

DIN EN 13941-1



ICS 23.040.10; 91.140.10

Entwurf

Einsprüche bis 2016-10-05
Vorgesehen mit
E DIN EN 13941-2:2016-09
als Ersatz für
DIN EN 13941:2010-12

**Fernwärmerohre –
Auslegung und Installation von gedämmten Einzel- und
Doppelrohr-Verbundsystemen für direkt erdverlegte
Heißwasser-Fernwärmenetze –
Teil 1: Auslegung;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13941-1:2016**

District heating pipes –
Design and installation of thermal insulated bonded single and twin pipe systems for directly
buried hot water networks –
Part 1: Design;
German and English version prEN 13941-1:2016
Conception et installation des systèmes bloqués de tuyaux préisolés pour les réseaux enterrés
d'eau chaude;
Version allemande et anglaise prEN 13941-1:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-08-05 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-
Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nhrs@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im
Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-
Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS),
10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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

Gesamtumfang 336 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13941-1:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 107 „Werkmäßig gedämmte Mantelrohrsysteme für Fernwärme und Fernkälte“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DS (Dänemark) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 041-01-12 AA „Werkmäßig gedämmte Mantelrohre für Fernwärme (SpA CEN/TC 107)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 13941-1 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13941:2010-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) DIN EN 13941 wird als „Systemnorm“ angesehen, einschließlich aller Anforderungen an Werkstoffe und Komponenten und bezieht sich, wo notwendig, auf die verwandten Produktnormen DIN EN 253, DIN EN 448, DIN EN 488, DIN EN 489, DIN EN 14419 und DIN EN 15698;
- b) Kapitel, die sich auf die Installation beziehen, wurden in die EN 13941-2 verschoben;
- c) die Struktur des Dokuments wurde angepasst, sodass ein besseres Gleichgewicht zwischen Normtext und den Anhängen besteht;
- d) Anhang E „Spezifische Anforderungen für Doppelrohrsysteme“ wurde neu hinzugefügt;
- e) Anhang H: „Anwendungsbereich der DIN EN 13941 in Bezug auf die Druckgeräterichtlinie (PED)“ hinzugefügt;
- f) die Anforderungen an horizontale und vertikale Stabilität und für parallele Aufgrabungen wurden klarer formuliert;
- g) es wurden Anforderungen an Mindestabstände zwischen parallelen Rohren hinzugefügt, sowie Warnungen hinsichtlich der Arbeiten von Dritten, welche die Integrität oder die erforderlichen Auslegungsbedingungen der Fernwärmerohre gefährden könnten;
- h) Anforderungen für horizontale Richtbohrungen wurden hinzugefügt (auch in prEN 13941-2:2016, Anhang B);
- i) erforderliche Eigenschaften und Prüfmethoden für Dehnpolster wurden hinzugefügt;
- j) eine Ermüdungskurve für Kehlnähte (z. B. für Einmalkompensatoren) wurde hinzugefügt;
- k) der Einsatz von Spannungskonzentrationsfaktoren für Stumpfnähte in Fernwärmerohren wird in Übereinstimmung mit den aktuellen, internationalen Verordnungen zum Rohrleitungsbau nicht länger als notwendig berücksichtigt;
- l) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Fernwärmerohre — Auslegung und Installation von gedämmten Einzel- und Doppelrohr-Verbundsystemen für direkt erdverlegte Heizwasser-Fernwärmenetze — Teil 1: Auslegung

Conception et installation des systèmes bloqués de tuyaux préisolés pour les réseaux enterrés d'eau chaude

District heating pipes — Design and installation of thermal insulated bonded single and twin pipe systems for directly buried hot water networks — Part 1: Design

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe, Einheiten und Symbole	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Einheiten und Symbole	20
3.2.1 Einheiten	20
3.2.2 Symbole	21
4 Allgemeine Anforderungen	27
4.1 Funktionale Anforderungen	27
4.2 Nutzungsdauer	28
4.3 Voruntersuchungen	28
4.4 Bestimmung der Projektklasse	29
4.4.1 Risikobewertung	29
4.4.2 Projektklassen	30
4.5 Projektdokumentation	32
4.5.1 Allgemeines	32
4.5.2 Betriebsdaten	32
4.5.3 Daten bezüglich des Rohrleitungssystems	32
4.6 Trassenauswahl und Positionierung der Rohre	34
4.6.1 Mindestabstände zwischen parallelen Rohren	34
4.6.2 Parallele Aufgrabungen und Arbeiten von Dritten	35
4.6.3 Mindestabstände zwischen Fernwärmerohrleitungen und unterirdischen Strukturen	35
4.7 Entlüftung und Trockenlegung	35
4.8 Armaturen	36
4.9 Beschaffung von Werkstoffen	36
4.9.1 Hersteller der Rohrleitungskomponenten	36
4.10 Qualitätssicherung	36
4.10.1 Allgemeines	36
4.10.2 Auslegungsphase	37
4.10.3 Verlegungsphase	37
5 Anforderungen für Komponenten und Werkstoffe	39
5.1 Grundanforderungen	39
5.2 Stahlrohrteile	39
5.2.1 Allgemeines	39
5.2.2 Spezifikation	39
5.2.3 Kennwerte für Stahl	40
5.2.4 Spezifische Anforderungen an Rohrbögen und T-Stücke	41
5.2.5 Spezifische Anforderungen für kleine Winkelabweichungen	42
5.2.6 Spezifische Anforderungen für Reduzierstücke	43
5.3 Polyurethan-Schaumstoffdämmung	43
5.4 Mantel	43
5.5 Werkstoffe für Mäntel und die Dämmung von Montagestößen	43
5.6 Dehnpolster	44
5.6.1 Allgemeines	44

5.6.2	Werkstoffe.....	45
5.6.3	Steifigkeitseigenschaften.....	45
5.6.4	Auswahl der erforderlichen Dicke der Dehnpolster	46
5.6.5	Kennzeichnung.....	47
5.7	Armaturen und Zubehör.....	47
5.7.1	Allgemeine Anforderungen	47
5.7.2	Kennzeichnung und Dokumentation	47
6	Konstruktion und Berechnung.....	48
6.1	Allgemeines Verfahren.....	48
6.2	Rohrleitungskomponenten, Bereiche, Bedingungen und Schnittstellen, die in die Analyse einfließen müssen	49
6.2.1	Komponenten	49
6.2.2	Bereiche, die spezifische Analysen erfordern	49
6.2.3	Besondere Bedingungen.....	50
6.2.4	Schnittstellen	50
6.3	Vereinfachtes Analyseverfahren	50
6.4	Einwirkungen	51
6.4.1	Allgemeines	51
6.4.2	Klassifizierung der Einwirkungen und Lastkombinationen	51
6.4.3	Temperaturschwankungen	53
6.4.4	Oberlast durch den Boden	54
6.4.5	Verkehrslasten	54
6.5	Globale Analyse und Wechselwirkung zwischen Rohr und Boden.....	56
6.5.1	Allgemeines	56
6.5.2	Modell für die Wechselwirkung zwischen Rohr und Boden.....	57
6.5.3	Rohr-Boden-Reibung (axial)	58
6.5.4	Horizontale Bodenreaktionskraft (lateral)	61
6.5.5	Kombinierte laterale Steife des Rohres, des PUR-Schaumstoffes, der Dehnpolster und des Bodens	65
6.5.6	Bodeneigenschaften	67
6.5.7	Wärmeausdehnung von vergrabenen Rohrabschnitten:	67
6.5.8	Rohrleitungssysteme mit Einmalkompensatoren (SUC)	69
6.5.9	Spezifische Anforderungen an vertikale und horizontale Stabilität	71
6.5.10	Parallelaufgrabungen	74
6.5.11	Anforderungen für weiche Böden und Setzungsbereiche	74
6.5.12	Spezifische Auslegungsanforderungen für überirdische Rohrleitungen mit werkmäßig gedämmten Rohren	75
6.5.13	Verlegung in Schutzrohren	75
6.6	Bestimmung von Spannungen und Dehnungen	76
6.6.1	Allgemeines	76
6.6.2	Querschnittsanalysen, Stahl.....	76
6.6.3	Bewertung basierend auf einer resultierenden (äquivalenten) Spannung.....	78
6.6.4	Spannungen und Ovalisierung durch von oben wirkende Lasten.....	79
6.6.5	Auslenkung	81
6.6.6	Bögen	82
6.6.7	T-Stücke	83
6.6.8	Einmalkompensatoren (SUC).....	85
6.6.9	PUR-Schaumstoff und Mantel.....	87
6.7	Ermüdungsanalysen.....	87
6.7.1	Allgemeines	87
6.7.2	Lastwechsel	88
6.8	Weitere Maßnahmen	90
7	Grenzzustände.....	91
7.1	Allgemeines	91
7.2	Grenzzustände von Stahlmediumrohren.....	91
7.2.1	Allgemeines	91

7.2.2	Grenzzustand A: Versagen aufgrund plastischer Verformung	92
7.2.3	Grenzzustand B: Versagen aufgrund von Ermüdungsbruch.....	95
7.2.4	Grenzzustand C: Versagen aufgrund „Instabilität des Systems oder von dessen Teilen“	98
7.2.5	Grenzzustand D: Gebrauchstauglichkeit.....	100
7.2.6	Übersicht über die Grenzzustände für Stahl.....	100
7.3	Grenzzustände für PUR und PE	103
7.3.1	Druckspannung.....	103
7.3.2	Grenzzustand für Schubspannungen.....	103
7.3.3	Grenzzustand für PE	103
7.4	Grenzzustand für Armaturen	104
Anhang A (normativ) Auslegung von Rohrleitungsteilen unter Innendruck.....		105
A.1	Allgemeines	105
A.2	Gerade Rohre und Bögen.....	105
A.2.1	Gerade Rohre	105
A.2.2	Bögen.....	105
A.3	T-Stücke und Abzweige	106
A.3.1	Allgemeine Aspekte und Einschränkungen	106
A.3.2	Verstärkung.....	106
A.4	Reduzierstücke und Verlängerungen	109
A.5	Kappen.....	109
A.5.1	Allgemeines	109
A.5.2	Ellipsenförmige Kappe, erforderliche Mindestwanddicke bezogen auf den Innendruck.....	110
A.5.3	Gerade zylindrische Mäntel.....	110
Anhang B (informativ) Bodeneigenschaften und geotechnische Parameter für die Analyse von Rohr-Boden-Wechselwirkungen		111
B.1	Allgemeine Anforderungen.....	111
B.2	Geotechnische Parameter für die globale Analyse (Wechselwirkung zwischen Rohr und Boden)	111
B.3	Geotechnische Studie	112
B.3.1	Feldstudie	112
B.3.2	Typische Werte in Bezug auf Mittelwerte.....	112
B.3.3	Untersuchung der Grenzflächenreibung	113
B.4	Kennwerte für Bodeneigenschaften	113
B.4.1	Typische Werte in Bezug auf Mittelwerte.....	113
B.4.2	Räumliche Variation der Bodeneigenschaften	113
B.5	Modellunsicherheit bei Bestimmung geotechnischer Parameter.....	115
Anhang C (normativ) Flexibilität und Spannungserhöhungen von Rohrkomponenten		117
C.1	Allgemeines	117
C.2	Flexibilitätsfaktoren für Rohrkomponenten.....	117
C.2.1	Bögen.....	117
C.2.2	T-Stücke	117
C.2.3	Andere Komponenten.....	118
C.3	Spannungserhöhung in Rohrelementen	118
C.3.1	Stumpfschweißverbindungen.....	118
C.3.2	Bögen.....	118
C.3.3	T-Stücke	120
C.3.4	Kleine Winkelabweichungen	122
C.3.5	Reduzierstücke.....	123
Anhang D (informativ) Berechnung der Wärmeverluste		125
D.1	Allgemeines	125
D.2	Wärmeverlust von gedämmten Rohren.....	125
D.2.1	Paar von Einzelrohren - Berechnung des spezifischen Wärmeverlustes	125
D.2.2	Symmetrische und (a) antisymmetrische Wärmeverlustfaktoren nach Multipol- Gleichungen nullter Ordnung:	126

D.2.3	Mittels einer Annäherung nullter Ordnung für die (s) symmetrischen und (a) antisymmetrischen Profile kann die Wärmebeständigkeit berechnet werden:	126
D.2.4	Spezifischer Wärmeverlust von Rohren	127
D.2.5	Doppelrohre - Berechnung des spezifischen Wärmeverlustes	127
D.2.6	Temperatur von Rohren	128
D.2.7	(s) symmetrische und (a) antisymmetrische Wärmeverlustfaktoren nach Multipol-Gleichungen erster Ordnung:.....	129
D.2.8	Spezifischer Wärmeverlust von Rohren	130
Anhang E (informativ) Spezifische Anforderungen für Doppelrohrsysteme		131
E.1	Allgemeines	131
E.2	Komponenten und Werkstoffe	131
E.2.1	Doppelrohrsystem	131
E.2.2	Befestigungsleisten.....	132
E.3	Max. erlaubte Spannungen für spezifische Elemente von Doppelrohrsystemen:	132
E.3.1	Projektklassen.....	132
E.3.2	Bodenreibung, Reibungslänge von Doppelrohren und Rohrausdehnung	132
E.3.3	Axiale Spannung in Vorlauf- und Rücklaufleitungen	134
E.3.4	Maße der Befestigungsleisten	137
E.3.5	Dehngrenze der Stahlstützen der Befestigungsleiste	141
E.3.6	Nachweis der Schweißnähte	142
E.3.7	Bodendruck an Bögen und T-Stücken und Spannungen in der PUR-Dämmung als Ergebnis lateraler Bewegungen;.....	144
E.3.8	vertikale und horizontale Stabilität von Doppelrohrsystemen im Boden;.....	145
E.3.9	Spannungserhöhungsfaktoren für Bögen, T-Stücke.....	145
E.3.10	Ermüdung.....	145
E.4	Verlegungsanforderungen	145
Anhang F (normativ) Druckkraftprüfung von Dehnpolstern		146
Anhang G (informativ) Grundsätze zur Bestimmung der Biegemomente zur Prüfung von Fernwärmearmaturen.....		148
G.1	Einleitung	148
G.2	Allgemeine Erwägungen zur Bestimmung der Prüfwerte für Biegemomente	148
G.3	Bestimmung von Biegemomenten aus Bodensetzungen.....	149
G.4	Berechnungsergebnisse und Bewertung.....	149
G.5	Beständigkeit gegenüber axialen Kräften.....	152
Anhang H (informativ) Anwendungsbereich der EN 13941 in Bezug auf die Druckgeräterichtlinie (PED), 2014/68/EU, 15. Mai 2014.....		153
H.1	Allgemeines	153
H.2	Leitlinien.....	154
Anhang I (informativ) Qualitätssicherungsprogramm und Dokumentation		157
Anhang J (informativ) Mantel: Gleichungen für Miner-Regel		161
Anhang K (informativ) Festigkeitsberechnung beim horizontalen Richtbohren.....		162
K.1	Einleitung	162
K.2	Bestimmung von Verlegelasten	163
K.2.1	Einleitung	163
K.2.2	Bestimmung der Zugkräfte	163
K.2.3	Bestimmung des Längsbiegemoments	167
K.2.4	Bestimmung des umlaufenden Biegemoments	168
K.2.5	Bestimmung der Spannung.....	168
K.2.6	Bewertung eines möglichen Zusammenbruchs aufgrund des Bohrspülungsdrucks oder des externen Grundwasserdrucks	168
K.2.7	Bewertung des maximalen Bodendrucks auf dem PUR-Schaumstoff und dem Mantel	168
K.3	Bestimmung des höchsten zulässigen Drucks im Bohrloch als Funktion des plastischen Bereichs	168

K.4	Bodenlast nach Fertigstellung des horizontalen Richtbohrers (HDD)	168
K.4.1	Einleitung	168
K.4.2	Wölbung.....	169
K.4.3	Berechnungsverfahren für vertikale Bodenlasten (homogene Bodenmasse)	169
K.4.4	Berechnungsverfahren zur Bestimmung des horizontalen Stützdrucks (mit reduzierter vertikaler Last).....	170
Literaturhinweise.....		171

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13941-1:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 107 „Werkmäßig gedämmte Mantelrohrsysteme für Fernwärme und Fernkälte“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DS gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13941:2009+A1:2010 ersetzen.

