

Berechnung und Verlegung von werkmäßig gedämmten
Verbundmantelrohren für Fernwärme
Deutsche Fassung EN 13941:2003

DIN
EN 13941

ICS 91.140.10

Design and installation of preinsulated bonded pipe systems
for district heating; German version EN 13941:2003

Conception et installation des systèmes bloqués de tuyaux
pré-isolés pour les réseaux enterrés d'eau chaude;
Version allemande EN 13941:2003

Die Europäische Norm EN 13941:2003 hat den Status einer Deutschen Norm.

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 (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. erstellt. Diese Norm hat keinen Vorläufer.

Fortsetzung 110 Seiten EN

Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Berechnung und Verlegung von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für die Fernwärme

Design and installation of preinsulated bonded pipe
systems for district heating

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 27. Dezember 2002 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, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Einheiten und Symbole.....	9
3.1 Einheiten.....	9
3.2 Symbole.....	10
4 Begriffe.....	12
5 Allgemeine Betrachtungen für die Systemauslegung.....	16
5.1 Allgemeine Anforderungen.....	16
5.2 Betriebslebensdauer.....	17
5.3 Voruntersuchungen.....	17
5.4 Bestimmung der Projektklasse.....	18
5.4.1 Risikobewertung.....	18
5.4.2 Projektklassen.....	18
5.5 Projektdokumentation.....	20
5.5.1 Allgemeines.....	20
5.5.2 Betriebsdaten.....	20
5.5.3 Rohrleitungsdaten.....	20
5.5.4 Festlegungen für die Qualitätssicherung.....	22
6 Komponenten und Werkstoffe.....	23
6.1 Grundanforderungen.....	23
6.1.1 Allgemeines.....	23
6.1.2 Nicht genormte Komponenten.....	23
6.2 Stahlrohrkomponenten.....	23
6.2.1 Allgemeines.....	23
6.2.2 Dokumentation.....	23
6.2.3 Kennwerte für Stahl.....	24
6.2.4 Spezifische Anforderungen an Rohrbögen und T-Stücke.....	24
6.2.5 Spezifische Anforderungen an Reduzierstücke und Verlängerungen.....	25
6.2.6 Spezifische Anforderungen an andere Komponenten.....	25
6.3 Polyurethan-Schaumstoffdämmung.....	25
6.4 PE-Mantel.....	26
6.5 Dehnpolster.....	26
6.6 Armaturen und Zubehör.....	26
6.6.1 Allgemeine Anforderungen.....	26
6.6.2 Kennzeichnung und Dokumentation.....	26
7 Einwirkungen und Grenzzustände.....	27
7.1 Allgemeines.....	27
7.2 Vereinfachtes Analyseverfahren.....	28
7.3 Einwirkungen.....	29
7.3.1 Allgemeines.....	29
7.3.2 Klassifizierung der Einwirkungen.....	29
7.4 Grenzzustände.....	30
7.4.1 Allgemeines.....	30
7.4.2 Grenzzustände für Stahl-Mediumrohre.....	31
7.4.3 Überlagerung von Spannungen.....	39
7.4.4 Grenzzustände für PUR und PE.....	39
8 Verlegung.....	40
8.1 Allgemeines.....	40
8.2 Transport und Lagerung.....	40

8.3	Aushub des Rohrgrabens	41
8.4	Verlegung von Rohren und Komponenten	41
8.4.1	Allgemeines	41
8.4.2	Stahlrohre	41
8.4.3	PUR-PE-Verbindungen	41
8.4.4	Zubehör	41
8.4.5	Dehnungsbereiche	41
8.5	Schweißen des Stahlrohres und Prüfung der Stahlschweißungen	42
8.5.1	Allgemeines	42
8.5.2	Qualitätssystem für die verschiedenen Projektklassen	42
8.5.3	Qualifikation der Schweißverfahren	44
8.5.4	Schweißzusatzmaterial	44
8.5.5	Anordnung und Lage der Schweißung	44
8.5.6	Durchführung der Schweißarbeiten	44
8.5.7	Sonderverfahren	47
8.5.8	Kontrolle der Schweißverbindung	47
8.5.9	Dokumentation	50
8.6	Druckfestigkeitsprüfung und Dichtheitsprüfung	50
8.7	Montage der Mantelrohre, Installation der Verbindungen und Dämmung vor Ort	51
8.8	Verfüllung des Grabens	51
8.9	Rohrbögen und andere Komponenten	52
8.9.1	Rohrbögen	52
8.9.2	Abzweige	53
8.9.3	Armaturen und Zubehör	53
8.10	Inbetriebnahme	53
8.10.1	Allgemeines	53
8.10.2	Auffüllen mit Wasser für den Erstbetrieb	53
8.10.3	Überwachungssystem	54
8.11	Sonderkonstruktionen	54
8.11.1	Sonderkomponenten	54
8.11.2	Freileitungen mit werkmäßig gedämmten Rohren	54
8.11.3	Verlegung in Schutzrohren	54
8.12	Bauarbeiten während der Betriebsphase	54
Anhang A (normativ)	Auslegung von unter Innendruck stehenden Rohrkomponenten	55
A.1	Allgemeines	55
A.2	Symbole	55
A.3	Gerade Rohre und Bögen	56
A.3.1	Gerade Rohre	56
A.3.2	Bögen	56
A.4	T-Stücke und Abzweige	56
A.4.1	Allgemeine Aspekte und Einschränkungen	56
A.4.2	Verstärkung	57
A.5	Reduzierstücke und Verlängerungen	59
A.5.1	Mindestwanddicke im abgeschrägten Bereich	60
A.5.2	Exzentrische Reduzierstücke	60
A.6	Kappen	60
Anhang B (informativ)	Bodenmechanik und Wechselwirkung zwischen Rohr und Erdreich	61
B.1	Anwendungsbereich	61
B.1.1	Allgemeine Anforderungen	61
B.2	Symbole und Einheiten	61
B.3	Bodenparameter für die globale Analyse (Wechselwirkung zwischen Rohr und Erdreich)	62
B.3.1	Modell für die Wechselwirkung zwischen Rohr und Erdreich	62
B.3.2	Rohr-Boden-Reibung (axial)	63
B.3.3	Koeffizient der horizontalen Bodenreaktionskraft (lateral)	65
B.3.4	Kombinierte Steife des PUR-Schaumes, der Dehnpolster und des Bodens	69
B.4	Kennwerte für Bodenbelastungen und Bodenparameter	71
B.4.1	Allgemeines	71
B.4.2	Bodenmechanische Untersuchungen	71
B.5	Spezifische Anforderungen an die Stabilität	72
B.5.1	Allgemeines	72

B.5.2	Vertikale Stabilität.....	72
B.5.3	Horizontale Stabilität	74
B.6	Spezifische Anforderungen an Parallelaufgrabungen.....	74
B.6.1	Allgemeines	74
B.6.2	Reduzierte Reibung	74
B.7	Anforderungen an weiche Böden und Setzungsbereiche.....	74
B.7.1	Allgemeines	74
B.7.2	Unterschiedliche Setzungen.....	75
Anhang C	(informativ) Globale und Querschnittsanalyse	76
C.1	Allgemeines	76
C.2	Symbole	76
C.3	Übersicht über die Grenzzustände für Stahl.....	78
C.4	Zu bewertende Stellen.....	80
C.4.1	Zu betrachtende Komponenten.....	80
C.4.2	Zu betrachtende Bereiche.....	83
C.5	Einwirkungen	84
C.5.1	Allgemeines	84
C.5.2	Lastwechsel.....	84
C.6	Globale Analyse	85
C.6.1	Allgemeines	85
C.6.2	Flexibilität	85
C.6.3	Randbedingungen	87
C.7	Spannungsberechnung.....	90
C.7.1	Vereinfachtes Verfahren	90
C.7.2	Querschnittsanalysen, Stahl	91
C.7.3	Gerade Rohre	92
C.7.4	Bögen.....	94
C.7.5	T-Stücke.....	97
C.7.6	Andere Komponenten	102
C.7.7	PUR-Schaum und PE-Mantel	103
C.8	Ermüdungsanalyse.....	104
C.8.1	Ermüdungsfestigkeitsdaten	104
C.8.2	Festigkeitsdaten für das Ermüdungsverhalten, detaillierte Berechnung.....	105
C.8.3	Sicherheitsbeiwerte für das Ermüdungsverhalten.....	105
C.9	Weitere Maßnahmen.....	106
Anhang D	(informativ) Berechnung der Wärmeverluste	107
D.1	Allgemeines	107
D.2	Wärmeverlust für Vor- und Rücklaufleitung	107
D.3	Dämmwert des Bodens	108
D.4	Dämmwert des Dämmstoffes	108
D.5	Wärmeübergang zwischen Vor- und Rücklaufleitung	109
Literaturhinweise		110

Vorwort

Dieses Dokument EN 13941:2003 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 September 2003, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2003 zurückgezogen werden.

Der Anhang A ist normativ. Die Anhänge B, C und D sind informativ.

Dieses Dokument beinhaltet 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.

Einleitung

Diese Norm wurde von JWG 1 erarbeitet, einer gemeinsamen Arbeitsgruppe mit CEN/TC 267 „Industrielle Rohrleitungen und Fernrohrleitungen“.

