maße, Schweißverfahren, ASS-Nummern und Gütegrad der Schweißverbindung.

Fernwärmeleitungen, die zur Objektgruppe 3 oder 5 von AFS 1990:15 gehören, müssen den Anforderungen der Kapitel 4 und 6 genügen.

Zusätzlich gilt die Vorschrift AFS 1990:16, *Einführung des Verrohrungscodes der Schwedischen Kommission für Druckgefäße*.

Um den Gebrauchsbedingungen von AFS 1990:15, Kapitel 6, zu genügen, ist es notwendig, dass die Rohre nach einer der folgenden Möglichkeiten hergestellt werden.

1. Der Rohrhersteller fertigt die Rohre entsprechend den Vorschriften im Anhang 7 des Verrohrungscodes.
2. Der Rohrhersteller hat von der Nationalen Behörde für Arbeitssicherheit und Gesundheitswesen ein Gutachten bezüglich Herstellungsverfahren und Stahlklasse(n) erhalten sowie eine so genannte ASS-Nummer für die betreffenden Rohre zugeteilt bekommen.

Literaturhinweise

- [1] EN 12524, *Baustoffe und –produkte; Wärme- und Feuchteschutz; Technische Eigenschaften; Tabellierte Bemessungswerte.*
- [2] EN ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme; Modell zur Darlegung des Qualitätsmanagementsystems in Design/Entwicklung, Produktion, Montage und Kundendienst (Europäische Norm EN ISO 9001).*
- [3] ISO 9329-1, *Nahtlose Stahlrohre für Druckzwecke; Technische Lieferbedingungen; Teil 1: Unlegierte Stähle mit gewährleisteten Eigenschaften bei Raumtemperatur.*
- [4] ISO 9330-1, *Geschweißte Stahlrohre für Druckzwecke; Technische Lieferbedingungen; Teil 1: Unlegierte Stähle mit gewährleisteten Eigenschaften bei Raumtemperatur.*