EN 13941, *Fernwärmerohre — Auslegung und Installation von Einzel- und Doppelrohrsystemen aus werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für direkt erdverlegte Warmwassernetzwerke* besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Auslegung;
- Teil 2: Installation.

Im Vergleich zur EN 13941:2009+A1:2010 wurden die folgenden Änderungen umgesetzt:

- a) EN 13941 wird als „Systemnorm“ angesehen, einschließlich aller Anforderungen an Werkstoffe und Komponenten und bezieht sich, wo notwendig, auf die verwandten Produktnormen EN 253, EN 448, EN 488, EN 489, EN 14419 und EN 15698;
- b) Kapitel, die sich auf die Installation beziehen, wurden in die prEN 13941-2 verschoben;
- c) Die Struktur des Dokuments wurde verbessert, sodass ein besseres Gleichgewicht zwischen Normtext und den Anhängen besteht;
- d) Anhang E „Spezifische Anforderungen für Doppelrohrsysteme“ wurde neu hinzugefügt;
- e) Anhang H: „Anwendungsbereich der EN 13941 in Bezug auf die Druckgeräterichtlinie (PED)“ wurde hinzugefügt;
- f) Anforderungen an horizontale und vertikale Stabilität und für parallele Aufgrabungen expliziter formuliert;
- g) Es werden Mindestabstände zwischen parallelen Rohren eingeführt, sowie Warnungen hinsichtlich der Arbeiten von Dritten, welche die Integrität oder die erforderlichen Auslegungsbedingungen der Fernwärmerohre gefährden könnten;
- h) Anforderungen für horizontale Richtbohrungen wurden hinzugefügt (auch in prEN 13941-2, Anhang B);
- i) Erforderliche Eigenschaften und Prüfmethode für Dehnpolster wurden hinzugefügt;
- j) Eine Ermüdungskurve für Kehlnähte (z. B. für Einmalkompensatoren) wurde hinzugefügt;
- k) Der Einsatz von Spannungskonzentrationsfaktoren für Stumpfnähte in Fernwärmerohren wird in Übereinstimmung mit den aktuellen, internationalen Verordnungen zum Rohrleitungsbau nicht länger als notwendig berücksichtigt;
- l) Eine große Anzahl kleinerer Änderungen und redaktioneller Verbesserungen.

Einleitung

Diese Norm wurde vom CEN/TC 107/WG 13 „Prefabricated district heating and district cooling pipe system“ vorbereitet.

Entsprechend dem Aufgabengebiet vom CEN/TC 107:

- hat die CEN/TC 107/WG 13 die Aufgabe, Auslegungs-, Berechnungs- und Verlegungsregeln für werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für erdverlegte Fernwärmenetze mit Verbundrohrsystemen festzulegen, die mit EN 253, EN 448, EN 488 und EN 489 abgestimmt sind;
- legt die CEN/TC 107/WG 13 auch Regeln für Funktionsprüfungen von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohrsystemen für erdverlegte Fernwärmenetze fest;
- Die Grundregeln für Auslegung, Berechnung und Verlegung beruhen auf funktionellen Anforderungen;
- Das Ziel der Arbeit ist die Schaffung einer einheitlichen Grundlage für Auslegung, Bau und Betrieb von Fernwärmesystemen, um die Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit des Systems hinsichtlich Umgebung, Umwelt sowie Gesundheit der Bevölkerung sicherzustellen;
- Rohrverbindungen für die Rohrleitungen sind mit EN 489 abgestimmt.

Bei der Anwendung der Norm müssen die verschiedenen Abschnitte, aus denen sie besteht, als voneinander abhängig angesehen werden und können nicht losgelöst als allein stehende Regeln gelten.

Die Revision der EN 13941:2009+A1:2010 umfasst die Aufteilung des Dokuments in zwei separate Bände:

- prEN 13941-1, *Auslegung und Installation von werkmäßig gedämmten Verbundrohrsystemen für die Fernwärme — Teil 1: Auslegung*;
- prEN 13941-2, *Auslegung und Installation von werkmäßig gedämmten Verbundrohrsystemen für die Fernwärme — Teil 2: Installation*.

Dieser Band (Teil 1) besteht aus einem Hauptteil und acht Anhängen.

Anhänge A, C und F sind normativ. Anhänge B, D, E, G, H, I und J sind informativ.

Es ist zulässig, zu den in dieser Norm angegebenen Anwendungsregeln alternative Auslegungsregeln anzuwenden, vorausgesetzt, es ist erwiesen, dass die Alternativregel mit den entsprechenden Grundsätzen übereinstimmt und hinsichtlich der Widerstandsfähigkeits-, Gebrauchstauglichkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften des Systems mindestens gleichwertig ist.

Diese Norm umfasst eine Anzahl von Anforderungen, die die ordnungsgemäße Bauausführung von Verteilungsnetzen und Transportpipelines für die Fernwärme sicherstellen sollen.

Die Anforderungen und Regelungen in dieser Norm sollten bewertet und in Übereinstimmung mit den Zielen der Norm und unter angemessener Berücksichtigung der in dem betroffenen Fachgebiet stattfindenden Entwicklungen angewendet werden. Es wird daher angenommen, dass der Anwender der Norm über das erforderliche technische Wissen und ausreichende Kenntnisse der gesetzlichen und weiteren externen Regelungen verfügt, die für die praktische Anwendung der Norm von Bedeutung sind.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Auslegungs-, Berechnungs- und Verlegungsregeln für werkmäßig hergestellte, wärmegeämmte Einzel- und Doppelrohrverbundsysteme für direkt erdverlegte Warmwassernetzwerke fest, die für den Dauerbetrieb mit Warmwasser bei unterschiedlichen Temperaturen bis 120 °C und gelegentlichen Spitzentemperaturen bis 140 °C sowie bei maximalem Innendruck von 2,5 bar vorgesehen sind. Flexible Rohrsysteme nach EN 15632 liegen nicht im Anwendungsbereich dieser Norm.

Die Norm EN 13941, *Auslegung und Installation von Einzel- und Doppelrohrsystemen aus werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für direkt erdverlegte Warmwassernetzwerke* besteht aus zwei Teilen:

- a) prEN 13941-1: Auslegung;
- b) prEN 13941-2: Installation.

Die Anforderungen und Bestimmungen in diesem Teil: EN 13941-1 bilden eine unzertrennliche Einheit mit jenen aus prEN 13941-2. Dieser Teil darf daher ausschließlich in Kombination mit prEN 13941-2 angewandt werden.

Die Grundsätze der Norm können auf wärmegeämmte Rohrleitungssysteme mit Drücken über 2,5 MPa angewendet werden, vorausgesetzt, die Auswirkungen der Drücke werden besonders beachtet.

Angrenzende Rohre, die zum Netz gehören aber nicht erdverlegt sind (z.B. Rohre in Kanälen, Armaturenschächten, oberirdische Straßenüberquerungen usw.), können entsprechend dieser Norm ausgelegt und verlegt werden.

Die Norm setzt die Verwendung von aufbereitetem Wasser voraus, das durch Enthärtung, Entsalzung, Entlüftung, Zusatz von Chemikalien oder auf andere Art und Weise so behandelt worden ist, dass innere Korrosion und Ablagerungen in den Leitungen effektiv vermieden werden.

ANMERKUNG Für weitere Informationen zur Qualität des Wassers, welches bei Fernwärmesystemen eingesetzt wird, siehe auch [1].

Diese Norm gilt nicht für Geräte bzw. Anlagen, wie z. B.

- a) Pumpen,
- b) Wärmetauscher;
- c) Kessel, Speicher;
- d) Systeme hinter heimischen Regelstationen.

2 Normative Verweisungen

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

EN 253:2015, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Verbund-Rohrleitungssystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen*

EN 448:2009, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Verbundformstücke bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen*

EN 488:2014, Fernwärmerohre — *Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Verbundformstücke bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen*

EN 489, Fernwärmerohre — *Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Verbundformstücke bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen*

EN 10204, Metallische Erzeugnisse — *Arten von Prüferzeugnissen*

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

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

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

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

EN 13480-3:2002, Metallische industrielle Rohrleitungen — *Teil 3: Konstruktion und Berechnung*

prEN 13941-2:2016, Auslegung und Installation von Einzel- und Doppelrohrsystemen aus werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für direkt erdverlegte Warmwassernetzwerke — *Teil 2: Installation*

EN 14419, Fernwärmerohre — *Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für erdverlegte Fernwärmenetze — Überwachungssysteme*

EN 15698 (alle Teile), Fernwärmerohre — *Werkmäßig gedämmte Verbundmanteldoppelrohre für direkt erdverlegte Fernwärmenetze*

EN ISO 1856:2000+A1:2007, Weich-elastische polymere Schaumstoffe — *Bestimmung des Druckverformungsrestes (ISO 1856:2000+Amd 1:2007)*

3 Begriffe, Einheiten und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 253:2015+A2:2015 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Einwirkung

Summe der auf das Rohrleitungssystem wirkenden konzentrierten oder verteilten Kräfte (kraftgesteuerte Einwirkungen) oder die Ursache erzwungener Verformungen im System (verschiebungsgesteuerte Einwirkungen)

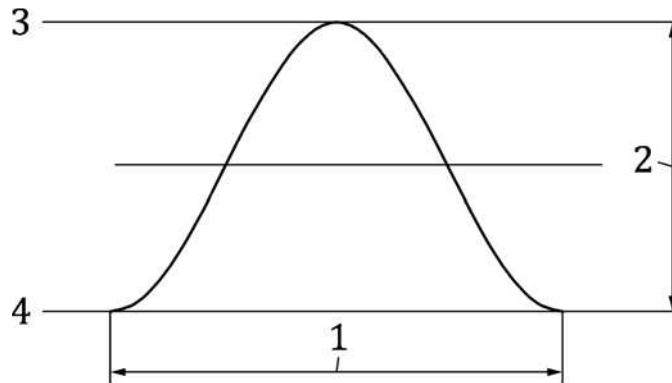
Anmerkung 1 zum Begriff: Einwirkungen werden im Text dieser Norm auch als „Belastungen“ bezeichnet.

3.1.2

Lastwechsel

Einwirkung mit gegebener Spannungsschwingbreite; ein Lastwechsel umfasst einen vollen Einwirkungsverlauf von dem Mindestniveau (Maximalniveau) über einen Mittelwert zum Maximalniveau (Mindestniveau) und zurück

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.



Legende

- 1 ein Lastwechsel
- 2 Einwirkungs- (oder Spannungs- oder Verformungs-)schwingbreite
- 3 Maximalniveau der Einwirkung, der Spannung oder Verformung
- 4 Mindestniveau der Einwirkung, der Spannung oder Verformung

Bild 1 — Lastwechsel

3.1.3

Festpunktelement

Konstruktion, die dazu dient, die Belastungen vom Stahlmediumrohr über die Dämmung und Ummantelung auf einen Fixpunkt zu übertragen

3.1.4

Verbundsystem

System aus einem oder zwei Mediumrohren, Dämmstoff und Mantelrohr, wobei der Verbund durch den Dämmstoff gebildet wird

3.1.5

stumpfgeschweißter Bogen

Bogen, der entweder durch Warmbiegen von Stahlrohren oder durch Warmverformung von Stahlplatten, die anschließend zusammengeschweißt werden, hergestellt wird

3.1.6

Kennwert

Der Kennwert für eine stochastisch veränderliche Einwirkung wird als der Wert für die Einwirkung definiert, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % nicht überschritten wird

3.1.7

kaltverformter Bogen

Bogen, der durch Kaltverformen von Stahlrohren hergestellt wird

3.1.8

Kaltverlegung

Methode der Rohrverlegung, bei welcher die Rohre ohne Vorspannung durch Vorwärmen verlegt und in Betrieb genommen werden

3.1.9

Kriechen

langsame Dehnungszunahme beim Einwirken von Spannungen

3.1.10

Auslegungsdruck

der auf ein Rohrleitungsteil oder eine Rohrstrecke einwirkende Innendruck, der mindestens dem maximalen Betriebsdruck an jeder beliebigen Stelle der Leitung entspricht

3.1.11

Auslegungstemperatur

höchste für die Auslegung eines Rohrleitungsteils oder einer Rohrstrecke angewendete Temperatur

3.1.12

direkt geschweißtes T-Stück

T-Stück, hergestellt, indem ein Abzweigrohr direkt auf ein Hauptrohr geschweißt wird (mit oder ohne Bewehrung)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2. In anderen Normen wird das direkt geschweißte T-Stück auch als „hergestelltes T--Stück“ bezeichnet.

3.1.13

gewölbter Boden (Kappe)

nicht werkmäßig gedämmtes Formstück eines stumpfgeschweißten Bogens, der an das Ende eines Rohres oder eines Formstücks angeschweißt wird

3.1.14

Einwirkung mit kontrollierter Verformung

Einwirkung, die von erzwungenen Verformungen verursacht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für verschiebungsgesteuerte Einwirkungen sind die Wärmeausdehnung oder unterschiedliche Verschiebekräfte durch Absetzen des Bodens.