Entsprechend dem Aufgabengebiet von CEN/TC 107

- hat CEN/TC 107/TC 267/JWG 1 die Aufgabe, Auslegungs-, Berechnungs- und Verlegungsregeln für werkmäßig gedämmte Verbundrohrsysteme für erdverlegte Fernwärmenetze mit Verbundrohren, die EN 253, EN 448, EN 488 und EN 489 entsprechen, zu erstellen;
- darf CEN/TC 107/TC 267/JWG 1 auch Regeln für Funktionsprüfungen von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohrsystemen für erdverlegte Fernwärmenetze festlegen;
- sollten die Grundregeln für Auslegung, Berechnung und Verlegung auf funktionellen Anforderungen basieren;
- ist der Sinn der Arbeit, eine einheitliche Basis für Konstruktion, Bau und Betrieb von Fernwärmesystemen zu schaffen, um sicherzustellen, dass das System zuverlässig, wirtschaftlich und sicher hinsichtlich der Umgebung, der Umwelt und der Gesundheit der Bevölkerung ist;
- sollten Verbindungskonstruktionen für die betrachteten Rohrleitungen EN 489 entsprechen.

Diese Norm berücksichtigt gesammelte Erfahrungen und neue Kenntnisse über das Verhalten von Werkstoffen, die Spannungsverteilung und zulässige Verformungen sowie die Weiterentwicklung bei den Verlegeverfahren.

Beim Anwenden der Norm sind deren verschiedene Abschnitte voneinander abhängig und können deshalb nicht losgelöst als allein stehende Regeln gelten.

Diese Norm besteht aus einem Hauptteil und vier Anhängen.

Abhängig von der Art der einzelnen Abschnitte wird in dieser Norm zwischen Grundsätzen und Anwendungsregeln unterschieden.

Die Grundsätze bestehen aus:

- allgemeinen Feststellungen, Definitionen und Anforderungen, für die es keine Alternative gibt, sowie
- Anforderungen und analytischen Modellen, für die es keine erlaubte Alternative gibt, es sei denn, diese wird ausdrücklich erwähnt.

Die Grundsätze erscheinen im üblichen Druckbild (Schriftgröße 10).

Die Anwendungsregeln sind allgemein anerkannte Regeln, die mit den Grundsätzen übereinstimmen und deren Anforderungen erfüllen.

Anwendungsregel:

Die Anwendungsregeln und die Bemerkungen bezüglich Grundsätzen und Anwendungsregeln erscheinen in Schriftgröße 8. Dies ist eine Anwendungsregel.

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

Anhang A ist Teil der Norm (Grundsätze). Anhänge B, C und D sind als Anwendungsregeln zu betrachten.

Diese Norm umfasst eine Anzahl von Anforderungen, welche die ordnungsgemäße Bauausführung von Verteilungsnetzen für die Fernwärme sicherstellen sollen. Die in dieser Norm festgelegten Anforderungen sind, so weit es möglich war, als funktionelle Anforderungen gestaltet.

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

Zum Anwendungsbereich dieser Norm gehören auch besondere Fälle, die nicht explizit im Inhalt behandelt werden. Die Einschätzung, ob der jeweilige Fall von der Norm abgedeckt ist, muss bei der Anwendung der Norm erfolgen.

CEN/TC 107 „Werkmäßig gedämmte Mantelrohrsysteme für Fernwärme“ erarbeitet gegenwärtig Normen für werkmäßig gedämmte biegsame Rohre und für Überwachungssysteme.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Regeln für den Entwurf, die Berechnung und die Verlegung von werkmäßig gedämmten Verbundrohrsystemen für erdverlegte Heißwasserverteilungs- und Transportnetze (siehe Bild 2) fest, mit Verbundrohren nach EN 253, für einen kontinuierlichen Betrieb mit Heißwasser bei schwankenden Temperaturen bis 120 °C, zeitweise Spitzentemperaturen bis 140 °C und mit einem maximalen Betriebsdruck von 25 bar (Überdruck).

Anwendungsregel:

Für größere Rohrdurchmesser und Betriebsdrücke unter 25 bar kann für gerade Rohre, Bögen und T-Stücke eine höhere Wanddicke als die in EN 253 festgelegte erforderlich sein.

Die Grundsätze der vorliegenden Norm können auch auf werkmäßig gedämmte Rohrsysteme mit Betriebsdrücken über 25 bar angewandt werden, vorausgesetzt, die Auswirkungen der höheren Drücke werden besonders beachtet. Angrenzende Rohre, die dem Netz angehören (z. B. Rohre in Kanälen, Armaturenschächten, oberirdische Straßenüberquerungen usw.), können entsprechend dieser Norm ausgelegt und verlegt werden.

Die Norm setzt die Benutzung 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 vermieden werden.

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

- Pumpen;
- Wärmetauscher;
- Kesselanlagen, Behälteranlagen;
- Einrichtungen der angeschlossenen Kundenanlagen.

Diese Norm setzt voraus, dass die betreffenden Geräte bzw. Anlagen hinsichtlich der Einwirkungen, die vom Fernwärmenetz verursacht werden, und anderen von den baulichen Verhältnissen ausgehenden Belastungen voll funktionsfähig und dauerhaft sind.

Für Produktqualitätskontrolle und Vor-Ort-Prüfungen von Verbindungen gilt Anhang A von EN 448:2003, Anhang D von EN 253:2003, Anhang A von EN 488:2003 und Anhang B von EN 489:2003.

Für das Schweißen des Polyethylenmantelrohres gilt Anhang B von EN 448:2003.

Die Einschätzung der zu erwartenden Lebensdauer bei Dauerbetrieb mit unterschiedlichen Temperaturen wird in Anhang B von EN 253:2003 beschrieben.

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 253:2003, *Fernwärmerohre — Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze — Verbund-Rohrsystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen.*

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

EN 288-1:1992, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 1: Allgemeine Regeln für das Schmelzschweißen.*

EN 288-2, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 2: Schweißanweisung für das Lichtbogenschweißen.*

EN 288-3, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 3: Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Stählen.*

EN 444, *Zerstörungsfreie Prüfung — Grundlagen für die Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen -und Gammastrahlen.*

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 — Vorgelegte Absperrarmaturen für Stahlmediumrohre mit Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen.*

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

EN 571-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen.*

EN 583-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundsätze.*

EN 719:1994, *Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung.*

EN 729-1, *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 1: Richtlinien zur Auswahl und Verwendung.*

EN 729-2, *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen.*

EN 729-3, *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen.*

EN 729-4, *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 4: Elementar – Qualitätsanforderungen.*

EN 970, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißnähten — Sichtprüfung.*

EN 1289, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Eindringprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen.*

EN 1290, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen.*

EN 1291, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen.*

EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen.*

EN 1435, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen.*

EN 1594, *Gasversorgungssysteme — Rohrleitungen für einen maximal zulässigen Betriebsdruck über 16 bar — Funktionale Anforderungen.*

EN 1712, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen.*

EN 1714, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen.*

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

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

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

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

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

EN 25817, *Lichtbogenschweißverbindungen an Stahl — Richtlinie für die Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:1992).*

EN 29692, *Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen und Gasschweißen — Schweißnahtvorbereitung für Stahl (ISO 9692:1992).*

ISO 1000, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units.*

ISO 3419, *Non-alloy and alloy steel butt-welding fittings.*

ISO/TR15608:2000, *Welding — Guidelines for a metallic material grouping system (ISO/TR 15608:2000).*

3 Einheiten und Symbole

3.1 Einheiten

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

Folgende Einheiten und deren Vielfache werden verwendet:

Länge	m	(Meter)
	mm	(Millimeter)
Masse	kg	(Kilogramm)

Kraft	N	(Newton)
Spannung	N/mm ²	(Newton durch Quadratmillimeter)
Druck	Pa	(Pascal = Newton durch Quadratmeter)

Sonstige verwendete Einheiten:

Temperatur	°C	(Grad Celsius)
Druck	bar	(1 bar = 10 ⁵ Pa = 0,1 N/mm ²)

3.2 Symbole

<i>A</i>	Fläche
<i>c</i>	Bindigkeit des Bodens, Herstellungstoleranzen
<i>D</i>	Mantelrohrdurchmesser
<i>d</i>	Durchmesser des Mediumrohres
<i>E</i>	Elastizitätsmodul
<i>F</i>	Reibungskraft
<i>f</i>	Berechnete Spannung, Reibungskraft durch Flächeneinheit, Ausknicken
<i>G</i>	Eigengewicht
<i>I</i>	Flächenmoment 2. Grades
<i>i</i>	Spannungserhöhungsfaktor
<i>L</i>	Reibungslänge
<i>l</i>	Länge
<i>M</i>	Biegemoment
<i>N</i>	Normalkraft, Anzahl der Vollastwechsel
<i>n</i>	Anzahl
<i>p</i>	Innendruck
<i>R_e</i>	Obere Mindeststreckgrenze
<i>R_m</i>	Zugfestigkeit
<i>R</i>	Krümmungsradius
<i>r</i>	Radius des Rohres
<i>T</i>	Temperatur
<i>t</i>	Wanddicke des Rohres
<i>W</i>	Widerstandsmoment
<i>Z</i>	Verlegetiefe (gemessen bis zur Rohrmitte)

α	Wärmeausdehnungskoeffizient
γ	spezifische Dichte, Teilsicherheitsbeiwert
δ	Reibungswinkel zwischen Rohr und Boden, Verschiebung durch Wärmeausdehnung
ε	Dehnung
θ	Winkel
λ	Koeffizient der Wärmeleitfähigkeit
μ	Koeffizient der Reibung zwischen Rohr und Boden
ρ	Dichte
σ	Normalspannung
τ	Schubspannung
ν	Poisson-Zahl
φ	Bodenreibungswinkel

Indizes

a	Einwirkung
b	Abzweigrohr (bei T-Verbindungen, Branchpipe)
c	Mantel
d	Auslegung
fat	Ermüdung (fatigue)
i	Innen, Innenseite
j	Vergleichs-
m	Durchschnitt, Membran, Werkstoff
min	Minimum
n	Nennanzahl (von Ermüdungszyklen)
o	Außen, Außenseite
r	Hauptrohr (bei T-Verbindungen, runpipe)
res	Resultierend
u	Bruch
v	Vertikal

Anhänge A, B und C enthalten separate Symbolübersichten.