3.1.15

Verteilungsleitung

Fernwärmerohr, welches vom Ort der Herstellung, der Transportleitung oder einer Regelstation zum Hausanschluss führt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 3

3.1.16

duktiler Werkstoffe

Werkstoffe, die annähernd bis zur Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze linear elastisch sind und eine Bruchdehnung von mindestens 14 % aufweisen

3.1.17

Ermüdungsfestigkeit

Spannungsschwingbreite als konstanter Betrag, der unter den gegebenen Bedingungen gerade ein Ermüdungsversagen verursacht

3.1.18

kraftgesteuerte Einwirkung

Einwirkung, die unabhängig von der Verformung des Bauwerks ihre Ausmaße beibehält

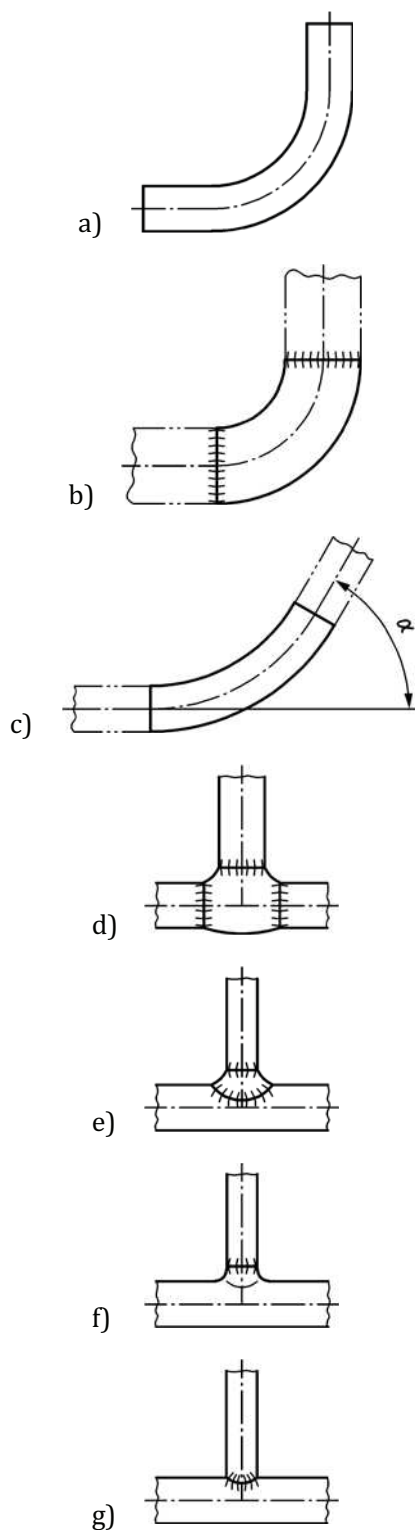
Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für eine kraftgesteuerte Einwirkung sind der Innendruck, das Rohrgewicht und die Oberlast vom Boden und Verkehr.

3.1.19

Formstück

Reduzierstück, T-Stück, werkseitig hergestelltes Kniestück und Bogen, gewölbter Boden (Kappe), Schweißstutzen, mechanische Dichtung, Einmalkompensatoren (SUC)

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Beispiele von Formstücken, siehe Bild 2.



Legende

- | | | | |
|---|--|---|------------------------------|
| a | katlverformte oder warmverformte Bögen | e | T-Stück mit Schweißsattel |
| b | stumpfgeschweißter Bogen oder Kniestücke | f | T-Stück mit gezogenem Kragen |
| c | Biegewinkel, α | g | direkt geschweißtes T-Stück |
| d | geschmiedetes T-Stück | | |

Bild 2 — Beispiele und Nomenklatur von Formstücken

3.1.20

geschmiedetes T-Stück

T-Stück, das durch Warmverformen entweder von Stahlrohren oder von Stahlplatten, die anschließend zusammengeschweißt werden, hergestellt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2d.

3.1.21

warmverformter Bogen

Bogen, der durch Erwärmen des Rohrs während der Biegung hergestellt wird

3.1.22

im Induktionsverfahren gefertigter Bogen

Bogen, der durch Induktionsbiegen hergestellt wird

3.1.23

Verlegetemperatur

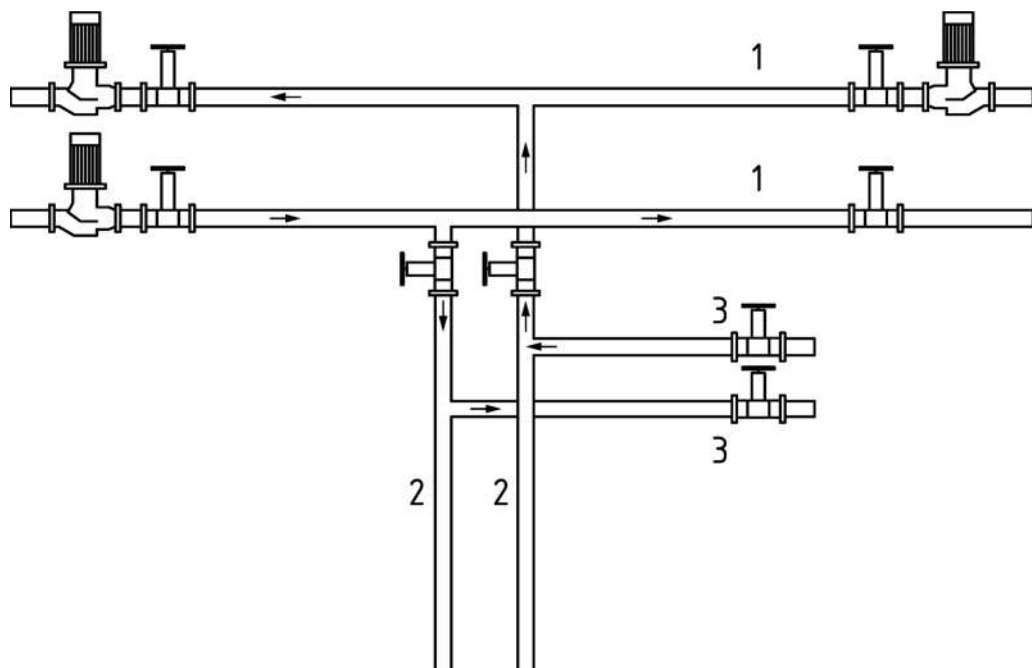
Rohrtemperatur, die sich aus den Umgebungsbedingungen während der Montage oder Verlegung ergibt und zum Zeitpunkt der Einwirkung vorherrscht

3.1.24

Hausanschluss

Rohrleitung, die von der Verteilungsleitung zu einer häuslichen Regelstation führt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 3



Legende

- 1 Transportleitung
- 2 Hauptleitung
- 3 Hausanschluss

Bild 3 — Fernwärmesystem

3.1.25

Hauptleitung

Fernwärmeverteilungsleitung, die mehrere häusliche Regelstellen versorgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 3

3.1.26

Nennweite, DN

alphanumerische Bezeichnung der Größe von Komponenten eines Rohrleitungssystems, welche zu Referenzzwecken verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bezeichnung besteht aus den Buchstaben DN gefolgt von einer dimensionslosen, ganzen Zahl, die sich indirekt auf die physische Größe des Bohrloches oder des Außendurchmessers der Endverbindungen in Millimetern bezieht.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Zahl, welche den Buchstaben DN folgt, steht nicht für einen messbaren Wert und sollte nicht für Berechnungszwecke verwendet werden, sofern dies nicht in der relevanten Norm gefordert ist.

Anmerkung 3 zum Begriff: In Normen, wo das DN-System zur Größenbezeichnung verwendet wird, sollte jedes Verhältnis zwischen DN und den Abmaßen von Komponenten angegeben werden, z. B. DN/OD oder DN/ID.

[Quelle: EN ISO 6708:1995, modifiziert]

3.1.27

Anzahl gleichwertiger Vollastwechsel

Anzahl von Lastwechseln mit konstanter, voller Schwingbreite, berechnet mithilfe der Palmgren-Miner-Gleichung und der entsprechenden SN-Kurve auf der Grundlage eines bekannten oder vorausgesetzten Temperaturverlaufes

3.1.28

Betriebsdruck

maximaler Innendruck, der bei einer gegebenen Betriebstemperatur auf einen beliebigen Punkt der Rohrwand oder auf eine beliebige Strecke der Rohrleitung einwirkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist im Allgemeinen der Innendruck, der zur Berücksichtigung der Druckhöhe, Reibungsverluste und des erforderlichen Ausgangsdrucks erforderlich ist.

3.1.29

Betriebstemperatur

Temperatur des Wassers in einem Rohrleitungsteil oder einer Rohrstrecke bei festgelegten Betriebsbedingungen

3.1.30

Rohrelement

Reduzierstück, T-Stück, Kniestück und Bogen, Flansch, Kappe, Schweißstutzen, mechanische Dichtung

[Quelle: EN 448]

3.1.31

Rohrsystem

komplette Rohrleitungsanlage, einschließlich Verbindungen, Abzweigen, Zubehör usw. und angrenzender Rohrleitungen

3.1.32

vorgewärmtes System

Fernwärmesystem, das zwischen dem Zeitpunkt der Montage und dem Zeitpunkt des Verfüllens auf eine Vorwärmtemperatur erwärmt wird, die es dem System ermöglicht, sich ohne zusätzliche Spannungen auszudehnen

3.1.33

werkmäßig gedämmtes Rohrelement

werkmäßig gedämmte Rohre, Armaturen und Formstücke, die nach EN 253, EN 448, EN 488 und EN 15698 hergestellt sind

[Quelle: EN 14419, modifiziert]

3.1.34

Druck

Über- oder Unterdruck im Verhältnis zum normalen Atmosphärendruck

3.1.35

Vorwärmtemperatur

Temperatur, die während der Vorspannung eines vorgewärmten Systems aufgebracht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Vorwärmtemperatur wird so gewählt, dass eine annähernd mittlere axiale Spannung erzielt wird, verglichen mit den axialen Spannungen bei Umgebungstemperatur und maximaler Betriebstemperatur.

3.1.36

(mechanisch) vorgespanntes System

Fernwärmesystem, das zwischen dem Zeitpunkt der Montage und dem Zeitpunkt des Verfüllens, wobei aber der Raum für die (noch nicht montierten) Bögen freigelassen wird, auf eine Vorwärmtemperatur erwärmt wird, die es dem System ermöglicht, sich auszudehnen, wonach die Bögen montiert werden

3.1.37

Projektdati

ausführliche Dokumentation eines Projekts vom Beginn der Planung bis zur Konstruktion und Inbetriebnahme und schließlich bis zum Ablauf der Garantie

3.1.38

Schutzrohr

Rohr, welches die Rohrbaugruppe umschließt und dem Schutz gegenüber dem Boden, sowie Verkehrsbelastungen und Beschädigungen durch Dritte dient

3.1.39

Käufer

Besitzer des Rohrleitungssystems oder der Betreiber

3.1.40

Reduzierstück

stumpfgeschweißtes Formstück, welches zwischen zwei Stahlrohre mit verschiedenen Durchmessern geschweißt wird

3.1.41

äquivalente Spannung

Spannung, die mit den Gleichungen nach Tresca oder von Mises aus der Membranspannung oder der resultierenden Spannung berechnet wird (mit Vorzeichen)

3.1.42

resultierende Spannungen

alle in einem Punkt auftretenden Spannungen, d. h. Membranspannungen zuzüglich der Spannungen, die über die Wanddicke variieren

3.1.43

Nutzungsdauer

Zeitspanne, für die erwartet wird, dass das Leitungsnetz ohne wesentlichen Austausch von Teilen funktioniert, unter Voraussetzung üblicher Instandhaltung und Betriebsverhältnisse, wie im Projekt beschrieben

3.1.44

Dokumentation über Nutzungsdauer

Alle Daten und Informationen zur Rohrleitung und den verbundenen Einrichtungen für den Betrieb, welche durchgängig verfügbar sein müssen

3.1.45

Mediumrohr

Rohr, in welchem das Heizmedium transportiert wird

3.1.46

Einmalkompensator

SUC

Kompensator, der während des Vorwärmens funktioniert, aber nach dem Vorwärmen verschweißt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: bei Einmalkompensatoren handelt es sich nicht um werkmäßig gedämmte Einheiten.

3.1.47

Lieferant/Anbieter

Hersteller der Bauelemente oder Komponenten einer Rohrleitung, Auftragnehmer für die Arbeit an der Baustelle, Auftragnehmer für die Prüfung, usw.

3.1.48

Dehnung

dimensionslose Verformung (Verlängerung oder Zusammenziehen in der Länge)

3.1.49

Spannungsschwingbreite

Differenz zwischen Höchst- und Mindestspannung während eines einzelnen Lastwechsels, wobei die Spannung mit Vorzeichen berechnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1

3.1.50

Druckstoß

Wasserschlag

Druckschwankung während einer relativ kurzen Zeitspanne, der als Folge einer Änderung der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers entsteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine derartige Änderung kann durch Schließen von Armaturen, Pumpenausfall, Entstehen von Dampfblasen, Ansprechen von Rückschlagventilen, Blockierungen, Leitungsbrüche usw. entstehen.

3.1.51

Rohrnetzüberwachungssystem

System, das aus Messabschnitten und Messgeräten zur Überwachung von Rohrnetzen besteht

3.1.52

T-Stück mit gezogenem Kragen

T-Stück hergestellt durch Ziehen eines Kragens, auf welchem das Abzweigrohr aufgeschweißt wird

3.1.53

Temperaturbereich

absoluter Wert der Differenz zwischen den beiden während eines Lastwechsels auftretenden Temperaturextremen, wobei Betriebs- und Umwelteinflüsse berücksichtigt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1

3.1.54

Prüfdruck

Innendruck, der während der Festigkeitsprüfung oder der Dichtheitsprüfung in der Rohrleitung oder in einem Teil der Rohrleitung entsteht

3.1.55

Transportleitung

Hauptrohrleitung, die vom Erzeugungsort zu den Verteilungsleitungen führt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 3

3.1.56

unterirdische Struktur

Struktur aus mineralischen Baustoffen oder Stahlbeton, welche nicht als Inspektionskammern, Steuerschränke, Stationen, Schächte für die Belüftung und Entleerung zugänglich sind

3.1.57

Armaturen und Zubehör

Überwachungs-, Bedienungs- und Sicherheitsausrüstung, die direkt an einer Fernwärmeleitung angebracht ist

3.1.58

Schweißsattel

stumpfgeschweißtes Formstück, das für die Schweißverbindung zwischen Hauptrohr und Abzweig in einem T-Stück in das Hauptrohr eingeschweißt wird

3.1.59

Lastfall

Gruppe von Lasten oder Kombination aus Lasten, welche einen bestimmten Lastzustand widerspiegelt, welchem eine Struktur oder eine Komponente ausgesetzt ist

[QUELLE: EN 15827:2011-03]

3.1.60

Kleine Winkelabweichungen

Winkel zwischen zwei geraden Rohren, die vor Ort ohne Formstücke verbunden wurden

3.1.61

Lastkombination

Gruppe von Lasten, die gleichzeitig wirken

[Quelle: EN ISO 16708:2006-08]

3.1.62

natürlicher Festpunkt

NFP

Punkt, an dem die Gesamtreibung zwischen Mantel und umgebender Erde der axialen Druckkraft entspricht, welche zur Verhinderung der axialen Ausdehnung des Rohres bei der eingeleiteten Temperaturdifferenz notwendig ist

3.2 Einheiten und Symbole

3.2.1 Einheiten

Das in dieser Norm angewendete Einheitensystem ist das SI-System (Système International d'Unités), vgl. ISO 1000 u. a.

Folgende Einheiten und deren Vielfache werden angewendet:

Länge	m (Meter); mm (Millimeter);
Masse	kg (Kilogramm);
Kraft	N (Newton);
Spannung	N/mm ² (Newton je Quadratmillimeter);
Druck	Pa (Pascal = Newton je Quadratmeter).

Sonstige verwendete Einheiten:

Temperatur	°C (Grad Celsius), K (Kelvin).
------------	--------------------------------

3.2.2 Symbole

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Bezeichnung	Einheit
A	Fläche	mm ²
A, A_{SS}	Querschnittsfläche des Stahlrohres	mm ²
A_p	druckbeaufschlagte Fläche im Inneren des Rohres.	mm ²
A_m	beim Ausgleich des Überdrucks wirksame Metallquerschnitt	mm ²
A_{MS}	für die Verstärkung wirksame Querschnittsfläche des Hauptrohres.	mm ²
A_{MP}	Querschnittsfläche der für die Verstärkung wirksamen scheibenförmigen Verstärkung.	mm ²
C	Abstand zwischen den Mittellinien der beiden Rohrleitungen.	mm
c	Kohäsion des Bodens,	kN/m ²
c'	Effektive Kohäsion des Bodens	kN/m ²
c_1	Korrektur der Wanddicke für die Herstellungstoleranz;	mm
c_2	Korrektur der Wanddicke für den Korrosionszuschlag	mm
D	„Auslenkungs-“(Kriech-)Faktor bezogen auf die seitliche Verdichtung, zur Berechnung der Ovalausformung der Oberlast	-
D_C/D_i	Außendurchmesser/Innendurchmesser des Mantels	mm
D_{CU}	Entsprechender Außendurchmesser der Dehnpolster	mm
D_{PUR}	Durchmesser des Dämmstoffes;	mm
d	Durchmesser des Mediumrohres (Stahl)	mm
d_i	Innendurchmesser des Stahlmediumrohres	mm
d_o	Außendurchmesser des Stahlmediumrohres	mm
$d_{bo}/d_{bi}/d_{bm}$	Außen-/Innen-/mittlerer Durchmesser des Abzweiges im T-Stück	mm
$d_{ro}/d_{ri}/d_{rm}$	Außen-/Innen-/mittlerer Durchmesser des Hauptrohrs im T-Stück	mm
d_m	mittlerer Durchmesser des Mediumrohres	mm
d_{min}/d_{omax}	kleinster/größter mittlerer Durchmesser des Mediumrohres	mm
$d_{o_{min}}/d_{o_{max}}$	Außendurchmesser des kleinsten/größten Rohres	mm
d_{oc}	Außendurchmesser an jedem Punkt entlang des Konus (eines Reduzierstücks);	mm
d_w	mittlerer Durchmesser des Faltenbalges	mm

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Bezeichnung	Einheit
E	Elastizitätsmodul	Faktor
E_{cu}	Elastizitätsmodul der Dehnpolster, siehe 6.5	Faktor
E_1, E_2, E_n	Elastizitätsmodul der umzuwandelnden Straßenunterbauschicht;	Faktor
E_g	Elastizitätsmodul des Baugrunds	Faktor
F	Reibungskraft je Rohrlängeneinheit	kN/m
f_u	Reibungskraft pro Flächeneinheit, axiale Bodenreaktion	kN/m ²
f	Auslenkung	mm
f_{rr}	Runddruckfaktor aufgrund des Innendrucks	-
G	effektives Eigengewicht des werkmäßig gedämmten Rohres (einschließlich Füllung) pro Meter Rohrlänge;	kg/m
G_w	effektives Gewicht der Bodenschicht über dem Rohr je Meter Rohrlänge	kg/m
H	Bodenbedeckung über dem Rohr	mm
H_w	Tiefe des Grundwasserspiegels unterhalb Anspruchsklasse,	m
HH_n	Dicke der umzuwandelnden Straßenunterbauschicht;	m
h_a	asymmetrische Wärmeverlustfaktoren; Wärmeaustausch zwischen Vor- und Rücklauf der Doppelrohre	-
h_i	Innenhöhe der korbbogenförmig ausgeführten Kappe;	mm
h_s	symmetrische Wärmeverlustfaktoren; Wärmeverlust des Doppelrohrs an die Umgebung der Rohrleitung	-
I	Trägheitsmoment des Rohrquerschnitts (Einzelrohr)	mm ⁴
I_b	Trägheitsmoment des Abzweigquerschnitts (T-Stück Berechnung)	mm ⁴
I_w	Trägheitsmoment der Rohrwand	mm ⁴
I	Spannungserhöhungsfaktor	-
i_{a1}	Spannungserhöhungsfaktor für axiale Spannungen durch Normalkraft	-
i_{a2}	Spannungserhöhungsfaktor für axiale Spannungen durch Biegemomente	-
i_{a3}	Spannungserhöhungsfaktor für Schubspannungen durch Torsion	-
i_{a4}	Spannungserhöhungsfaktor für Schubspannungen durch Scherkräfte	-
i_{ap}	Spannungserhöhungsfaktor für Ringspannungen durch Druck	-
K_o	Koeffizient des horizontalen Bodendruckes im Ruhezustand	-
K	Momentenkoeffizient in Abhängigkeit vom vertikalen Belastungswinkel (α), Stützwinkel (β) und der Position am	-

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Bezeichnung	Einheit
	Rohrumfang	
K_c	Bodendruckkoeffizient nach Brinch Hansen in Abhängigkeit von φ und Z/D_c	-
K_q	Bodendruckkoeffizient nach Brinch Hansen in Abhängigkeit von φ und Z/D_c	-
k	Linienbettungsziffer	N/mm ²
k_b	Flexibilitätsfaktor für Biegemomente	-
k_h	Koeffizient der Bodenreaktionskraft in horizontaler Ebene, Flächenbettungsziffer	N/mm ³
k, k_1, k_2	Bewertungskonstanten zur Berechnung von Spannungserhöhungsfaktoren	-
K_y	Ablenkungsfaktor	-
L	Reibungslänge	m
L_p	Abstand zwischen Mediumrohren	
l	Länge	m
l	Verstärkungslänge (Berechnung der T-STücke), wie durch den Index angegeben	mm
l_b, l_r	Ausmaß der erhöhten Wanddicke für Abzweig und Hauptrohr	mm
M, M_z	Biegemoment	kNm
M_{tot}	Biegemoment in der Rohrwand in Bezug auf Q_{tot}	kNm
M_x	Torsionsmoment	kNm
m	Konstante der SN-Kurve	-
N	Anzahl der Vollastwechsel	-
N_{cr}	kritische axiale Druckkraft im Einzelrohr;	N
N_i	Anzahl der Lastwechsel in der Spannungsschwingbreite $\Delta S_i \Delta \sigma_i$ zum Erzeugen des Bruches	-
N_x	axiale Kraft (positiv für Spannung), (Druck, Temperatur und Bodenreaktion)	N
N_p	axiale Kraft durch Druck bei Dehnung;	N
N_R	axiale Kraft durch laterale Bodenreaktion bei Dehnung (N_R ist gewöhnlich negativ).	N
n_i	Anzahl an Lastwechseln im Temperaturbereich ΔT_i ;	-
p	Innendruck	N/mm ²
p_d	Auslegungsdruck,	N/mm ²
p	Bodendruck (Berechnung der Wechselwirkung zwischen Rohr	kN/m ²

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Bezeichnung	Einheit
	und Boden)	
p	Horizontale Bodenreaktion (Druck), $p < p_u$ und $v < v_u$ in Übereinstimmung mit der Verformung v .	kN/m^2
p_u	höchste, horizontale Tragfähigkeit: maximaler Bodendruck, erzeugt durch Verformung v_u	kN/m^2
P	horizontale Bodenreaktionskraft je Rohrlängeneinheit, Berechnung basierend auf D_c .	kN/m^2
P_v	Verkehrslast am oberen Teil des Rohres, hervorgerufen durch das Achslastsystem, in	kN/m^2
q	vertikale Bodenreaktionskraft	kN/m^2
Q	vertikale Bodenreaktionskraft je Rohrlängeneinheit	kN/m
Q_v	Verkehrslast am oberen Teil des Rohres, in kN/m	kN/m
Q_{tot}	vertikale Gesamtlast am oberen Teil des Rohres	kN/m
Q_{up}	aufwärtsgerichtete Kraft durch Auftrieb	kN/m
Q_s	effektive vertikale Bodenbelastung am oberen Teil des Rohres	kN/m
R	Innenradius der Krümmung des mittleren Teils der korbboogenförmig ausgeführten Kappe.	mm
R	Krümmungsradius	mm
R_e	festgelegte obere Mindeststreckgrenze	N/mm^2
R_{eT}	festgelegte Mindeststreckgrenze bei Auslegungstemperatur	N/mm^2
R_m	Zugfestigkeit	N/mm^2
R_s	festgelegter Dämmwiderstand des Bodens	$\text{m}^2\text{K/W}$
R_j	festgelegter Dämmwiderstand des Dämmstoffes	$\text{m}^2\text{K/W}$
R_h	festgelegter Dämmwiderstand des Wärmeaustausches zwischen Vor- und Rücklaufleitung	$\text{m}^2\text{K/W}$
r	Radius des Rohres	mm
r_g	mittlerer Radius des Rohres	mm
r, r_1, r_x	Radialen der Krümmung	mm
r_b, r_m	Spannungsminderungsfaktoren für Abzweig und Hauptrohr (T-Stück Berechnung)	-
S	Spannungsschwingbreite	N/mm^2
S_F	Schubkraft, die sich durch den Bodenruhedruck ergeben kann	kN/m
S_{Rd}	zulässige Schweißspannung (für Befestigungsleisten in Doppelrohrsystemen)	N/mm^2
T	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Bezeichnung	Einheit
ΔT	Temperaturunterschied	K
t	Wanddicke des Rohres	mm
t_{cf}/t_{cr}	Dicke der Mantelwand der Vor- und Rücklaufleitung	mm
$t_{\min}$	Mindestwanddicke des Rohres = $t_n - c_1 - c_2$	mm
t_b	Nenn-Wanddicke des Abzweigrohres (T-Stück Berechnung)	mm
t_{cu}	entsprechende Dicke der Dehnpolster	mm
t_n	Nenn-Wanddicke des Mediumrohres	mm
t_s	Minstdicke der Kappe, um Membranspannungen in der Mitte des Reduzierstücks zu begrenzen, siehe Anhang A	mm
T_f	Temperatur in der Vorlaufleitung (Wärmeverlusberechnung)	°C
t_r	Temperatur in der Rücklaufleitung (Wärmeverlusberechnung)	°C
t_T	Nenn-Wanddicke des Hauptrohres (T-Stück Berechnung)	mm
t_s	Temperatur des ungestörten Bodens in Tiefe Z	°C
t_o	Wanddicke des Stahlmediumrohres	mm
u	axiale Rohrverschiebung	mm
U_1 und U_2	Wärmeverluskoeffizienten	-
V_y, V_z	Schubkraft	N
v	horizontale Rohrverschiebung	mm
w	vertikale Rohrverschiebung	mm
W	Widerstandsmoment	mm ³
Z	Verlegetiefe (gemessen bis zur Mittellinie des Rohres)	m
Z_c	korrigierter Tiefenwert z	m
z	Wirkungsgrad der Verbindung	-
α	Wärmeausdehnungskoeffizient des Stahlrohres	1/K
α	halber Winkel des Reduzierstückes am Scheitelpunkt	°
α, Θ	Winkel	°
β	dimensionsloser Wärmewiderstandsparameter	-
γ	Dichte des Bodens	kN/m ³
γ	Teilsicherheitsbeiwert	-
γ_{fat}	Sicherheitsbeiwert für den Ermüdungsbruch;	-
γ_m	Teilsicherheitsbeiwert für die Materialfestigkeit	-
γ_s	Teilfaktor für die Bodenlast (spezifisches Gewicht)	-

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Bezeichnung	Einheit
γ_s	effektive Dichte des Bodens über Grundwasserspiegel; Es handelt sich um einen Sicherheitsfaktor,	kg/m ³
γ_{sw}	effektive Dichte des Bodens unterhalb des Grundwasserspiegels = $\gamma'_{sw} - \gamma_w$;	kg/m ³
γ'_{sw}	Dichte des gesättigten Bodens unterhalb des Grundwasserspiegels;	kg/m ³
γ_w	Dichte des Wassers.	kg/m ³
δ	Reibungswinkel zwischen Boden und (Mantel-)Rohr	°
δ	Verschiebung durch Wärmeausdehnung	mm
δ_y	vertikale Auslenkung des Rohrquerschnitts	mm
ε	Dehnung	-
θ	Winkel	°
λ	Koeffizient der Wärmeleitfähigkeit	W/(mK)
λ_i	Koeffizient der Wärmeleitfähigkeit für die PUR-Dämmung;	W/(mK)
λ_s	Koeffizient der Wärmeleitfähigkeit des Bodens	W/(mK)
λ_n	Koeffizient des neutralen horizontalen Erddrucks ($\lambda_n = 1 - \sin \varphi$).	-
μ	Koeffizient der Reibung zwischen Rohr (Mantel) und Boden	-
ρ	Dichte	kg/m ³
σ	normale Spannung (positive bei Zug)	N/mm ²
$\sigma_a, \sigma_x, \sigma_{ax}$	axiale (normale) Spannung	N/mm ²
σ_{all}	zulässige Spannung	N/mm ²
$\sigma_{t,all}$	zulässige Zugspannung	N/mm ²
$\sigma_{c,all}$	zulässige Druckspannung	N/mm ²
σ_d	Auslegungsspannung	N/mm ²
σ_{dp}	(zulässige) Auslegungsspannung des Werkstoffes der scheibenförmigen Verstärkung	N/mm ²
σ_{dp}	Berechnete Umfangsspannung aus Innenauslegungsdruck	N/mm ²
σ_p	Umfangsspannung aus Innenüberdruck	N/mm ²
σ_{PUR}	Druckspannung im PUR-Schaum, berechnet als formale Spannung	N/mm ²
σ_t	Tangentialspannung	N/mm ²

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Bezeichnung	Einheit
σ_m	Membranspannung	N/mm ²
$\sigma_{j,m}$	Vergleichsspannung für Membranspannungen	N/mm ²
σ_{res}	resultierende Spannungen für die Membranspannung und die Biegespannung	N/mm ²
$\sigma_{j,res}$	Vergleichsspannung für resultierende Spannungen der Membranspannungen und Biegespannungen	N/mm ²
σ_n	effektive Normalspannung entlang der Außenhaut des Mantels.	N/mm ²
σ_v	effektive (normale) interkristalline Bodenspannung in Höhe der Rohrmitte.	N/mm ²
σ_q	Umfangsbiegespannung durch Bodendruck, Verkehrslast usw. (Ovalisierung)	Faktor
τ	Schubspannung	Faktor
ν	Poisson-Zahl	—
ϕ'	effektiver Reibungswinkel des Bodens	°

Tabelle 2 — Indizes

a : Einwirkung	min : Minimum
b : Abzweigrohr (bei T-Verbindungen)	n : Nenn-, Anzahl (von Ermüdungslastwechseln)
c : Mantel	o : Außen-, Außenseite
d : Auslegung	p : scheibenförmige Verstärkung, Druck
fat : Ermüdung (en: fatigue)	r : Hauptrohr (bei T-Stücken)
i : Innen-, Innenseite	res : resultierend
j : Vergleichs-	u : Bruch
m : Durchschnitt, Membran, Werkstoff, Metall	v : vertikal

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Funktionale Anforderungen

Die Auslegung von Fernwärmerohrleitungssystemen müssen folgende Systemeigenschaften sicherstellen:

- ausreichende Dauerhaftigkeit, Widerstandsfähigkeit und Zuverlässigkeit bezüglich der inneren und äußeren Belastungen und Einwirkungen, die bei üblichem Betrieb vorhersehbar sind;
- ausreichende Sicherheit, damit Personen oder die Umwelt nicht gefährdet werden;
- gute Energiewirtschaftlichkeit;
- gute Gesamtwirtschaftlichkeit (gesamte Lebenszykluskosten);
- gute Betriebseigenschaften;

- f) gesicherte Versorgung;
- g) gute Möglichkeiten der Inspektion und Instandhaltung.