4 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN 253:2003 angegebenen und die folgenden Begriffe:

4.1

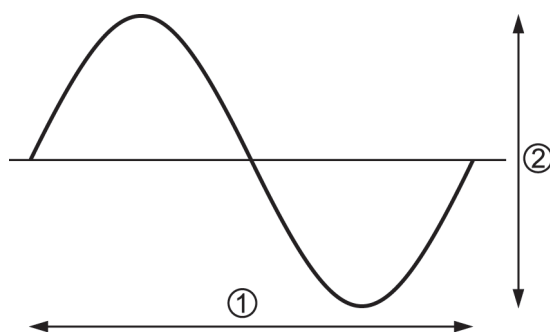
Einwirkung

eine Einwirkung ist die Summe der auf das Rohrsystem wirkenden konzentrierten oder verteilten Kräfte (kraftgesteuerte Einwirkungen) oder die Ursache erzwungener Verformungen im System (dehnungsgesteuerte Einwirkungen); Einwirkungen werden häufig „Belastungen“ genannt

4.2

Lastwechsel

ein Lastwechsel ist eine Einwirkung mit gegebener Spannungsschwingbreite und Lastwechsel umfasst einen vollen Einwirkungsverlauf (d. h. das Zweifache des berechneten Durchschnittswerts der Einwirkungsamplitude)



Legende

- 1 ein Lastwechsel
- 2 Temperaturbereich oder Spannungsschwingbreite

Bild 1 — Lastwechsel

4.3

Verbundsystem

ein System bestehend aus Mediumrohr, Dämmstoff und Mantelrohr, wobei der Verbund durch den Dämmstoff gebildet wird

4.4

kaltverlegte, werkmäßig gedämmte Verbundrohre

Fernwärmerohre, die ohne vorhergehende Vorspannung durch Vorwärmung verlegt und in Betrieb genommen werden

4.5

Kriechen

langsame Dehnungszunahme beim Einwirken von Spannungen

4.6

Auslegungsdruck

der auf eine Komponente oder eine Rohrstrecke einwirkende Innendruck, der mindestens ebenso groß ist wie der maximale Betriebsdruck an jeder beliebigen Stelle des Rohres und mit einem bestimmten Teilsicherheitsbeiwert multipliziert wird

4.7

Auslegungstemperatur

die höchste für die Auslegung einer Komponente oder einer Rohrstrecke angenommene Temperatur

4.8**dehnungsgesteuerte Einwirkung**

Einwirkung, die von erzwungenen Verformungen oder Bewegungen, z. B. Wärmeausdehnung oder Setzungen, verursacht wird

4.9**Verteilungsleitungen**

Leitungen von der Transportleitung zu den Hausanschlussleitungen (siehe Bild 2)

4.10**duktiler Werkstoffe**

Werkstoffe, die annäherungsweise bis zur Fließgrenze oder bis 0,2 % der Dehngrenze linear elastisch sind und die eine Bruchdehnung von mindestens 14 % aufweisen

4.11**ausgehalste T-Stücke**

werden hergestellt, indem aus dem Rohr ein Stutzen herausgezogen wird, an den das Abzweigrohr angeschweißt wird, der Stutzen ist an ein Übergangstück mit größerer Wanddicke angeschweißt, sodass die Spannungserhöhung am T-Stück — vor der geraden Leitung mit der üblichen Wanddicke — reduziert wird

4.12**hergestellte T-Stücke**

diese T-Stücke werden hergestellt, indem ein Abzweigrohr direkt auf ein Hauptrohr geschweißt wird

4.13**Ermüdungsfestigkeit**

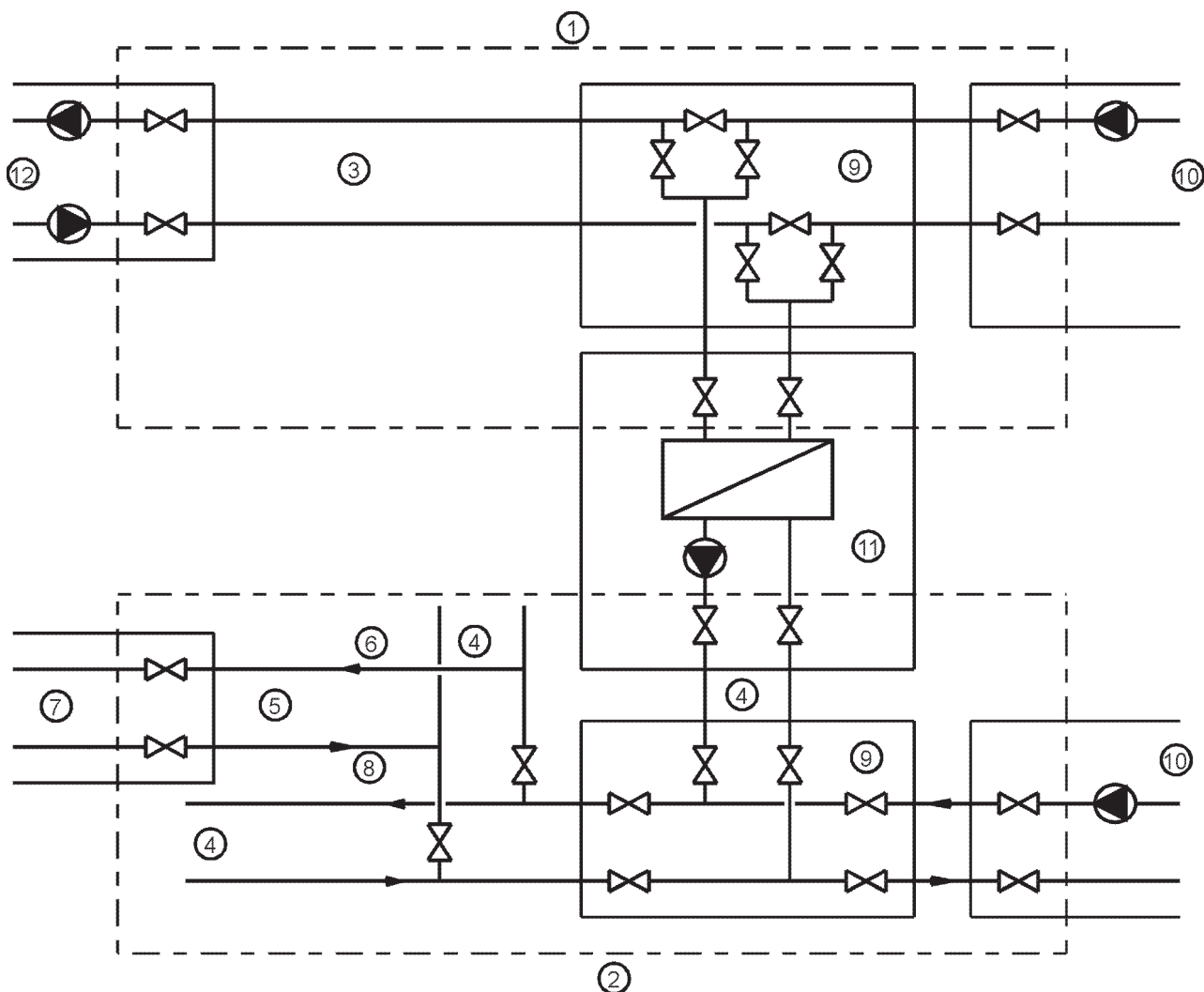
Spannungsschwingbreite als konstanter Betrag, der unter den gegebenen Bedingungen gerade ein Ermüdungsversagen verursacht

4.14**kraftgesteuerte Einwirkung**

Einwirkung, die unabhängig von der Verformung des Bauwerks ihre Größe beibehält, z. B. Druck und Gewicht

4.15**Hausanschlussleitung**

Leitung von der Verteilleitung zu einem Verbraucher, siehe Bild 2



Legende

- 1 Transportsystem
- 2 Verteilsystem
- 3 Transportleitung
- 4 Hauptleitung
- 5 Hausanschlussleitung
- 6 Vorlaufleitung
- 7 Verbraucher
- 8 Rücklaufleitung
- 9 Armatureschacht
- 10 Wärmeerzeugung
- 11 Wärmetauscherstation
- 12 Pumpstation

Bild 2 — Verteil- und Transportsysteme

4.16

Verlegetemperatur

Temperatur, die während der Montage oder Verlegung vorherrscht

4.17

Hauptleitung

Leitung zur Versorgung mehrerer Heizungsanlagen, siehe Bild 2

4.18**Anzahl gleichwertiger Vollastwechsel**

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

4.19**Betriebsdruck**

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

Anwendungsregel:

Dies ist im Allgemeinen der Innendruck, der notwendig ist, um den erforderlichen Mindestdruck beim Verbraucher unter Berücksichtigung der Druckhöhe und der Reibungsverluste zu erzielen.