Die volle Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit der mit dem Fernwärmesystem verbundenen Einheiten, wie zum Beispiel Pumpen, Wärmetauschern, Kesseln, Speichern und Systemen hinter den häuslichen Regelstationen muss in Anbetracht der Wechselwirkung zwischen diesen Einheiten und dem Rohrleitungssystem des Fernwärmesystems, einschließlich möglicher Mangelhaftigkeiten bezüglich der Bedingungen, unter welchen diese montiert wurden, sichergestellt und verifiziert werden.

Hinsichtlich des Anwendungsbereichs der EN 13941 in Bezug auf die Druckgeräterichtlinie (PED), siehe auch Anhang H.

4.2 Nutzungsdauer

Neue Rohrsysteme zur Verwendung in Fernwärmesystemen müssen für eine Nutzungsdauer von mindestens 30 Jahren im Dauerbetrieb mit Warmwasser bei schwankenden Temperaturen von bis zu 120 °C und mit einer Spitzentemperatur von bis zu 140 °C zu bestimmten Zeitpunkten ausgelegt sein. Die Summe dieser einzelnen Zeitintervalle darf im Durchschnitt 300 Stunden im Jahr nicht überschreiten.

ANMERKUNG 1 Die oben definierte Nutzungsdauer wird durch die Alterung der Wärmedämmung und des Mantels bestimmt, was möglicherweise zum Abbau wichtiger mechanischer Eigenschaften des Schaums (z. B. der Haftung zwischen Mediumrohr und Schaum) und des Mantels führt.

ANMERKUNG 2 Die Berechnung der erwarteten Nutzungsdauer bei Dauerbetrieb mit unterschiedlichen Temperaturen wird in Anhang B von EN 253:2015 beschrieben.

ANMERKUNG 3 Es ist möglich, dass weitere zeitabhängige Mechanismen eintreten, welche die Nutzungsdauer beeinflussen, so zum Beispiel Ermüdung von Stahlkomponenten und die Wasserqualität.

4.3 Voruntersuchungen

Voruntersuchungen, einschließlich einer Beurteilung aller für ein Fernwärmeprojekt wichtigen Bedingungen, sind durchzuführen.

Diese Voruntersuchungen müssen Aspekte der Planungs-, Auslegungs-, Ausführungs- und Betriebsphasen sowie Konsequenzen jedes eventuellen Systemversagens erläutern.

Die Grundlage der Voruntersuchung sind die Hauptdaten für das jeweilige System, z. B.:

- Funktion;
- Druck und Temperatur;
- Maße;
- Bodenbedeckung über dem Rohr (siehe Bild 9);
- Werkstoffe;
- Abstände zu und Wärmeübertragung an andere(n) Netze(n), Gebäude(n) und Bäume(n);
- geotechnische Parameter, Parameter für Grundwasser usw.

Eine vorläufige Untersuchung muss die folgenden Schritte umfassen:

- Betriebsbedingungen des Systems, einschließlich der erwarteten Temperatur- und Druckschwankungen während der Nutzungsdauer des Systems;

- Anforderungen an Versorgungssicherheit;
- Untersuchung der möglichen Rohrleitungstrassen;
- Vorläufige Bodenuntersuchungen (siehe Anhang B);
- Beständigkeit gegenüber relevanten Einwirkungen, wie zum Beispiel:
 - a) Belastungen bedingt durch Verlegung und Betrieb;
 - b) innere und äußere Belastungen und Verformungen;
- Konsequenzen möglicher Arten von Systemversagen;
- Identifikation der Anforderungen von Behörden, einschließlich Aspekten hinsichtlich des Umweltschutzes und den Interessen Dritter;
- mögliche Methoden der Konstruktion und der Rohrverlegung.

ANMERKUNG 1 Je mehr dieser Schritte in einer vorläufigen Untersuchung Anwendung finden, desto besser ist das letztendliche technische und wirtschaftliche Ergebnis.

In manchen Fällen sollte die reguläre, horizontale und parallele Verlegung in eine vertikale und parallele Verlegung umgeändert werden. Die Verlegung von Rohrleitungen übereinander erfordert einen tieferen Graben als bei der Verlegung Seite an Seite.

4.4 Bestimmung der Projektklasse

4.4.1 Risikobewertung

Mögliche Risiken, die Personen, Bevölkerung oder Umwelt gefährden können, sind zu bewerten.

Bei der Bewertung eines möglichen Risikos sollten sowohl die Wahrscheinlichkeit eines Versagens als auch dessen Auswirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Die Auswirkungen eines Versagens eines Fernwärmesystems auf seine Umgebung sind von Temperatur, Druck und Durchmesser der Rohrleitung abhängig. Die Wahrscheinlichkeit eines Versagens beruht auf inneren und äußeren Faktoren sowie auf der Qualität der Auslegung, der Verlegung und des Betriebs.

ANMERKUNG 2 Mögliche Risiken sind:

- a) das Entweichen von Warmwasser durch Rohrleitungsbruch oder Undichtigkeit, das Verbrühung, Überschwemmung, Tunnelbildung usw. verursachen kann;
- b) Beschädigung des Rohrleitungssystems, einschließlich Unterbrechung der Wärmeversorgung;
- c) Beschädigung des Rohrleitungssystems mit Risiko einer weiteren Ausbreitung des Schadens im Rohrleitungssystem;
- d) Verlust der Versorgungssicherheit an wichtige Verbraucher (Krankenhäuser, usw.).

ANMERKUNG 3 Die Folgen eines Versagens können das gesamte System oder nur einen Systemabschnitt betreffen. Die Projektklasse bestimmt die Anforderungsstufe für die Auslegung, Verlegung und Dokumentation des Rohrleitungssystems.

4.4.2 Projektklassen

Die Wahl der Projektklasse erfolgt in Anlehnung an das Sicherheitsniveau und die Komplexität der Auslegung und der Verlegung, die als Anforderungen an Auslegungsverfahren und die Konstruktion angegeben sind.

Ausgehend von Voruntersuchungen und Risikobewertung muss das Rohrleitungssystem einer der folgenden Klassen nach Tabelle 3 zugeordnet werden:

Tabelle 3 — Projektklassen

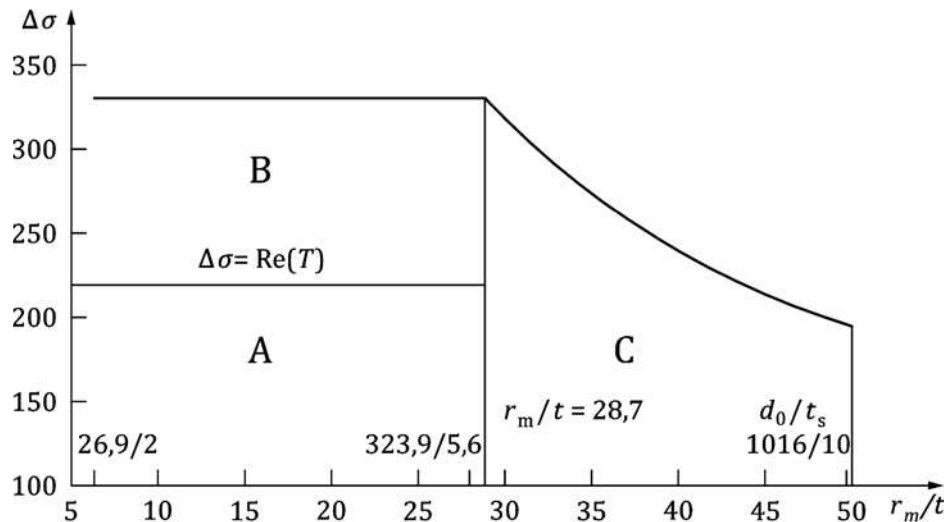
Projektklasse	Merkmal
A	— Rohre kleinen oder mittleren Durchmessers mit niedrigen axialen Spannungen — Rohre mit geringem Risiko von Personenschäden oder Schäden in der Umgebung und/oder umliegenden Gebäuden — Rohre mit geringem Risiko für wirtschaftliche Verluste
B	— Rohre kleinen oder mittleren Durchmessers mit hohen axialen Druckspannungen — Rohre mit geringem Risiko von Personenschäden oder Schäden in der Umgebung und/oder umliegenden Gebäuden — Rohre mit geringem Risiko für wirtschaftliche Verluste.
C	— Rohre großen Durchmessers und/oder hoher Druck — Rohre mit höherem Risiko von Personenschäden oder Schäden in der Umgebung und/oder umliegenden Gebäuden — spezielle oder komplexe Konstruktionen

Spezielle oder komplexe Konstruktionen können Kreuzungen mit Bahntrassen, großen Straßen und Wasserwegen sein, die nach Absprache mit den Eigentümern und/oder Behörden auszulegen sind. Für Querungen von Dämmen und Hochwasserschutzanlagen können besondere Maßnahmen erforderlich sein, um eine Überschwemmung des Hinterlandes zu vermeiden.

Rohrleitungen, die während des Betriebs zugänglich sind, müssen mindestens der Projektklasse B zugeordnet werden.

ANMERKUNG Abschnitte der Rohrleitung, welche während des Betriebs zugänglich sind (z. B. in Tunneln oder Schächten unterhalb von Straßen, in Ventilkammern oder bei überirdischen Abschnitten), können das Risiko für Personenschäden erhöhen.

Ausgehend von den zu erwartenden Auswirkungen werden die Projektklassen A, B und C nach Bild 4 bestimmt:



Legende

- A Projektklasse A
- B Projektklasse B
- C Projektklasse C

Bild 4 — Definition von Projektklassen für Stahl mit einer festgelegten Mindeststreckgrenze von $R_e(23\text{ °C}) = 235\text{ N/mm}^2$

Bezüglich der Projektklasse muss Folgendes berücksichtigt werden:

- Anforderungen für die Dokumentation, siehe 4.5 und Tabelle 4;
- Bestimmung von γ_{fat} mittels Palmgren-Miner-Gleichung, siehe 6.7;
- Anforderungen an das Schweißen und der Umfang der Inspektion von Schweißnähten, siehe prEN 13941-2;
- Qualitätsmanagement und Umfang der Inspektion, siehe 4.10.

Ein Rohrleitungssystem kann jederzeit in eine höhere Projektklasse eingestuft werden als in Bild 4 angegeben.

ANMERKUNG Folgende Bedingungen können die Wahl einer höheren Projektklasse erfordern:

- Systemauslegung und Komplexität;
- Boden- und Grundwasserbedingungen;
- Verkehrsbedingungen;
- Lage im Verhältnis zu anderen baulichen Anlagen und Versorgungsnetzen;
- Erfahrung mit ähnlichen Rohrleitungssystemen;
- Neue Produktions-, Auslegungs- oder Konstruktionsverfahren;
- Lage der Rohrleitung und Möglichkeiten der Inspektion, Instandhaltung und des Austausches.

4.5 Projektdokumentation

4.5.1 Allgemeines

Jede Auslegung von Rohren muss auf der Grundlage einer Projektdokumentation durchgeführt werden, die ausreichend detailliert ist, um die Ausführung in der für das Projekt beabsichtigten Qualität sicherzustellen.

Die Anforderungen der Projektklassen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4 — Bestimmung der Anforderungen für Projektklassen

Projektklasse Bild 4	Dokumentation
A	allgemeine Dokumentation ^a
B	allgemeine Dokumentation
C	spezielle Projektdokumentation erforderlich
^a die Konformität zwischen der allgemeinen Dokumentation und den Anforderungen dieser Norm müssen dokumentiert werden	

Änderungen, die während der Verlegungsphase notwendig werden, müssen in der Auslegungsdokumentation eingeschlossen werden.

Die allgemeine Auslegungsdokumentation muss für alle Klassen Folgendes umfassen:

- a) allgemeine Betriebsdaten;
- b) Rohrleitungsdaten;
- c) Festlegungen für die Qualitätssicherung.

4.5.2 Betriebsdaten

Betriebsdaten:

- a) erwartete Nutzungsdauer, Auslegungsdruck und Auslegungstemperatur;
- b) Anzahl der Lastwechsel und der Amplitude von Betriebstemperatur und -druck, sowie deren Dauer während der Lebensdauer der Rohrleitungen (voraussichtliches Betriebsmuster der Rohrleitung während der Lebensdauer).

Die entsprechenden Werte für Sommer- und Winterbedingungen sowie die erwartete Anzahl von Vollastwechseln sollten festgelegt werden.

4.5.3 Daten bezüglich des Rohrleitungssystems

Daten der Rohrleitung bezüglich Lage, Werkstoffen und besonderen Festlegungen.

- a) Daten bezüglich Rohrleitungstrasse;

Die Zeichnungen müssen sämtliche Angaben enthalten, die für eine sichere und zuverlässige Konstruktion erforderlich sind, wie z. B.:

- 1) eine Karte der geplanten Trasse;

Die Verwendung eines GIS-basierten Systems wird empfohlen;

- 2) die Bodenüberdeckung des Rohrleitungssystems an allen relevanten Standorten;
- 3) die horizontale und vertikale Lage der Rohrleitung in Bezug auf andere bauliche Anlagen, einschließlich quer oder parallel verlaufender Rohrleitungen oder Kabel, Gebäude und anderer Hindernisse, nach Erfordernis durch nationale Normen und/oder Vorschriften;
- 4) Lage und relevante technische Daten von horizontalen und vertikalen Bögen, T-Stücken und Reduzierstücken, Mänteln, Einmalkompensatoren (SUC), Betonkanälen usw.;
- 5) Informationen zu Tiefbauarbeiten und Sonderkonstruktionen, welche für eine sichere und effektive Konstruktion und Verlegung notwendig sind;
- 6) relevante geotechnische Daten;
- 7) Position, Länge und Dicke der Dehnpolster;
- 8) Schutz gegen Delaminierung und Abrutschen der Dehnpolster von der Rohrleitung;
- 9) Art und mechanische Eigenschaften der Dehnpolster;
- 10) Position der Kreuzungen mit ziviler Infrastruktur, Start- und Endpunkten, (Bodenüberdeckungen) von Schutzrohrleitungen, horizontalen Bohrungen, usw.;
- 11) Alle anderen Informationen, die zur ordentlichen Ausführung der Arbeiten notwendig sind.

ANMERKUNG 1 Die vorstehend angegebenen Daten können wie folgt bereitgestellt werden:

- ein Lageplan, bei Bedarf mit einer Angabe des Gebiets, das in den einzelnen Trassenkarten behandelt wird;
- Trassenpläne oder ähnliche Zeichnungen;
- Detailpläne und Zeichnungen von baulichen Standardanlagen mit Angabe des Trassenplans (der Trassenpläne), auf den (die) sie sich beziehen, und mit sämtlichen Angaben, die für die Bewertung der Auslegung und der Verlegung erforderlich sind.

ANMERKUNG 2 Die folgenden Zeichnungen können erforderlich sein:

- Zeichnungen von Rohrleitungselementen, Festpunkten, Mantelrohren usw.;
- isometrische Zeichnungen für die Berechnung von Sonderkonstruktionen;
- Abstände zwischen Rohrleitung und Gebäuden (Vermessungsabstand) und Projektklasse, auf einer gesonderten Liste oder im Trassenplan;
- Zeichnungen von Pfahlkonstruktionen (Pfahlplan).

b) Daten bezüglich der Maße von Rohrleitungen und Rohrleitungskomponenten:

- 1) Außendurchmesser, sowohl von Stahlmediumrohr, als auch Mantel;
- 2) Nenn-Wanddicke, sowohl von Stahlmediumrohr, als auch Mantel;
- 3) relevante Daten zu Formstücken, einschließlich Krümmungsradien oder andere zum Rohrleitungselement (Reduzierstücke, T-Stücke, SUC, usw.);
- 4) eventuelle Korrosionszuschläge;
- 5) Daten zu Dämmungsarten und Dicken;

6) Daten zu angrenzenden baulichen Anlagen und Stützvorrichtungen, die die Verteilung der auf das Mediumrohr einwirkenden Kräfte beeinflussen.

c) Werkstoffdaten:

1) Werkstoffspezifikationen und Zertifikate (Stahlrohr, PUR-Dämmung und Mantel).

d) Verlegedaten;

Zumindest hinsichtlich der folgenden Aspekte sind Informationen erforderlich:

- 1) jegliche auf die Rohrleitung aufgebrachte Vorspannung, der Punkt sowie die Verfahren für die Aufbringung der Vorspannung;
- 2) Methoden der Messung und Steuerung der erwünschten Dehnung im Falle einer Vorspannung;
- 3) sowohl dauerhafte als auch vorübergehende kleine Winkelabweichungen an der Schweißnaht und zulässige Radien der elastischen Krümmung in der Rohrleitung;
- 4) Prüfdruck;
- 5) Verlegetemperatur.

Für weitere Informationen, siehe prEN 13941-2.

e) Daten hinsichtlich unterirdischer Strukturen;

Zeichnungen und Berechnungen zu unterirdischen Strukturen, welche durch die Kräfte der Fernwärmerohrleitungen beeinflusst werden könnten.

f) Bauzeichnungen. Siehe prEN 13941-2.

4.6 Trassenauswahl und Positionierung der Rohre

4.6.1 Mindestabstände zwischen parallelen Rohren

In der Auslegungsphase muss ein geeigneter Mindestabstand zwischen zwei parallelen Fernwärmerohren ausgewählt werden, der vom Grabentyp, sowie dem Außendurchmesser des Mantels abhängt und alle relevanten Einflüsse berücksichtigt, wie zum Beispiel:

- den erforderlichen Freiraum für die Verdichtung, um die erforderliche Grenzflächenreibung zwischen Mantel und umgebender Erde herzustellen;
- den erforderlichen Freiraum für eine zusätzliche Verdichtung unterhalb von Straßen, um Konstruktionssetzungen einzuschränken;
- den erforderlichen Freiraum hinsichtlich geeigneter Arbeitsverhältnisse für Schweißarbeiten und Herstellung der Verbindungen (z. B. Zugangslöcher);
- die erforderlichen Mindestabstände zwischen Schächten und/oder Kabeln von Dritten;
- den erforderlichen Freiraum für die Sicherheit von Personen;
- den erforderlichen Freiraum für PE-Mantel unter Baustellenbedingungen;

- den erforderlichen Freiraum für Schaumpolster: in Bereichen mit Rohrerweiterungen, wo Erweiterungspolster notwendig sind, muss der Abstand zwischen den Rohren vergrößert werden. Der Mindestabstand zwischen den Außenseiten der Dehnpolster muss mindestens 100 mm betragen.

Für nicht-zugängliche Gräben, müssen zumindest die Abstände nach Tabelle 5 eingehalten werden.

Die Anforderungen an Mindestabstände von zugänglichen Gräben werden in prEN 13941-2:2016, Abschnitten 9.1 und 11.1 dargelegt.

ANMERKUNG Die erforderlichen Freiräume für Schweißarbeiten und das Herstellen von Verbindungen können durch Einstiegsöffnungen erreicht werden

Tabelle 5 — Mindestabstände zwischen parallelen Rohren hinsichtlich technischer Aspekte (z. B. Verdichtung)

Außendurchmesser des Mantels D_c mm	Mindestabstand zwischen zwei parallelen Mänteln mm	Mindestabstand zwischen Mantel und Grabenwand mm
$D_c \leq 225$	150	150
$225 < D_c \leq 560$	250	250
$D_c > 560$	300	300

4.6.2 Parallele Aufgrabungen und Arbeiten von Dritten

Rohrleitungen für Fernwärmesysteme können im Betrieb Gefährdungen durch Aufgrabungsarbeiten ausgesetzt sein. Diese Aufgrabungsarbeiten können zum entsprechenden Projekt dazugehören oder von Dritten ausgehen, wie zum Beispiel Straßenarbeiten oder Aufgrabungen anderer Rohrleitungseigentümer, die Rohrleitungen in einem parallelen Graben verlegen. Diese Aktivitäten können zum Verlust der Bodenüberdeckung oder zu unzureichendem seitlichen Halt führen. Vor Parallelaufgrabungen muss eine entsprechende Berechnungsüberprüfung durchgeführt werden, da durch das Entfernen des stützenden Bodens das Risiko von Ausknicken auftreten kann, siehe 6.5.9.

Wenn die Bodenüberdeckung erhöht/reduziert wird oder die Bodenlast beträchtlich verändert wird, ist es unumgänglich, die Statik zu überprüfen.

Wenn werkmäßig gedämmte Rohrleitungen durchgeschnitten oder mit Abzweigleitungen versehen werden, müssen zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen entsprechend den statischen Spezifikationen getroffen werden.

4.6.3 Mindestabstände zwischen Fernwärmerohrleitungen und unterirdischen Strukturen

Es muss besonders auf die erforderlichen Mindestabstände zwischen Fernwärmerohrleitungen und (unterirdischen) Strukturen geachtet werden, wobei mögliche Drücke, die von den Fernwärmerohren auf die Struktur (z. B. eine Gebäudewand) ausgeübt werden, berücksichtigt werden müssen. Berechnungen müssen angestellt werden, wenn die erwartete Bewegung der Rohrleitungen, laterale Kräfte auf die Struktur ausüben könnten.

4.7 Entlüftung und Trockenlegung

Für die Inbetriebnahme, den Betrieb, die Vergrößerung und die Reparatur von Fernwärmenetzwerken, können entsprechende Einrichtungen zur Entlüftung und Trockenlegung, entweder temporärer oder permanenter Natur, notwendig sein. In der Auslegungsphase muss ein Konzept für einen Entlüftungs- und Trockenlegungsplan erstellt werden.

ANMERKUNG 1 Nach [14] ist das Risiko der Bildung von Luftbläschen im Rohrleitungssystem eine Funktion aus der Strömungsgeschwindigkeit und dem Gefälle des betrachteten Rohrleitungssystems. In dieser Studie wurde folgend,

dass das Risiko in einem akzeptabel niedrigen Rahmen liegt, wenn die Strömungsgeschwindigkeiten über 0,45 m/s liegt und das Gefälle mehr als 3 Grad ausmacht.

Es wird empfohlen, dass die Anzahl, die Orte und die Maße von Entwässerungseinrichtungen so gewählt werden, dass abgeschaltete Rohrleitungsabschnitte in einem geeigneten Zeitraum trockengelegt werden können, der vom Betreiber des Rohrleitungssystems bestimmt wird.

ANMERKUNG 2 Ein Beispiel für einen solchen Zeitraum wäre die notwendige Zeit, um Schäden zu beseitigen und die Wärmeversorgung innerhalb einer einzigen Arbeitsschicht wiederherzustellen.

4.8 Armaturen

Armaturen in werkmäßig gedämmten und erdverlegten Fernwärmerohrsystemen müssen den Biegemomenten (und axialen Kräften) widerstehen, welche unter den Betriebsbedingungen, die im Anwendungsbereich dieser Norm definiert sind, auftreten:

- aufgrund von Wärmedehnung;
- aufgrund von Bodensetzungen.

Um Biegemomente durch Wärmedehnung zu vermeiden, sollte eine Montage von Armaturen an oder in der Nähe von Dehnpolsterabschnitten soweit es geht vermieden werden. Unter bestimmten örtlichen Umständen (z. B. Verlegung in städtischen Bereichen mit intensiver unterirdischer Infrastruktur und begrenztem Raum) kann jedoch der Einbau in derartigen Abschnitten unvermeidlich sein. In solchen Fällen müssen die auftretenden Biegemomente mit den Werten der Tabelle 1 aus EN 488:2014 geprüft werden.

In Dehnungsbereichen können außerdem Biegemomente in der Spindel oder Spindelverlängerung des Ventils auftreten, falls keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden. Dieses ist nicht akzeptabel. Entsprechende Vorkehrungen müssen getroffen werden für die zu erwartende Verschiebung, wie Mantelrohre, Dehnpolster u. a., um diese Biegemomente zu verhindern oder zumindest zu minimieren, da die Spindelverlängerungen der Armaturen weder dafür ausgelegt noch dafür geprüft sind, solche Biegemomente auszuhalten.

4.9 Beschaffung von Werkstoffen

4.9.1 Hersteller der Rohrleitungskomponenten

Der Hersteller von Rohrleitungskomponenten und Rohrleitungswerkstoffen muss über ein Qualitätsmanagementsystem verfügen. Ein Nachweis der Qualifikationen und der erforderlichen Expertise kann über Zertifikate (z. B. EN ISO 9001) oder durch Audits durch den Käufer erfolgen. Der Hersteller muss die Qualitätsanforderungen der relevanten Anhänge von EN 253, EN 448, EN 488, EN 489, EN 14419 und EN 15698 erfüllen.

ANMERKUNG Der Hersteller kann auch über eine gültige EHP001 Zertifizierung für normierte Komponenten nach EN 253, EN 448, EN 15698-1 und EN 14419 verfügen.

Hinsichtlich des Qualitätssicherungsprogramms und der Dokumentation geeigneter Rohrleitungskomponenten, siehe Tabelle I.2.

4.10 Qualitätssicherung

4.10.1 Allgemeines

Für jedes Projekt muss ein Qualitätssicherungsplan erarbeitet werden.

Die Qualitätssicherung kann in fünf Stufen eingeteilt werden:

- Auslegung;

- Beschaffung;
- Verlegung und Abnahme, siehe prEN 13941-2;
- Inbetriebnahme, siehe prEN 13941-2;
- Betriebsphase, siehe prEN 13941-2.

Die Qualitätssicherung und entsprechende Inspektionen müssen für jede Phase sichergestellt werden.

4.10.2 Auslegungsphase

Es wird empfohlen, die Auslegung zu prüfen und die Projektdatei mit den festgelegten Zielen und der geplanten Betriebsweise des Netzwerks zu vergleichen.

Hinsichtlich des Qualitätssicherungsprogramms und der Dokumentation der Nutzungsdauer in der Auslegungsphase, siehe Tabelle I.1.

4.10.3 Verlegungsphase

4.10.3.1 Allgemeines

Während der Verlegungsphase muss Folgendes sichergestellt werden:

- Prüfung der werkmäßig gedämmten Komponenten;
- Prüfung jeder Ausführungsphase mit besonderer Beachtung der Auslegungsdetails;
- Einfordern der im Qualitätssicherungsplan festgelegten Kontrollen, Prüfungen und Zertifikate für die verwendeten Werkstoffe vor Inbetriebnahme der Anlage;
- Aktualisierung der Dokumentation durch den Käufer und Lieferanten in Übereinstimmung mit 4.5:
 - a) Beschreibung der Werkstoffe;
 - b) Anforderungen für Lieferanten (Planungsphase, Tiefbauarbeiten, Rohrverlegung, Stahlschweißen, Herstellung von Verbindungen, PE-Schweißen, Qualitätssicherung, usw.);
 - c) Qualitätssicherungsplan, mit Festlegung der anwendbaren Prüfverfahren, der Auswertung der Prüfungsergebnisse, der Prüfungshäufigkeit;
 - d) Planungsunterlagen (Auslegungsprotokoll);
 - e) Unterlagen zur Inbetriebnahme;
 - f) Wartungsunterlagen;
 - g) Prüfbescheinigung für die Werkstoffe, Werkszeugnisse, Schweißungen, Prüfungen usw., wie im Qualitätssicherungsplan vorgesehen, Abnahmeprotokoll.

Für weitere Erklärungen zu den Dokumenten, die für die Dokumentation zusammengestellt werden müssen, siehe prEN 13941-2

4.10.3.2 Unternehmen im Tief- und Rohrleitungsbau

Unternehmen, die Tief- und Rohrleitungsbauarbeiten für Fernwärmesysteme im Anwendungsbereich dieser Norm ausführen, müssen über ein Qualitätsmanagementsystem verfügen.

Ein Nachweis der Qualifikationen und der erforderlichen Expertise kann über Zertifikate (z. B. EN ISO 9001) oder durch Audits durch den Käufer erfolgen.

4.10.3.3 Unternehmen, die Muffenverbindungen und PE-Schweißungen vornehmen

Unternehmen, die Muffenverbindungen und PE-Schweißungen vornehmen, müssen über ein Qualitätsmanagementsystem verfügen.

Die Qualifizierung der Unternehmen muss Folgendes umfassen:

- a) funktionale Organisation;
- b) Arbeitsausführung durch zertifizierte Monteure und PE-Schweißer;
 - Monteure müssen ordnungsgemäß nach prEN 13941-2 zertifiziert sein. Zusätzlich müssen diese nach prEN 13941-2 für das Schweißen von Stopfen zum Verschließen von Schaumlöchern qualifiziert sein;
 - Monteure müssen wiederholt ihre Fachkenntnisse und Fertigkeiten in geeigneten Zeitabständen nachweisen (z. B. nach einem Jahr oder bis zu drei Jahren durch eine ordnungsgemäße und dokumentierte, zerstörungsfreie und zerstörende Prüfung von Arbeiten, die durch einen Qualitätsprüfer ausgeführt wird);
 - PE-Schweißer müssen ordnungsgemäß nach prEN 13941-2 zertifiziert sein;
 - PE-Schweißer müssen wiederholt ihre Fachkenntnisse und Fertigkeiten in geeigneten Zeitabständen nachweisen (z. B. nach einem Jahr oder bis zu drei Jahren durch eine ordnungsgemäße und dokumentierte, zerstörungsfreie und zerstörende Prüfung von Arbeiten, die durch einen Qualitätsprüfer ausgeführt wird);

Die Ausbildung und Qualifizierung für das Warmgasziehschweißen und Warmgasextrusionsschweißen muss einheitlich auf nationaler Ebene organisiert und umgesetzt sein. Bei Verbindungsmuffensystemen über Heizwendelschweißverfahren, sollte die Ausbildung und Qualifizierung vom Anbieter der speziellen Schweißverfahren vorgesehen werden.

- c) Erfahrenes und qualifiziertes Managementpersonal als Vorarbeiter und Qualitätsprüfer:
 - der Vorarbeiter muss über ein gültiges Zertifikat als Monteur und PE-Schweißer verfügen;
 - Die Qualitätsprüfer müssen über ein Ausbildungszertifikat hinsichtlich der Prüfung von Muffenverbindungen und PE-Schweißungen verfügen (z. B. Zertifikat über Fortbildungsseminare für schrumpfende Materialien, PE-Schweißen, Schäumen und Überwachungssysteme).
- d) Geeignete und gebrauchsfähige Werkzeuge, Einrichtungen und Maschinen;

Ein Nachweis der Qualifikationen und der erforderlichen Expertise kann über Zertifikate (z. B. EN ISO 9001) oder durch Audits durch den Käufer erfolgen.