4.20**Betriebstemperatur**

Temperatur des Wassers in einer Komponente oder Rohrstrecke bei den vorgeschriebenen Betriebsbedingungen

4.21**vorgewärmte Systeme**

Systeme, die zwischen dem Zeitpunkt der Montage und dem Zeitpunkt des Verfüllens auf eine Vorwärmtemperatur erhitzt werden, die es dem System erlaubt, sich ohne zusätzliche Spannungen auszudehnen

4.22**werkmäßig gedämmte Systeme**

bauseitig montierte Systeme aus werkmäßig vorgefertigten Rohrelementen und Komponenten mit Mantelrohr, Wärmedämmung und Mediumrohr

4.23**Druck**

Über- oder Unterdruck im Verhältnis zum normalen Atmosphärendruck. Sofern nichts anderes angegeben ist, bezieht sich der Druck auf den Manometerdruck

4.24**Vorspanntemperatur**

Temperatur, die während der Vorspannung eines vorgewärmten Systems aufgebracht wird

Anwendungsregel:

Die Vorspanntemperatur wird so gewählt, dass eine annähernd mittlere Axialspannung erzielt wird, verglichen mit den axialen Spannungen bei Umgebungstemperatur und maximaler Betriebstemperatur.

4.25**Vergleichsspannung**

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

Anwendungsregel:

Die Gleichungen sind unter 7.4.3 dargestellt.

4.26**resultierende Spannungen**

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

4.27**Betriebslebensdauer**

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

4.28

Mediumrohr

das Stahlrohr, in dem das Heißwasser transportiert wird

4.29

Einmalkompensator

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

4.30

Dehnung

einheitliche Verformung, z. B. Verlängerung oder Verkürzung, durch Längeneinheit

4.31

Spannungsschwingbreite

Differenz zwischen Maximal- und Minimalspannung während eines einzelnen Lastwechsels, wobei die Spannung mit Vorzeichen berechnet wird, siehe Bild 1

4.32

Druckstoß

Wasserschlag

Druckunterschied während einer relativ kurzen Zeitspanne, der als Folge einer Änderung der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers entsteht. Die Änderung kann entstehen infolge von Schließen von Armaturen, Pumpenausfall, Entstehen von Dampfblasen, Ansprechen von Rückschlagventilen, Blockierungen, Leitungsbruch usw.

4.33

System

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

4.34

Temperaturbereich

der absolute Wert des Unterschiedes zwischen den beiden Temperaturextremen, die während eines Lastspiels vorkommen, wobei die betrieblichen und umweltbezogenen Einflüsse berücksichtigt werden, siehe Bild 1

4.35

Prüfdruck

Innendruck, der während der Festigkeitsprüfung (Festigkeitsprüfdruck) oder der Dichtheitsprüfung (Dichtheitsprüfdruck) in der Rohrleitung oder in einem Teil der Rohrleitung entsteht

4.36

Transportleitungen

Rohrleitungen von der Erzeugungsleitung zu den Verteilungsleitungen, siehe Bild 2

4.37

Armaturen und Zubehör

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

4.38

eingeschweißte T-Stücke

sind z. B. geschmiedet und üblicherweise nahtlos

5 Allgemeine Betrachtungen für die Systemauslegung

5.1 Allgemeine Anforderungen

Die Konstruktion und Verlegung von Fernwärmerohrleitungssystemen muss 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 keine Betriebsstörungen Personen und die Umwelt gefährden,
- gute Energiewirtschaftlichkeit,
- gute Betriebseigenschaften,
- gesicherte Versorgung.

Anwendungsregel:

Verlegekosten, Wartungskosten und Betriebskosten, die während der gesamten Lebensdauer des Systems entstehen, sollten in der Systembeurteilung berücksichtigt werden.

Die Beurteilung der Betriebseigenschaften sollte die Kontroll- und Wartungsmöglichkeiten berücksichtigen.

5.2 Betriebslebensdauer

Wenn ein nach dieser Norm ausgelegtes System Temperaturen über 120 °C so lange ausgesetzt wird, dass die nach EN 253:2003, Anhang B festgelegte Anforderung an eine Lebensdauer von 30 Jahren Dauerbetrieb bei einer Temperatur von 120 °C überschritten wird, muss die Lebensdauer der Komponenten bezüglich Altern beurteilt werden.

Anwendungsregel:

Die Mindestanforderung der Typprüfung der EN 253 (basierend auf der Schubspannung zwischen PUR-Schaum und Stahlrohr) ist eine Betriebsdauer von 30 Jahren Dauerbetrieb bei 120 °C.

Wenn eine Lebensdauer bei 120 °C von mehr als 30 Jahren gefordert wird, muss die Alterung gesondert untersucht werden.

5.3 Voruntersuchungen

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

Diese Voruntersuchungen müssen Aspekte der Planungs-, Bemessungs-, 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,
- Verlegetiefe,
- Werkstoffe,
- Abstände zu und Wärmeübertragung an andere(n) Netze(n), Gebäude(n) und Bäume(n),
- Parameter für Bodenmechanik und für Grundwasser usw.

Anwendungsregel:

Die Voruntersuchungen können Aussagen zu folgenden Punkten beinhalten:

- Trassenverlauf,
- Betriebsbedingungen des Systems, z. B. Druck- und Temperaturunterschiede und Anforderungen an die Versorgungssicherheit.

- Funktionsmodus des Systems während Betriebs- und Wartungsphasen sowie Widerstandsfähigkeit gegen die entsprechenden Einwirkungen, z. B.:
 - Belastungen bedingt durch Verlegung und Betrieb,
 - innere und äußere Belastungen und Verformungen,
- Konsequenzen eventuellen Systemversagens,
- Anforderungen der Behörden, Umweltschutzgesichtspunkte und Gesichtspunkte Dritter,
- Ausführungsverfahren.

5.4 Bestimmung der Projektklasse

5.4.1 Risikobewertung

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

Anwendungsregel:

Bei der Bewertung eines möglichen Risikos sollten sowohl die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers als auch die Auswirkungen eines Fehlers in Betracht gezogen werden.

Die **Auswirkungen eines Fehlers** in einem Fernwärmesystem auf die Umgebung sind von Temperatur, Druck und Durchmesser der Rohrleitung abhängig.

Die **Wahrscheinlichkeit eines Fehlers** basiert auf inneren und äußeren Faktoren sowie auf der Qualität der Konstruktion, der Verlegung und des Betriebs.

Mögliche Risiken sind

- das Entweichen von Heißwasser als Folge von Rohrleitungsbruch oder Undichtheit, das Verbrühung, Überschwemmung, Tunnelbildung usw. verursachen kann,
- Beschädigung der Anlage mit Unterbrechung der Wärmeversorgung,
- Beschädigung der Anlage mit Risiko einer Ausbreitung des Schadens im System,
- Verlust der Versorgungssicherheit.

Die Folgen eines Fehlers können das ganze System oder nur einen Systemabschnitt betreffen.

Die Projektklasse bestimmt die Anforderungsstufe für die Auslegung und die Verlegung der Rohrleitung.

5.4.2 Projektklassen

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

Basierend auf Voruntersuchungen und Risikobewertung muss das Rohrsystem in eine der folgenden Klassen eingestuft werden:

Tabelle 1 — Projektklassen

Projektklasse A	— Rohre kleinen oder mittleren Durchmessers mit niedrigen axialen Spannungen — Rohre mit geringem Risiko hinsichtlich Personen- oder Umweltschäden — Rohre mit geringem Risiko für wirtschaftliche Verluste
Projektklasse B	— Große axiale Spannungen, Rohre kleinen oder mittleren Durchmessers
Projektklasse C	— Rohre großen Durchmessers und/oder mit hohem Druck — Rohre mit einem größeren Risiko hinsichtlich Personen- oder der Umweltschäden — Spezielle oder komplexe Konstruktionen

Anwendungsregel:

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

Systemteile, die nicht unmittelbar unter Druck stehen, deren Versagen aber einen Leitungsbruch oder eine Undichtheit in einem unter Druck stehenden Rohrabschnitt verursachen kann, werden der gleichen Klasse wie der unter Druck stehende Abschnitt zugeordnet.

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

Basierend auf den zu erwartenden Auswirkungen werden die Projektklassen A, B und C mittels Bild 3 festgelegt:

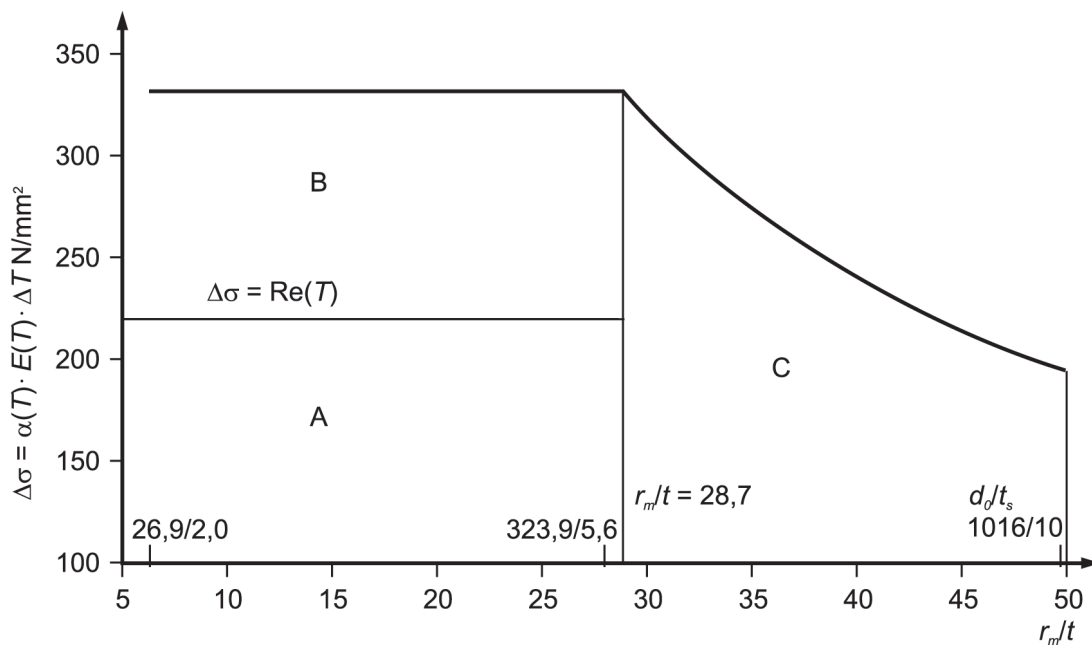


Bild 3 — Definition der Projektklassen für Stahl mit einer Mindeststreckgrenze von $R_e(23\text{ °C}) = 235\text{ N/mm}^2$

Tabelle 2 — Anforderungen der Projektklassen

Projektklasse Bild 3	Schweißnaht- kontrolle 8.5.8	Ermüdungs- analyse 7.4.2	Dokumentation
A	$\geq 5\%$	$\gamma_{\text{fat}} = 5$	Allgemeine Dokumentation, 7.2
B	$\geq 10\%$	$\gamma_{\text{fat}} = 6,67$	Allgemeine Dokumentation, 7.2
C	$\geq 20\%$	$\gamma_{\text{fat}} = 10$	Spezielle Dokumentation erforderlich

Anwendungsregel:

Bezüglich der Projektklasse müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Anforderungen an die Dokumentation,
- Bestimmung von γ_{fat} in Palmgren-Miner-Gleichung,
- Anforderungen an das Schweißen,
- Umfang der Kontrolle der Schweißnähte,
- Qualitätssicherung und Kontrollumfang.

Eine Anlage kann immer in eine höhere Projektklasse eingestuft werden, als auf Bild 3 beschrieben.

Anwendungsregel:

Folgende Bedingungen können die Wahl einer höheren Projektklasse erfordern:

- Systemauslegung und Komplexität,
- Boden- und Grundwasserbedingungen,
- Verkehrsbedingungen,
- Lage in Verhältnis zu anderen baulichen Anlagen und Versorgungsnetzen,
- Erfahrungen mit ähnlichen Anlagen,
- neue Verfahren,
- Lage der Rohrleitung und Möglichkeiten der Instandhaltung und des Austausches.

5.5 Projektdokumentation

5.5.1 Allgemeines

Jede Verlegung 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.

Wenn die Verlegung während der Ausführung geändert wird, muss auch die Projektdokumentation entsprechend geändert werden.

Die allgemeine Projektdokumentation muss für alle Klassen Folgendes umfassen:

- allgemeine Betriebsdaten,
- Rohrleitungsdaten,
- Festlegungen für die Qualitätssicherung.

5.5.2 Betriebsdaten

Betriebsdaten:

- erwartete Lebensdauer, Auslegungsdruck und Auslegungstemperatur,
- Anzahl der Betriebstemperatur- und -druckzyklen und deren Dauer während der Lebensdauer der Rohrleitung (erwartete Betriebsbedingung während der erwarteten Lebensdauer).

Anwendungsregel:

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

5.5.3 Rohrleitungsdaten

Daten bezüglich Verlegeort, Werkstoffen und besonderen Festlegungen.

a) Daten bezüglich Rohrleitungstrasse:

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

- eine Karte der geplanten Trasse,

- Längenprofil,
- die Lage der Rohrleitung in Bezug zu anderen baulichen Anlagen, einschließlich quer- oder parallelverlaufender Rohrleitungen oder Kabel, Gebäude oder anderer Hindernisse,
- Lage von horizontalen und vertikalen Bögen, T-Stücken und Reduzierstücken, Mantelrohren, Festpunkten, Betonkanälen usw.,
- Informationen über Tiefbauarbeiten und Sonderkonstruktionen.

Anwendungsregel:

Die oben genannten Daten können wie folgt bereitgestellt werden:

- ein Lageplan mit, falls erforderlich, einer Angabe des Gebiets, das in den einzelnen Trassenkarten behandelt wird,
- Trassenpläne oder ähnliche Zeichnungen,
- Detailpläne und Zeichnungen von baulichen Standardanlagen mit Angabe der Trassenpläne, auf die sie sich beziehen, und mit sämtlichen Informationen, die für die Bewertung der Konstruktion und der Installation benötigt werden.

Die folgenden Zeichnungen können benötigt werden:

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

b) Daten bezüglich Rohrleitungsmaßen:

- Außendurchmesser und Toleranzen,
- Nennwanddicke und Toleranzen,
- relevante Daten über Formstücke, einschließlich Krümmungsradien und anderer Informationen über das Rohrleitungselement (Reduzierstücke, T-Stücke usw.),
- eventuelle Korrosionszuschläge,
- Daten über angrenzende bauliche Anlagen und Stützvorrichtungen, welche die Verteilung der auf das Mediumrohr einwirkenden Kräfte beeinflussen.

c) Werkstoffdaten:

- Werkstoffspezifikationen und -zertifikate.

d) Verlegedaten:

Informationen können u. a. zu folgenden Aspekten erforderlich sein:

- jegliche auf die Rohrleitung angewandte Vorspannung, die behandelte Stelle und die Verfahren der Vorspannung,
- kleine Winkelabweichungen und zulässige Radien der elastischen Krümmung in der Rohrleitung, sowohl dauerhafte als auch zeitweilige,
- Prüfdruck,

— Verlegetemperatur.

e) Bauzeichnungen:

— Eintragung des Standortes.

Anwendungsregel:

Ein Verlegeplan sollte die Punkte a) bis d) umfassen.

5.5.4 Festlegungen für die Qualitätssicherung

Anwendungsregel:

Für jedes Projekt sollte ein Qualitätssicherungsplan erarbeitet werden.

Die Qualitätssicherung kann zum Beispiel in fünf Stufen eingeteilt werden:

- Beschaffung,
- Auslegung,
- Verlegung und Zulassung,
- Inbetriebnahme,
- Betriebsphase.

Die Qualitätssicherung sollte für jede Stufe hinsichtlich der folgenden Bereiche gesichert sein:

- Leitung und Organisation der Qualitätssicherung,
- Leitung und Organisation der Kontrolle.

Folgendes wird empfohlen:

- Vergleich des Projektentwurfes mit den vorgeschriebenen Vorgaben und den angenommenen Betriebsbedingungen,
- Konstruktionsprüfung,
- Prüfung der werkmäßig gedämmten Komponenten,
- Prüfung jeder Ausführungsphase mit besonderer Beachtung der Konstruktionsdetails,
- Einfordern der im Qualitätssicherungsplan festgelegten Kontrollen, Prüfungen und Zertifikate für die verwendeten Werkstoffe vor Inbetriebnahme der Anlage.

Während jeder Phase der Ausführung sollten Lieferant, Hersteller und Eigentümer die komplette Dokumentation aktualisieren:

- Beschreibung der Werkstoffe,
- Qualitätssicherungsplan,
- Planungsunterlagen (Bemessungsprotokoll),
- Unterlagen zur Inbetriebnahme,
- Wartungsunterlagen,
- Prüfbescheinigung für die Werkstoffe, Qualifikationsnachweise des ausführenden Personals, Schweißungen, Prüfungen usw., wie im Qualitätssicherungsplan vorgesehen, Abnahmeprotokoll.

6 Komponenten und Werkstoffe

6.1 Grundanforderungen

6.1.1 Allgemeines

Werkmäßig gedämmte Verbundrohrsysteme für die Fernwärme mit Verbundrohren aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und einem Außenmantel aus Polyethylen hoher Rohdichte müssen mindestens den Grundanforderungen der folgenden Normen an die Werkstoffe entsprechen: EN 253, EN 448, EN 488 und EN 489.

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

Beim Entwurf des Systems sind die Eigenschaften der Komponenten als Werte zu berechnen, die während der gesamten Betriebslebensdauer des Systems gelten.

Anwendungsregel:

Eigenschaften, welche die Betriebslebensdauer des Systems nicht direkt beeinflussen, wie z. B. die Wärmeleitfähigkeit, sollten mit gewichteten Durchschnittswerten berechnet werden.