Für weitere Informationen zum Qualitätssicherungsprogramms und der Dokumentation der Nutzungsdauer, siehe Tabelle I.2.

Hinsichtlich des Qualitätssicherungsprogramms und der Dokumentation der Nutzungsdauer für Unternehmen, die Verbindungen Herstellen und PE-Schweißungen an Mänteln vornehmen, siehe prEN 13941-2:2016, Tabellen D.6, D.7 und D.8.

5 Anforderungen für Komponenten und Werkstoffe

5.1 Grundanforderungen

Komponenten und Werkstoffe, welche dem Anwendungsbereich dieser Norm unterliegen, müssen EN 253, EN 448, EN 488, EN 489, EN 14419 und EN 15698 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Im Falle von Rohren mit großen Durchmesser, können hohe Boden- und Verkehrsbelastungen eine höhere Wanddicke als in EN 253, EN 448 oder EN 488 für alle Rohrkomponenten festgelegt, erfordern. Ebenso kann ein Auslegungsdruck über 2,5 MPa eine höhere Wanddicke erfordern.

Alle Werkstoffe, die für die einwandfreie Funktion des Systems von Bedeutung sind, müssen ihre Eigenschaften unter Berücksichtigung der Temperaturen und weiterer Einwirkungen, denen sie ausgesetzt sein werden, während der Nutzungsdauer des Systems bewahren. Ermüdung, Kriechen und Alterung sind in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen.

Bei der Auslegung des Rohrleitungssystems sind die Eigenschaften der Rohrleitungsteile als Werte zu berechnen, die während der gesamten Nutzungsdauer gelten.

ANMERKUNG 2 Eigenschaften, die die Nutzungsdauer des Systems nicht direkt beeinflussen, wie z. B. die Wärmeleitfähigkeit, können mit gewichteten Durchschnittswerten berechnet werden.

5.2 Stahlrohrteile

5.2.1 Allgemeines

Die Stahlrohrteile, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, sind:

- a) gerades Rohr;
- b) Bögen;
- c) Armaturen;
- d) T-Stücke und Abzweige;
- e) Reduzierstücke und Verlängerungen;
- f) Kappen;
- g) Einmalkompensatoren (SUC);
- h) andere Stahlkomponenten.

5.2.2 Spezifikation

Die technischen Lieferbedingungen für Stahlmediumrohre müssen Tabelle 6 entsprechen.

Tabelle 6 — Technische Lieferbedingungen für Mediumrohre

Rohrtyp	Durchmesser	EN-Norm	Werkstoff ^a
nahtlos	alle	EN 10216-2	P 235GH
ERW	alle	EN 10217-2	P 235GH
SAW	alle	EN 10217-5	P 235GH
a Gleichwertige oder höhere Gütegrade für Stahl in Übereinstimmung mit zugelassenen EN-Normen dürfen nach Vereinbarung verwendet werden			

Bei höheren Stahlgüten als jenen, die in Tabelle 1 angegeben sind, wird die Streckgrenze in den jeweiligen Normen definiert. Wenn solche höheren Stahlgüten für Rohrleitungen verwendet werden, muss sichergestellt werden, dass alle Komponenten, die im betroffenen Teil des Systems verwendet werden, mit den höheren Streckgrenzen der Rohre kompatibel sind.

Alle Stahlrohre und Rohrleitungsteile, die für die Herstellung von Rohrbaugruppen nach dieser Norm verwendet werden, müssen mindestens mit einer Prüfbescheinigung 3.1 nach EN 10204 an den Hersteller von werkmäßig gedämmten Rohren und Komponenten geliefert werden. Der Hersteller muss die Dokumentation der Prüfbescheinigungen aufbewahren.

Falls eine werkstoffbezogene Prüfbescheinigung 3.1 nach EN 10204 durch den Kunden angefordert wird, der die werkmäßig gedämmte Rohrbaugruppe bezieht, dann muss diese Information zusammen mit der Bestellung beim Hersteller der werkmäßig gedämmten Rohrbaugruppen geliefert werden.

ANMERKUNG Jede spätere Anfrage zur Bereitstellung solcher Dokumentation kann bereits zu spät sein und es ist möglich, dass diese Anforderungen durch den Hersteller nicht erfüllt werden können, da der Hersteller die Zuteilung von 3.1 Prüfbescheinigungen zu den Rohren und Rohrteilen vor dem Beginn der Herstellung organisieren muss.

Ein Rohrabschnitt darf keine kreisförmige Verbindung umfassen.

5.2.3 Kennwerte für Stahl

5.2.3.1 Stahl mit festgelegten Eigenschaften für erhöhte Temperaturen

Die Werte für die Streckgrenze bei Auslegungstemperatur sind aus der in den zutreffenden Werkstoffnormen angegebenen Mindeststreckgrenze oder der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur abzuleiten. Diese festgelegten und für den Lieferzustand zugesicherten Mindestwerte können für Auslegungszwecke angewendet werden, sofern nicht Wärmebehandlungsmaßnahmen bekanntermaßen niedrigere Werte ergeben. In derartigen Fällen muss der anzuwendende Wert von den beteiligten Vertragsparteien vereinbart werden.

Bei Auslegungstemperaturen bis einschließlich 50 °C muss bei der Berechnung der Wert von R_e bei 20 °C verwendet werden.

Bei der Berechnung der Streckgrenze der Stahlsorte P 235 GH kann bei einem Auslegungstemperaturbereich von 50 °C $\leq T \leq 140$ °C die folgende Gleichung als Alternative angewendet werden:

$$R_e = 227 - 0,28(T - 50) \frac{N}{mm^2} \quad (1)$$

Die Gleichung 1 gilt für Stahlsorten mit einer festgelegten Mindeststreckgrenze von 235 N/mm². Bei höheren Stahlgüten als jenen, die in Tabelle 5 angegeben sind, wird die Streckgrenze in den jeweiligen Normen definiert. Wenn solche höheren Stahlgüten für Rohrleitungen verwendet werden, muss sichergestellt werden, dass alle Komponenten, die im betroffenen Teil des Systems verwendet werden, mit den höheren Streckgrenzen der Rohre kompatibel sind.

Wird ein Stahlrohr oder ein Rohrleitungsteil ohne das erforderliche Zertifikat nach 5.2.2 geliefert, muss die festgelegte Mindeststreckgrenze durch einen zusätzlichen Sicherheitsbeiwert $\gamma_{m,yield} = 1,2$ dividiert werden. Dieser Faktor ist mit dem Teilsicherheitsbeiwert für das Fließen des Grundwerkstoffes nach 7.2 für den relevanten Grenzzustand zu multiplizieren.

ANMERKUNG Prüfungen, die durch den Stahlrohrhersteller bei erhöhten Temperaturen durchgeführt werden, um die Werte für die Streckgrenze für eine spezifische Werkstofflieferung zu bestimmen, können dazu führen, dass für erhöhte Temperaturen höhere als die in der zutreffenden Norm festgelegten Werte für die Streckgrenze angesetzt werden.

5.2.3.2 Stahl ohne festgelegte Eigenschaften für erhöhte Temperaturen

In anderen Fällen, in denen die Werkstoffnormen für unlegierte und niedrig legierte Stahlsorten keinen Wert für die Streckgrenze bei erhöhten Temperaturen festlegen, muss die folgende Gleichung angewendet werden:

$$R_{eT} = R_m \cdot \frac{720 - \frac{T}{^\circ\text{C}}}{1\,400} \quad (2)$$

bei $50\,^\circ\text{C} \leq T$.

5.2.3.3 Elastizitätsmodul (E) und linearer Wärmeausdehnungskoeffizient (α) bei erhöhten Temperaturen

Die folgenden Gleichungen sollten für unlegierten und niedriglegierten Stahl für Temperaturen bis $140\,^\circ\text{C}$ angewendet werden:

$$E = \left(21,4 - \frac{T}{175}\right) \cdot 10^4 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3)$$

$$\alpha = \left(11,4 + \frac{T}{129}\right) \cdot 10^{-6} \quad (1/\text{K}) \quad (4)$$

5.2.4 Spezifische Anforderungen an Rohrbögen und T-Stücke

5.2.4.1 Allgemeines

Rohrbögen und T-Stücke sind gewöhnlich aus Stahl mit gleicher (oder höherer) Mindeststreckgrenze wie die angrenzenden geraden Rohre herzustellen.

Bei Einbau eines Bogens oder eines T-Stücks in ein Rohrleitungssystem darf die Nennwanddicke des Bogens oder des T-Stückes an den Schweißenden nicht geringer sein als die Nennwanddicke der angrenzenden geraden Rohre.

5.2.4.2 Bögen

Segmentrohrbögen, die aus geraden Rohrabschnitten hergestellt wurden, sind für das Mediumrohr unzulässig.

5.2.4.3 T-Stücke

5.2.4.3.1 Direkt geschweißtes T-Stück

Es dürfen nur Abzweige mit aufgesetzten Stutzen verwendet werden. Der Einsatz von Abzweigen, die in das Hauptrohr eingeschweißt sind, ist unzulässig. Siehe Bild 5.

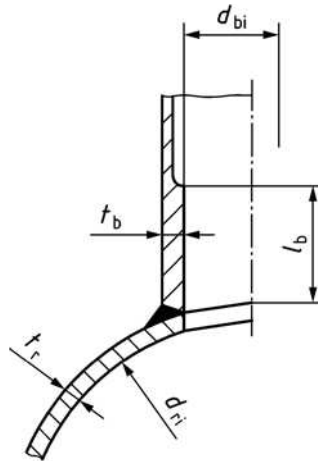


Bild 5 — Aufsetzabzweigung auf direkt geschweißtem T-Stück

ANMERKUNG Eine Verstärkung der T-Stücke kann durch die Erhöhung der Wanddicke des Hauptrohres und/oder des Abzweigrohres oder durch scheibenförmige Verstärkungen erreicht werden, um dem Innendruck, den Biegemomenten und den axialen Druckkräften entsprechend den Anforderungen dieser Norm standzuhalten.

Bei ausgehalsten T-Stücken für Projektklasse C sollte die Auslegungsspannung im Allgemeinen auf 90 % der Werte nach 5.2.3.1 reduziert werden.

5.2.4.3.2 Scheibenförmige Verstärkungen

Die Verstärkung von T-Stücken durch scheibenförmige Verstärkungen ist auf ein Durchmesser Verhältnis von $d_{bo}/d_{ro} \leq 0,8$ begrenzt. Siehe auch Anhang A.3.2.6.

5.2.4.3.3 T-Stücke mit gezogenem Kragen

Ein Übergangsstück mit einer erhöhten Wanddicke muss auf einen Kragen des ausgehalsten T-Stücks und das gerade Rohr mit einer normalen Wanddicke aufgeschweißt werden, um die lokale Spannungskonzentration des T-Stücks (siehe Bild 2f) zu reduzieren.

5.2.5 Spezifische Anforderungen für kleine Winkelabweichungen

Kleine Winkelabweichungen von verbindenden Rohrabschnitten dürfen die Werte in Tabelle 7 nicht übersteigen. Bei kleinen Winkelabweichungen, siehe auch Bild C.1

Tabelle 7 — Kleine Winkelabweichungen

Maximale Temperaturdifferenz (K)^b	Maximale axiale Spannung Faktor	Maximale Winkelabweichung (2θ)^a
		0
60 K	150	4°
90 K	228	2°
100 K	252	1°
110 K	280	0,5°
> 110 K	> 280	0°
^a Maximale Winkelabweichung ohne Verlegetoleranz, sollte auf ±0,25° begrenzt sein.		
^b Unterschied zwischen Verlegetemperatur (einschließlich Vorheizen) und Auslegungstemperatur		

5.2.6 Spezifische Anforderungen für Reduzierstücke

Der Werkstoff des Reduzierstückes muss mindestens die gleiche Streckgrenze wie die angrenzenden geraden Rohre aufweisen.

Anhang A bestimmt zusätzliche Anforderungen für Reduzierstücke.

ANMERKUNG Alternativ kann eine gleichwertige Europäische oder internationale Norm angewendet werden. Siehe EN 448.

5.3 Polyurethan-Schaumstoffdämmung

Die Wärmedämmung muss den Anforderungen nach EN 253 entsprechen.

ANMERKUNG Durchschnittswerte für PUR-Schaum sind:

Elastizitätsmodul: $E_{PUR} = 6,5 \text{ MPa}$ (Langzeitwert bei 140 °C);

$E_{PUR} = 10,0 \text{ MPa}$ (bei 23 °C);

Hinsichtlich der Dicke der Wärmedämmung, siehe Anhang D.

5.4 Mantel

Das Mantelrohr und dessen Schweißen müssen den Anforderungen nach EN 253, EN 448 und EN 489 entsprechen.

Vor Ort hergestellte Mäntel sind nur in Ausnahmefällen erlaubt, wenn bei ordentlicher und rechtzeitiger Vorbereitung eine Lösung mit Standardbauelementen nicht möglich ist oder im Falle von Reparaturen an der Rohrleitung (siehe prEN 13941-2, Abschnitt 11.6.3).

Es wird jedoch dringend empfohlen, im höchstmöglichen Ausmaß ausschließlichen Gebrauch von vorgefertigten Sonderbauelementen zu machen, um höhere Risiken oder Schäden zu vermeiden.

5.5 Werkstoffe für Mäntel und die Dämmung von Montagestößen

Siehe EN 489.

5.6 Dehnpolster

5.6.1 Allgemeines

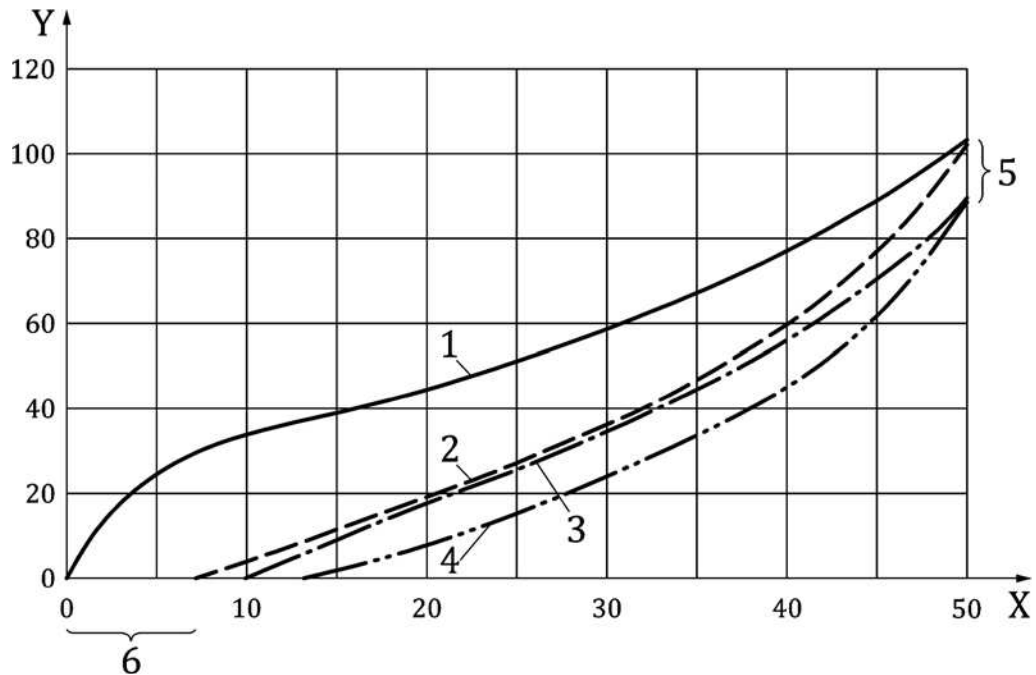
Dehnpolster können eingebracht werden, um Spannungen und Dehnungen im Rohrleitungssystem, die von einer transversalen Verschiebung durch (thermische) Ausdehnung verursacht werden, zu begrenzen.