6.1.2 Nicht genormte Komponenten

Wenn die für den Transport des Heißwassers eingesetzten werkmäßig gedämmten Rohre, Formstücke und Verbindungen nicht Gegenstand der oben genannten Normen sind, muss die Erfüllung der nötigen Anforderungen an Werkstoffeigenschaften, Festigkeit und Dauerhaftigkeit auf der Basis von anderen entsprechenden Europäischen Normen belegt werden, oder es muss auf andere geeignete Weise nachgewiesen werden, dass die Eigenschaften und die Auslegung des Systems während der gesamten technischen Lebensdauer des Systems den Funktionsanforderungen dieser Norm genügen.

Nicht genormte Komponenten müssen die Anforderungen der genormten Komponenten erfüllen, wann immer diese anwendbar sind.

6.2 Stahlrohrkomponenten

6.2.1 Allgemeines

Die Stahlrohrkomponenten, die vom Anwendungsbereich dieser Norm abgedeckt sind, sind die folgenden:

- gerades Rohr,
- Bögen,
- T-Stücke und Abzweigungen,
- Reduzierstücke und Verlängerungen,
- andere Stahlkomponenten, wie Wanddurchführungen und Einmalkompensatoren.

6.2.2 Dokumentation

Alle Stahlrohre und Komponenten, die für die Herstellung von Rohrsystemen nach dieser Norm verwendet werden, müssen mindestens mit einem 3.1.B-Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204 geliefert werden.

Der Hersteller muss die Dokumentation der Abnahmeprüfzeugnisse aufbewahren.

6.2.3 Kennwerte für Stahl

6.2.3.1 Allgemeines

Zur Herstellung von Stahl-Mediumrohren sind entweder geschweißte Rohre nach EN 10217-2 oder EN 10217-5 oder nahtlose Rohre nach EN 10216-2 mit Durchmessertoleranzen nach EN 253 zu verwenden.

Anwendungsregel:

Die in EN 253 festgelegten Toleranzen für den Durchmesser sind strenger als die in den oben genannten Stahlnormen.

Alternativ dürfen gleichwertige Europäische oder nationale Normen verwendet werden.

6.2.3.2 Stahl mit festgelegten Eigenschaften für erhöhte Temperaturen

Die Werte für die Streckgrenze bei Bemessungstemperatur sind aus der in den entsprechenden Werkstoffnormen angegebenen Mindeststreckgrenze oder aus dem dort angegebenen Wert für 0,2 % der Dehngrenze bei erhöhter Temperatur abzuleiten. Diese festgelegten und für den Lieferzustand zugesicherten Mindestwerte können für Planungszwecke verwendet werden, wenn nicht auf Grund vorhergehender Wärmebehandlungsmaßnahmen niedrigere Werte anzusetzen sind. In solchen Fällen muss der zu verwendende Wert von den entsprechenden Vertragsparteien vereinbart werden.

Wenn ein Stahlrohr oder eine Rohrkomponente ohne das erforderliche Zertifikat nach 6.2.2 geliefert wird, muss die Mindeststreckgrenze durch einen zusätzlichen Sicherheitsbeiwert von $\gamma_{m,yield} = 1,2$ dividiert werden. (Dieser Faktor ist mit dem Teilsicherheitsbeiwert für das Fließen des Grundwerkstoffes nach 7.4.2 zu multiplizieren.)

Anwendungsregel:

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 entsprechenden Norm festgelegten Werte für die Streckgrenze angesetzt werden.

6.2.3.3 Stahl ohne für erhöhte Temperaturen festgelegte Eigenschaften

In Fällen, in denen Werkstoffnormen für unlegierte und niedrig legierte Stahlsorten keinen spezifischen Wert für die Streckgrenze bei erhöhten Temperaturen festlegen, wird folgende Gleichung verwendet:

$$R_{p0,2} = R_m \frac{720 - T}{1400}; \text{ für } 50^\circ\text{C} \leq T \leq 140^\circ\text{C}$$

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

Anwendungsregel:

Die folgenden Gleichungen sollten für unlegierten und niedrig legierten Stahl für Temperaturen bis 140°C angewandt werden:

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

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

Für einfache Konstruktionen und Temperaturen bis 100°C kann für das Produkt $E \cdot \alpha$ der Wert $2,52 \text{ N/mm}^2 \cdot \text{K}$ verwendet werden.

6.2.4 Spezifische Anforderungen an Rohrbögen und T-Stücke

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

Rohrbögen und T-Stücke sind üblicherweise aus einem Stahl mit gleicher (oder höherer) Mindeststreckgrenze als die dazugehörigen geraden Rohre herzustellen.

Bei der Montage eines Bogens oder eines T-Stückes in ein Rohrsystem darf die Nennwanddicke des Bogens oder des T-Stückes an den Schweißenden üblicherweise nicht geringer sein als die Nennwanddicke der dazugehörigen geraden Rohren.

Es dürfen nur Abzweige mit aufgeschweißten Stutzen verwendet werden. Der Einsatz von Abzweigen, die in das Hauptrohr eingeschweißt sind, ist nicht erlaubt.

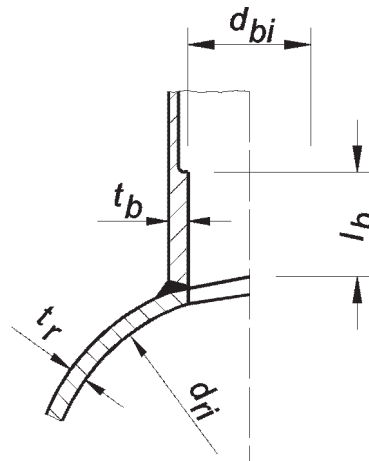


Bild 4 — T-Abzweig mit aufgesetztem Stutzen

Eine Verstärkung der T-Stücke kann durch die Erhöhung der Wanddicke des Hauptrohres und/oder des Abzweigrohres oder durch eine scheibenförmige Verstärkung des Hauptrohres erreicht werden, um dem Innendruck, den Biegemomenten und der axialen Druckkraft entsprechend den Anforderungen der Anhänge A und C standzuhalten.

Anwendungsregel:

Bei ausgehalsten T-Stücken für Projektklasse C sollte die zulässige Spannung im Allgemeinen auf 90 % von σ_d in 6.2.3 reduziert werden.

6.2.4.1 Scheibenförmige Verstärkungen

Die Verstärkung der T-Stücke mittels scheibenförmiger Verstärkungen in Projektklasse C wird auf ein Durchmesser Verhältnis von $d_{ob}/d_{or} \leq 0,8$ beschränkt, wobei d_{ob} und d_{or} der Außendurchmesser des Abzweiges beziehungsweise des Hauptrohres sind.

6.2.5 Spezifische Anforderungen an Reduzierstücke und Verlängerungen

Der Werkstoff des Reduzierstückes muss die gleiche oder eine höhere Streckgrenze als die dazugehörigen geraden Rohre aufweisen.

Anhang A legt zusätzliche Anforderungen an nicht genormte Komponenten fest.

Anwendungsregel:

Alternativ zu ISO 3419 darf eine gleichwertige Europäische oder nationale Norm verwendet werden. Siehe EN 448:2003, 4.1.5.

6.2.6 Spezifische Anforderungen an andere Komponenten

Andere Komponenten, wie z. B. Wanddurchführungen und Einmalkompensatoren, werden als nicht genormte Komponenten betrachtet, die den Bedingungen von 6.1.2 unterliegen.

6.3 Polyurethan-Schaumstoffdämmung

Die Wärmedämmung muss den Anforderungen von EN 253 entsprechen.

Anwendungsregel:

Kennwerte für PUR-Schaum:

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

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

Hinsichtlich der Dicke der Wärmedämmung siehe Anhang D.

6.4 PE-Mantel

Der PE-Mantel und das Schweißen des PE-Mantels müssen den Anforderungen nach EN 253, EN 448 und EN 489 entsprechen.

6.5 Dehnpolster

Die Werkstoffe, die für Dehnpolster verwendet werden, müssen die benötigte Flexibilität aufweisen, chemisch stabil sein und die erforderliche Festigkeit während der gesamten Betriebslebensdauer des Rohrleitungssystems für den Bemessungstemperaturbereich aufweisen.

Die Dicke des Dehnpolsters wird so ausgewählt, dass die Oberflächentemperatur am PE-Mantel 50 °C nicht übersteigt.

Der Elastizitätsmodul muss als Funktion der Lastverformungskurve (Stauchkurve) auf der Grundlage von Prüfungen durch den Hersteller festgelegt werden.

Anwendungsregel:

Das Dehnpolster sollte geschlossenzellig und kompressibel sein, damit es die Verschiebung des eingearbeiteten Rohres aufnehmen kann.

Wenn Lastverformungskurven aus einachsigen Prüfungen verwendet werden, sollte beachtet werden, dass die Dehnpolster in der Praxis auf Grund der Poisson-Zahl etwa die zweifache Festigkeit haben.

6.6 Armaturen und Zubehör

6.6.1 Allgemeine Anforderungen

Werkmäßig gedämmte Armaturen müssen EN 488 entsprechen.

Die verwendeten Werkstoffe und die Herstellungsverfahren müssen derart sein, dass die geplanten Systemanforderungen über die gesamte Betriebslebensdauer erfüllt werden können.

Armaturen und Zubehör müssen hinsichtlich ihrer Maße so ausgelegt 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 die hohen axialen Druckkräfte in eingespannten Rohrleitungsteilen aufgenommen werden können.

Werkmäßig gedämmte Armaturen für die Erdverlegung müssen so ausgelegt sein, dass sie so wenig Wartung wie möglich erfordern.

Alle werkmäßig gedämmten Komponenten müssen voll geschweißt sein.

6.6.2 Kennzeichnung und Dokumentation

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

Die Nachweisdokumentation ist vom Hersteller aufzubewahren.

Anwendungsregel:

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

Diese Erklärung muss folgende Bemessungsdaten enthalten:

- Werkstoff und Gütegrad
- max. Betriebsdruck
- max. axiale Spannung für gerade Rohrteile oder maximale axiale Kraft
- max. Biegemoment (für Armaturen, Einmalkompensatoren)
- Verlegeverfahren:
 - A: Herkömmliche Verlegeverfahren (z. B. Vorwärmung, Einmalkompensatoren)
 - B: Kaltverlegung

7 Einwirkungen und Grenzzustände

7.1 Allgemeines

Für Konstruktion und Berechnung muss eine ausreichende Dokumentation bereitgestellt werden, um nachzuweisen, dass das Rohrleitungssystem allen entsprechenden Einwirkungen standhalten kann und die Sicherheits- und Funktionsanforderungen während der gesamten Betriebslebensdauer erfüllt werden können.

Anwendungsregel:

Für die Auslegung und Berechnung eines gegebenen Rohrnetzes kann das auf Bild 5 dargestellte Verfahren angewendet werden. Es besteht aus folgenden Phasen:

- Phase I Auswertung der Konstruktionsdaten.
- Phase II Klassifizierung der Einwirkungen.
- Phase III Unterteilung der Rohrleitung entlang der vorgeschlagenen Trasse in Abschnitte für die Spannungsanalyse.
- Phase IV Bestimmung der Projektklasse und Optionen für die vereinfachte Analyse.
- Phase V Auswahl der zu berücksichtigenden Einwirkungskombinationen.
- Phase VI Berechnung der Grenzzustände (und der zu verwendenden Sicherheitsbeiwerte).
- Phase VII Bestimmung der Querschnittskräfte und Verschiebungen auf Grund der berechneten Einwirkungskombinationen.
- Phase VIII Berechnungen der Spannungen (und/oder Dehnungen).
- Phase IX Auswahl der Bewertungskriterien (Grenzzustände und zugehörige Grenzwerte).
- Phase X Prüfung der berechneten Spannungen, Dehnungen und Verformungen anhand der Grenzwerte.

Folgende Faktoren bestimmen den Umfang der Analyse für jeden der oben genannten Schritte:

- die Komplexität des Rohrleitungssystems in dem jeweiligen Abschnitt,
- die physikalischen Rohrparameter,
- die Projektklasse.

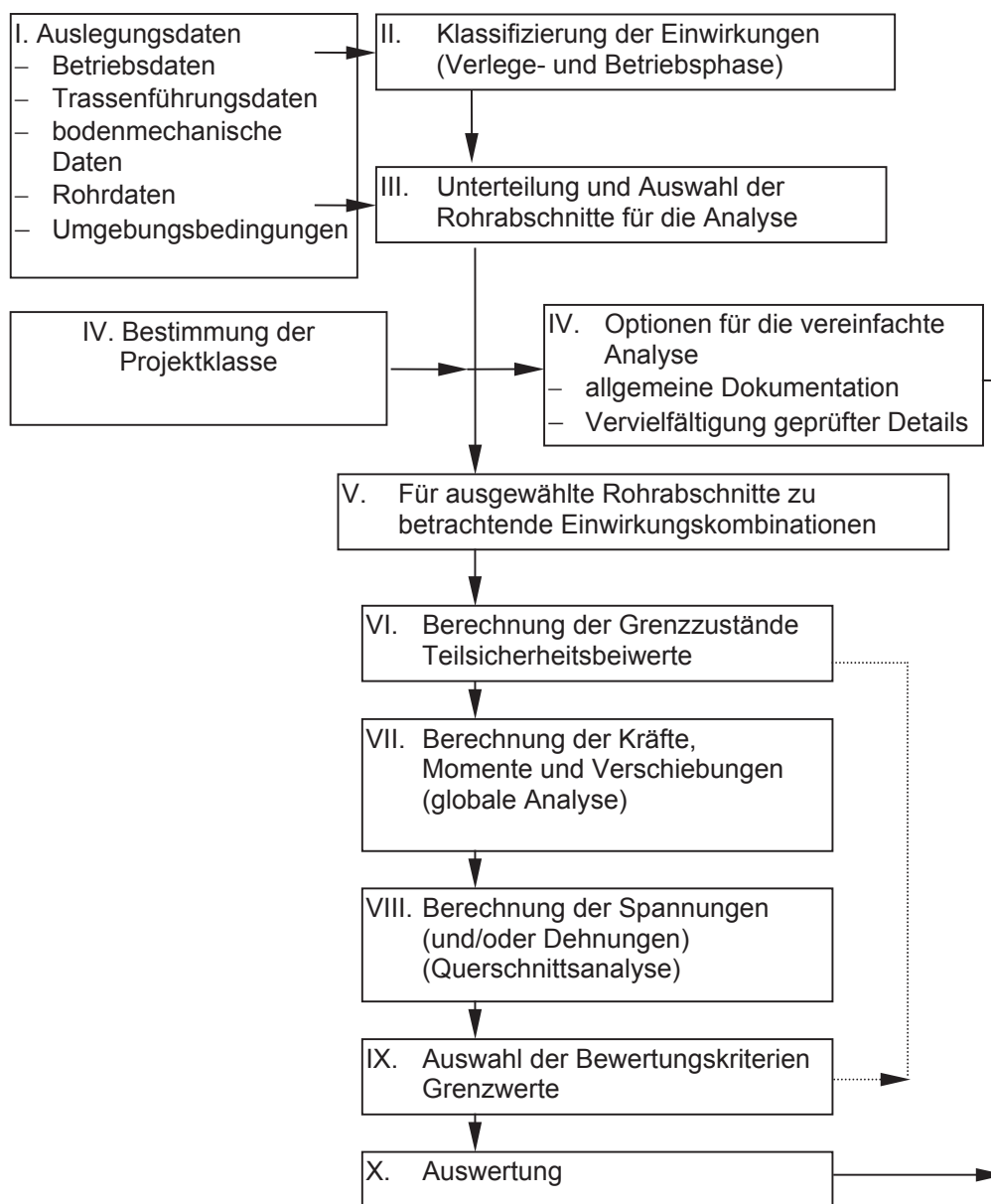


Bild 5 — Ablaufdiagramm für die Auslegung von Fernwärmenetzen

7.2 Vereinfachtes Analyseverfahren

In den Projektklassen A und B können die Berechnung und die Verlegung auf der Basis einer allgemeinen Dokumentation vorgenommen werden, vorausgesetzt, dass diese mit den Anforderungen dieser Norm übereinstimmt und die Voraussetzungen entsprechend den örtlichen Bedingungen (Druck, Temperatur, Verkehrsgegebenheiten usw.) erfüllt werden.

Anwendungsregel:

Eine allgemeine Dokumentation können z. B. Werksnormen oder Herstellerhandbücher sein, vorausgesetzt, das Werk oder der Hersteller verfügt über eine Dokumentation, die nachweist, dass bei Werksnormen und Herstellerhandbüchern Übereinstimmung mit dieser Norm gegeben ist.

Bewährte Bauelemente können auf der Basis vorhandener Erfahrungen installiert werden, wenn die neue Konstruktion nicht härteren Bedingungen ausgesetzt ist.

Anwendungsregel:

Das Ermüdungsverhalten sollte immer anhand der geschätzten gleichwertigen Anzahl voller Temperaturlastwechsel für das betrachtete Rohrleitungssystem überprüft werden, siehe C.5.2. Die Anzahl der Lastwechsel muss kleiner sein als die Anzahl der vollen Temperaturlastwechsel, die in der allgemeinen Dokumentation angenommen sind (Mindestwerte siehe Tabelle 4).

7.3 Einwirkungen

7.3.1 Allgemeines

Die Einwirkungen müssen auf eine Weise bestimmt werden, die durch die verwendeten Berechnungsmodelle ausreichend dokumentiert, dass die Verlegung die gegebenen Funktionsanforderungen erfüllt.

Anwendungsregel:

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

Das Eigengewicht darf in den meisten Fällen auf der Basis der Nennmaße und der durchschnittlichen Massen der Einheiten berechnet werden.

Für die Bewertung der Einwirkungen und der möglichen Kombinationen von Einwirkungen müssen die Verlege- und Betriebsphase und jede mögliche zukünftige Änderung der Verwendung der gegenwärtigen Verlegung und der Umgebung berücksichtigt werden.

Anwendungsregel:

Die Verlegephase umfasst Transport, Handhabung, Schweißen, Montage, Verfüllen des Rohrgrabens, Prüfung und Inbetriebnahme (hierbei ist zu beachten, dass während der Verlegephase auftretende Einwirkungen während der Betriebsphase noch andauern können, z. B. Vorspannung).