Während der gesamten Nutzungsdauer des Rohrleitungssystems und für den ausgelegten Temperaturbereich, müssen die Werkstoffe, die für die Dehnpolster und die Schutzabdeckung herangezogen werden:

- die notwendige Festigkeit aufweisen;
- die notwendige Flexibilität liefern;
- sich stabil gegenüber chemischen und biologischen Einwirkungen verhalten und für eine Anwendung im Grundwasser geeignet sein;
- beständig gegenüber Kräften sein, die vom Eigengewicht des Rohres, Hinterfüllungen des Grabens und der Verdichtung ausgehen;
- beständig gegenüber der Penetration von Hinterfüllungsmaterial und dem Ansammeln von Schlamm sein;
- über ausreichend Ausdehnungskapazität verfügen, um eine zunehmende Verdichtung durch das Verfüllen des Hohlraumes im Boden mit Sand, wie es nach Rohrverschiebungen auftritt, zu verhindern;
- die Werte für die Wärmeleitfähigkeit müssen bekannt sein.

ANMERKUNG 1 Im Betrieb werden die Dehnpolster wiederholt komprimiert und dekomprimiert. Wenn die Verdrängungsrate des Rohrleitungssystems höher ist als die Ausdehnungsrate des Dehnpolsters, können Lücken zwischen dem Dehnpolster und dem Boden auftreten. Hinterfüllungsmaterial kann in diese Lücken eindringen und die verfügbare Kompression reduzieren, siehe Bild 6.

ANMERKUNG 2 Widerstand der Dehnpolster gegen die Kräfte aus der Hinterfüllung des Grabens kann nur bei geringen Tiefen erreicht werden.



Legende

- 1 erster Verdichtungszyklus (Kompression)
- 2 erster Ausdehnungszyklus (Dekompression)
- 3 vierter Verdichtungszyklus (Kompression)
- 4 vierter Ausdehnungszyklus (Dekompression)
- 5 Unterschied zwischen dem Verdichtungsdruck des ersten Zyklus und dem Langzeitwert
- 6 plastische Verformung
- X Kompression in %
- Y Druckspannung in kPa

Bild 6 — Kompressions- und Dekompressionskurven von Dehnpolstern

Die Steifigkeit der Dehnpolster, die vor Ort eingesetzt werden, muss den Steifigkeitswerten entsprechen, die bei den Auslegungsberechnungen herangezogen wurden.

Der Hersteller, die Art und die Marke der eingesetzten Dehnpolster müssen bekannt und dokumentiert sein.

5.6.2 Werkstoffe

Beim für die Dehnpolster eingesetzten Werkstoff muss es sich um einen geschlossenzelligen, vernetzten Polyethylen-Schaumstoff handeln

5.6.3 Steifigkeitseigenschaften

Der Elastizitätsmodul muss als Funktion des Druckprozentsatzes (Sekantenmodul) auf der Grundlage von Prüfungen durch den Hersteller festgelegt werden, die in Übereinstimmung mit Anhang F erfolgen.

Dehnpolster zur Verwendung in Fernwärmesystemen sind in zwei Typen aufgeteilt:

- a) Typ 1: harte Ausführung mit den Steifigkeitseigenschaften, die durch Linie (1) im Bild 7 ± 15 % dargestellt werden;
- b) Typ 2: mittlere Ausführung mit den Steifigkeitseigenschaften, die durch Linie (2) im Bild 7 ± 15 % dargestellt werden;

c) Bei Prüfung nach Tabelle F.1, müssen die Werte die Werte der Tabelle 8 erfüllen:

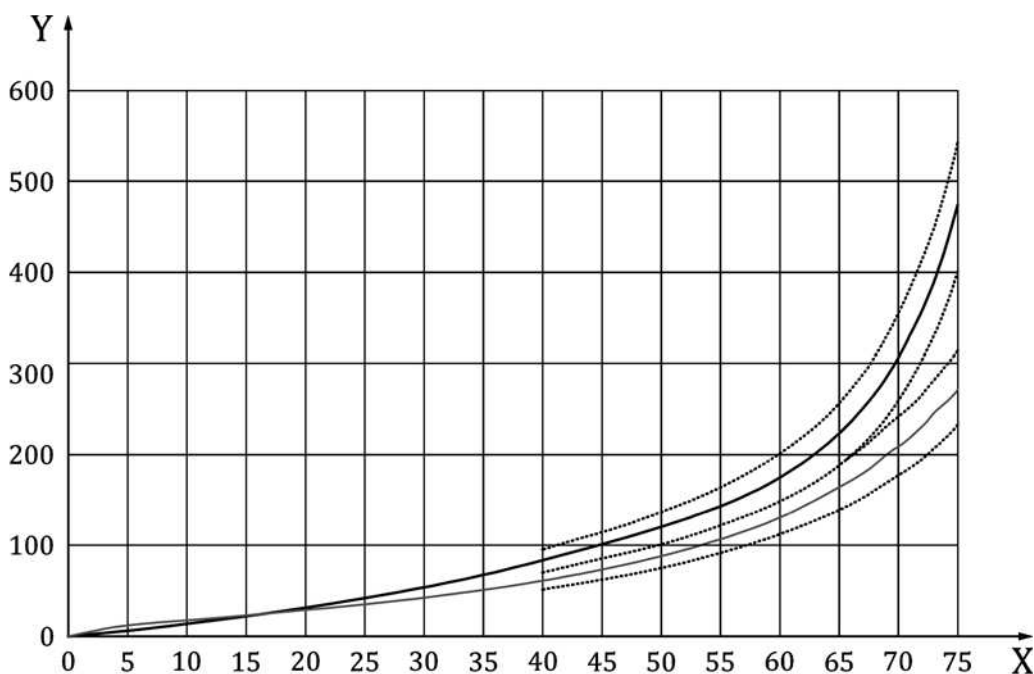
Tabelle 8 — Werte für Kompressionsprüfungen

c) Kompression	d) 40 %	e) 50 %	f) 75 %
g) Typ 1	h) 85 kPa $\pm$ 15 %	i) 120 kPa $\pm$ 15 %	j) 480 kPa $\pm$ 15 %
k) Typ 2	l) 60 kPa $\pm$ 15 %	m) 90 kPa $\pm$ 15 %	n) 275 kPa $\pm$ 15 %

Dehnpolster mit Steifigkeitseigenschaften zwischen Linie (1) und Linie (2) des Bildes 7 können auch eingesetzt werden. In diesem Falle sollten die Werte vor der Auslegung der Linie gegeben sein.

Der Einsatz von Dehnpolstern mit Steifigkeitseigenschaften, die unterhalb Linie (2) -15 % liegen, ist nicht gestattet.

Die maximal erlaubte Kompression ist an jenem Punkt erreicht, wo die Druckspannung 200 kPa übersteigt.



Legende

- 1 Steifigkeit Typ 1
- 2 Steifigkeit Typ 2
- X Kompression in %
- Y Druckspannung in kPa

Bild 7 — Erforderliche Steifigkeit der Dehnpolster

Wenn Lastverformungskurven aus einachsigen Prüfungen verwendet werden, können die Polster in der Praxis aufgrund der Poisson-Zahl anders reagieren.

5.6.4 Auswahl der erforderlichen Dicke der Dehnpolster

Die Dicke der Dehnpolster ist so auszuwählen, dass:

- a) während der gesamten Nutzungsdauer des Systems, die mittlere Oberflächentemperatur des Mantels nie 50 °C übersteigt; und

- b) zu einzelnen Zeitabschnitten die maximale Temperatur des Mantels 50 °C übersteigen darf, aber nicht 60 °C. Die Summe dieser einzelnen Zeitabschnitte darf im Durchschnitt 300 Stunden pro Jahr für die gesamte Nutzungsdauer nicht überschreiten.

ANMERKUNG Um die Auswirkungen von verschiedenen Temperaturen bei verschiedenen Zeitabschnitten zu kombinieren, siehe Anhang J.

5.6.5 Kennzeichnung

Dehnpolster sollten permanent mit ihrer Steifigkeit und dem Herstellernamen gekennzeichnet sein.

5.7 Armaturen und Zubehör

5.7.1 Allgemeine Anforderungen

Armaturen und Zubehör müssen direkt an den werkmäßig gedämmten Rohrleitungen angebracht werden. Werkmäßig gedämmte Armaturen müssen der EN 488 entsprechen.

Die angewendeten Werkstoffe und Herstellungsverfahren müssen derart sein, dass die Auslegungsbedingungen über die gesamte Nutzungsdauer erfüllt werden können.

Armaturen und Zubehör müssen so bemessen sein, dass sie den Betriebsbedingungen und äußeren Einwirkungen entsprechend den zutreffenden Abschnitten und Anhängen dieser Norm standhalten können. Es muss besonders darauf geachtet werden, sicherzustellen, dass hohe axiale Druckkräfte in eingespannten Rohrleitungsteilen aufgenommen werden können.

Werkmäßig gedämmte Armaturen für erdverlegte Rohrleitungssysteme müssen so ausgelegt sein, dass sie möglichst wenig Wartung erfordern.

Alle werkmäßig gedämmten Rohrleitungsteile müssen voll geschweißt sein.

5.7.2 Kennzeichnung und Dokumentation

Armaturen und Zubehör müssen eindeutig und dauerhaft gekennzeichnet sein, damit Hersteller, Druckstufe (wenn zutreffend), Auslegungstemperatur usw. festgestellt werden können.

Die Dokumentation darüber, dass die Auslegung der Rohrleitungsteile dieser Norm entspricht, ist vom Hersteller aufzubewahren.

Jede werkmäßig vorgefertigte Komponente, die Teil eines Fernwärmerohrleitungssystems ist, sollte mit einer Kennzeichnung versehen sein, woraus ersichtlich ist, für welche Bedingungen das Rohrleitungsteil ausgelegt und hergestellt worden ist.

Diese Erklärung muss folgende Auslegungsdaten enthalten:

- a) Werkstoff und Sorte;
- b) maximaler Betriebsdruck;
- c) maximale axiale Spannung für gerade Rohrteile oder maximale axiale Kraft;
- d) maximales Biegemoment (für Armaturen, Einmalkompensatoren);

6 Konstruktion und Berechnung

6.1 Allgemeines Verfahren

Auslegung und Berechnung müssen so durchgeführt werden, dass eine ausreichende Dokumentation bereitgestellt werden kann, um nachzuweisen, dass das Rohrleitungssystem allen entsprechenden Einwirkungen standhalten kann und die Sicherheits- und Funktionsanforderungen während seiner gesamten Nutzungsdauer erfüllt werden können.

Für die Auslegung und Berechnung eines gegebenen Rohrleitungssystems kann das in Bild 8 dargestellte Verfahren angewendet werden.

ANMERKUNG Im Bild 8 wird das entsprechende Unterkapitel für jeden Schritt angezeigt.

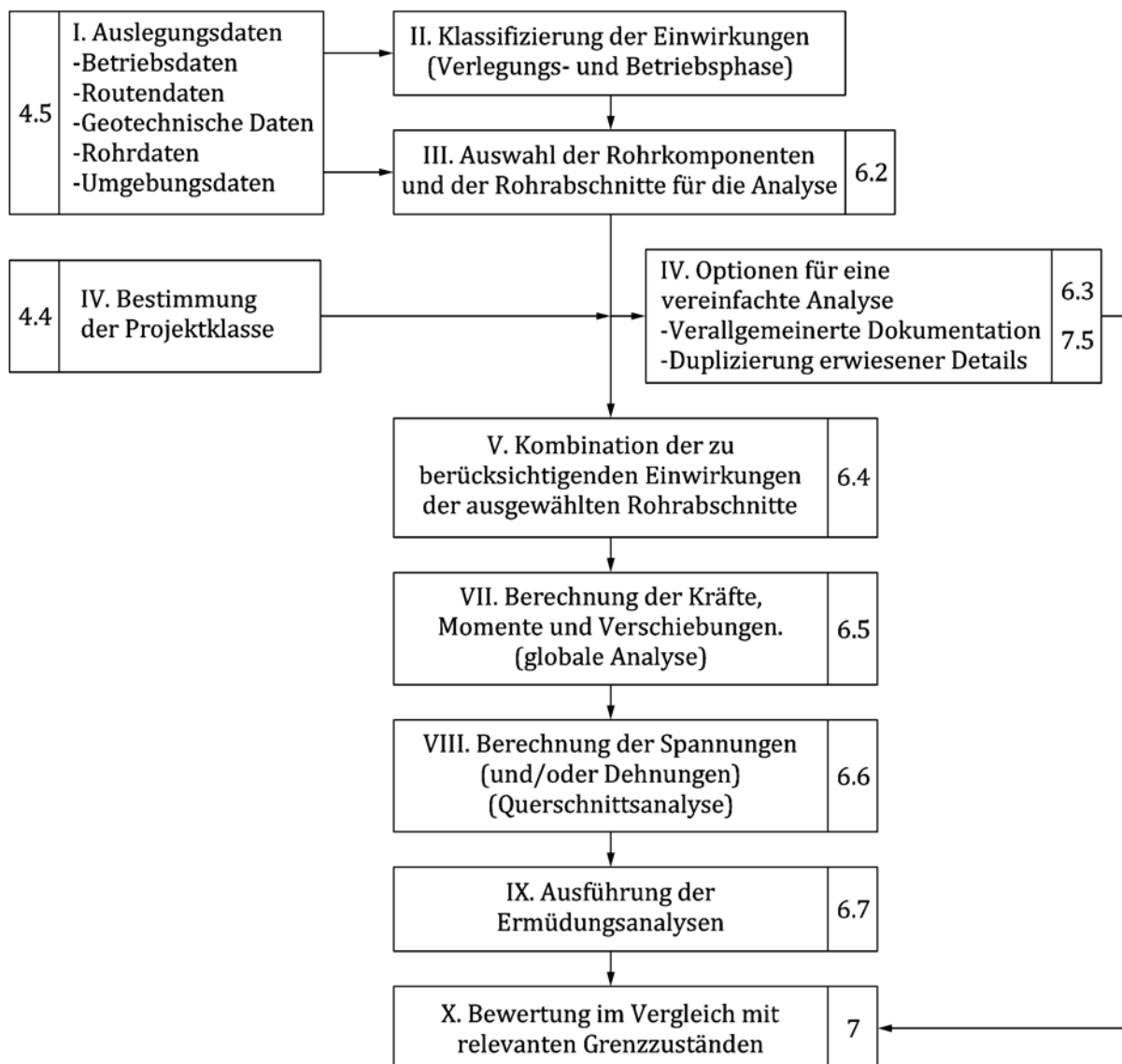


Bild 8 — Ablaufdiagramm für die Auslegung von Fernwärmesystemen