Die Betriebsphase umfasst die Situation nach Fertigstellung der Installation, gleichgültig ob die Rohrleitung in Betrieb ist oder nicht.

Die Bemessungswerte der Einwirkungen werden durch Multiplizieren (oder Dividieren) der Kennwerte mit (durch) Teilsicherheitsbeiwerte(n) γ_a ermittelt.

7.3.2 Klassifizierung der Einwirkungen

Die Einwirkungen und die Teilsicherheitsbeiwerte, die bei der Auslegung berücksichtigt werden müssen, sind in Tabelle 3 dargestellt.

Die Einwirkungen können wie folgt eingeteilt werden:

- kraftgesteuerte Einwirkungen und
- dehnungsgesteuerte Einwirkungen.

Tabelle 3 — Klassifizierung von Einwirkungen und Teilsicherheitsbeiwerten

Kraftgesteuerte Einwirkungen	Teilsicherheitsbeiwerte γ_a
Druck	
— Betriebsdruck	1,2
— Druckstoß; Anmerkung 1	1,2
— Außendruck	1,05
— Inneres Vakuum; Anmerkung 2	1,2
— Prüfdruck	1,0
Ständige Einwirkungen Eigengewicht	
Verbundrohr	1,0
Wasser	1,0
Zubehör (Armaturen usw.)	1,0
Auftrieb	1,2
neutraler/passiver Bodendruck; siehe Anmerkung 4	1,0 bis 1,5
Setzungen; Anmerkung 3	1,2
Veränderliche Einwirkungen; siehe Anmerkung 4	1,0 bis 1,5
— Verkehr	
— Wind	
— Schnee	
Dehnungsgesteuerte Einwirkungen	
Temperaturschwankungen	1,0
— Schwankungen während des Betriebs	
— Anfahr- und Abfahrzyklen	
— laterale Bodenreaktionen	
— Reibung zwischen Boden und Rohr	
Ständige Einwirkungen	
Vorspannung	
thermisch, elektrisch,	1,0
mechanisch	1,5
Setzungen; Anmerkung 4	1,0
Setzungsdifferenz	1,2
Verformungen während der Verlegung	1,0
ANMERKUNG 1 Anwendungsregel: Bei Entwurf und Betrieb sollten Vorkehrungen getroffen werden, um das Risiko gefährlicher Druckstöße zu reduzieren. In der Projektklasse C sollten die Wahrscheinlichkeit und die Konsequenzen von Druckstößen analysiert werden. ANMERKUNG 2 Der Bemessungsdruck für Vakuum beträgt ≥ -1 bar. ANMERKUNG 3 Wenn nicht angenommen werden kann, dass das Rohr den Setzungsbewegungen des Bodens folgt, sollte das Gewicht des Erdreichs als eine kraftgesteuerte Einwirkung betrachtet werden. ANMERKUNG 4 Abhängig von der Norm, die für diese Einwirkung herangezogen wird.	

7.4 Grenzzustände

7.4.1 Allgemeines

Rohrleitungen für Fernwärmesysteme müssen derart bemessen und gebaut werden, dass die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung eines Grenzzustandes der Tragfähigkeit oder eines Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit während der geplanten Betriebslebensdauer ausreichend gering ist.

Anwendungsregel:

Das im Folgenden beschriebene Verfahren ist eine Möglichkeit nachzuweisen, dass die oben angeführten funktionellen Anforderungen erfüllt sind.

Die Auslegungswerte der Einwirkungen für die berechneten Spannungen, Dehnungen und Verformungen dürfen nicht bewirken, dass die entsprechenden Grenzzustände der Rohrwerkstoffe überschritten werden.

Die erforderliche Sicherheitsspanne zwischen „Betriebszustand“ der Rohrleitung und dem Grenzzustand wird mit den Begriffen „Kennwert“, „Teilsicherheitsbeiwert“ und „Bemessungswert der Einwirkung“ angegeben.

Anwendungsregel:

Die (Rest-) Unsicherheiten, die durch die Teilsicherheitsbeiwerte behoben werden sollen, sind unter anderem:

- die Möglichkeit, dass die Einwirkung den Kennwert übersteigt,
- die Möglichkeit, dass die tatsächlichen Werte für die Festigkeit der Rohrleitungen niedriger als die verwendeten Kennwerte sind,
- Abweichungen von den physikalischen Gegebenheiten, auf Grund des für den Analyseprozess gewählten Berechnungsmodells.

Grenzzustände der Tragfähigkeit sind solche, die mit einem Bruch oder anderen Formen des Versagens der Konstruktion verbunden sind:

- Versagen durch plastische Verformung (Grenzzustand A),
- Bruch durch Ermüdung (niedrige oder hohe Lastwechselzahlen) (Grenzzustand B),
- Instabilität des Rohrleitungssystems oder eines Teiles davon (Grenzzustand C),
- Undichtheit (durch andere Faktoren verursacht, z. B. Korrosion oder durch Dritte verursachte Schäden), die die Sicherheit beeinträchtigen kann.

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind solche Zustände, bei denen, sofern sie überschritten werden, vorgeschriebene Betriebskriterien nicht mehr eingehalten werden:

- Verformungen oder Ausknickungen, die den effektiven Einsatz oder die Wartung des Rohrleitungssystems beeinträchtigen oder Schäden an Oberflächen oder Komponenten verursachen, die nicht Teil des Rohrleitungssystems sind, z. B. montierte Geräte und/oder angrenzende bauliche Anlagen (Grenzzustand D).

7.4.2 Grenzzustände für Stahl-Mediumrohre

7.4.2.1 Allgemeines

Für Stahlrohre sind die folgenden Grenzzustände von den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit abgeleitet:

7.4.2.2 Grenzzustand A: Versagen durch plastische Verformung

Grenzzustand A1: Grenzzustand der Tragfähigkeit, hervorgerufen durch eine hohe Einzellast (Lasttragfähigkeit)

Grenzzustand A2: Grenzzustand der Tragfähigkeit, hervorgerufen durch wenige Einwirkungen (schrittweise plastische Verformung)

Für Einwirkungen werden die Teilsicherheitsbeiwerte γ_a nach Tabelle 3 angewendet.

Grenzzustand A1: Grenzzustand der Tragfähigkeit, hervorgerufen durch eine hohe Einzellast (Lasttragfähigkeit)

Ein im Gleichgewicht stehender Spannungszustand ist ein Bereich, der erforderlich ist, um die Gleichung für kraftgesteuerte Einwirkungen zu erfüllen.

Die entsprechende Spannungsintensität an jedem Punkt der baulichen Anlage darf nicht größer sein als der typische Werkstoffparameter, dividiert durch den Teilsicherheitsbeiwert.

Die Verlegung, einschließlich Armaturen und Zubehör, ist für eine einzelne erhöhte Einwirkung der ungünstigsten Kombination von kraftgesteuerten Einwirkungen zu untersuchen.

Anwendungsregel:

Die Einwirkungskombinationen umfassen Betriebszustand sowie Zustand während der Druckprüfung.

In einigen Sonderfällen müssen die axialen Membrankräfte von dehnungsgesteuerten Einwirkungen bei der Berechnung des Gleichgewichtszustandes ebenfalls berücksichtigt werden (z. B. freitragende Rohre mit hohen axialen Kräften aufgrund der Vorspannung oder Vorwärmung).

Der Auslegung liegt ein elasto-plastisches Werkstoffmodell zugrunde. Bei der Berechnung wird auch bei Spannungen oberhalb der Streckgrenze eine rein linear elastische Beziehung der Spannungen und Dehnungen angewendet.

Bei der Auslegung starrer Komponentenwände mit Membran- und Biegespannungen ist nachzuweisen, dass die folgenden Bedingungen für Hauptspannungen und bei zusammengesetzten Spannungszuständen auch für die Vergleichsspannung erfüllt sind:

$$\left. \begin{matrix} \sigma_m \\ \sigma_{j,m} \end{matrix} \right\} \leq \sigma_d = \frac{R_e(T)}{\gamma_m}$$

$$\sigma_{res} \leq \begin{cases} 1,5 \cdot \sigma_d & \text{für } \sigma_m \leq 0,67 \cdot \sigma_d \\ 2,5 \cdot \sigma_d - 1,5 \cdot \sigma_m & \text{für } \sigma_m > 0,67 \cdot \sigma_d \end{cases}$$

$$\sigma_{j,res} \leq \begin{cases} 1,5 \cdot \sigma_d & \text{für } \sigma_{j,m} \leq 0,67 \cdot \sigma_d \\ 2,5 \cdot \sigma_d - 1,5 \cdot \sigma_{j,m} & \text{für } \sigma_{j,m} > 0,67 \cdot \sigma_d \end{cases}$$

Dabei ist

σ_d die Auslegungsspannung;

σ_m die Auslegungsmembranspannung;

$\sigma_{j,m}$ die Auslegungsvergleichsspannung für die Membranspannungen;

σ_{res} die Gesamtauslegungsspannung aus Membranspannung und Biegespannung;

$\sigma_{j,res}$ die Auslegungsvergleichsspannung für die Gesamtspannungen aus Membranspannungen und Biegespannungen;

γ_m der Teilsicherheitsbeiwert für den Werkstoff.