

DIN EN 13941-1:2022-06 (D)

Fernwärmerohre - Auslegung und Installation von gedämmten Einzel- und Doppelrohr-Verbundsystemen für direkt erdverlegte Fernwärmenetze - Teil 1: Auslegung; Deutsche Fassung EN 13941-1:2019+A1:2021

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	7
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe, Einheiten und Symbole	11
3.1 Begriffe	11
3.1.1 Symbole	12
3.1.2 Abkürzungen	17
4 Allgemeine Anforderungen.....	17
4.1 Funktionale Anforderungen	17
4.2 Nutzungsdauer	18
4.3 Voruntersuchungen.....	18
4.4 Bestimmung der Projektklasse.....	19
4.4.1 Risikobewertung	19
4.4.2 Projektklassen.....	19
4.5 Projektdokumentation.....	22
4.5.1 Allgemeines.....	22
4.5.2 Betriebsdaten	22
4.5.3 Daten bezüglich des Rohrleitungssystems.....	22
4.6 Trassenauswahl und Positionierung der Rohre.....	25
4.6.1 Mindestabstände zwischen parallelen Rohren	25
4.6.2 Parallele Aufgrabungen und Arbeiten von Dritten	26
4.6.3 Mindestabstände zwischen Fernwärmerohrleitungen und unterirdischen Strukturen	26
4.7 Entlüftung und Entleerung.....	26
4.8 Armaturen	27
4.9 Beschaffung von Werkstoffen.....	27
4.9.1 Hersteller der Rohrleitungskomponenten	27
4.10 Qualitätssicherung.....	27
4.10.1 Allgemeines.....	27
4.10.2 Auslegungsphase	27
4.10.3 Installationsphase.....	28
5 Anforderungen an Komponenten und Werkstoffe.....	28
5.1 Grundanforderungen	28
5.2 Stahlmediumrohrteile	29
5.2.1 Allgemeines.....	29
5.2.2 Spezifikation	29
5.2.3 Kennwerte für Stahl.....	30
5.2.4 Spezifische Anforderungen an Rohrbögen und T-Stücke.....	31
5.2.5 Spezifische Anforderungen für kleine Winkelabweichungen	32
5.2.6 Spezifische Anforderungen für Reduzierstücke.....	32
5.3 Polyurethan-Schaumstoffwärmedämmung.....	32
5.4 Ummantelung	33
5.5 Werkstoffe für Ummantelungen und die Wärmedämmung von Montagestößen	33

5.6	Dehnpolster	33
5.6.1	Allgemeines.....	33
5.6.2	Werkstoffe	34
5.6.3	Steifigkeitseigenschaften.....	34
5.6.4	Auswahl der erforderlichen Dicke der Dehnpolster	35
5.6.5	Kennzeichnung	35
5.7	Armaturen und Zubehör	36
5.7.1	Allgemeine Anforderungen.....	36
5.7.2	Kennzeichnung und Dokumentation	36
6	Auslegung und Berechnung	36
6.1	Allgemeines Verfahren.....	36
6.2	Rohrleitungskomponenten, Bereiche, Bedingungen und Schnittstellen, die in die Analyse einfließen müssen.....	37
6.2.1	Systemkomponenten	37
6.2.2	Bereiche, die spezifische Analysen erfordern	38
6.2.3	Besondere Bedingungen	38
6.2.4	Schnittstellen.....	39
6.3	Vereinfachtes Analyseverfahren.....	39
6.4	Einwirkungen	40
6.4.1	Allgemeines.....	40
6.4.2	Klassifizierung der Einwirkungen und Lastkombinationen	40
6.4.3	Temperaturschwankungen.....	42
6.4.4	Oberlast durch den Boden.....	43
6.4.5	Verkehrslasten.....	43
6.5	Globale Analyse und Wechselwirkung zwischen Rohr und Boden	45
6.5.1	Allgemeines.....	45
6.5.2	Modell für die Wechselwirkung zwischen Rohr und Boden.....	45
6.5.3	Rohr-Boden-Reibung (axial)	47
6.5.4	Horizontale Bodenreaktionskraft (lateral)	49
6.5.5	Kombinierte laterale Steife des Stahlmediumrohres, des PUR, der Dehnpolster und des Bodens	54
6.5.6	Bodeneigenschaften	56
6.5.7	Wärmeausdehnung von vergrabenen Rohrabschnitten	56
6.5.8	Rohrleitungssysteme mit Einmalkompensatoren (EKO)	59
6.5.9	Spezifische Anforderungen an vertikale und horizontale Stabilität	61
6.5.10	Parallelaufgrabungen	64
6.5.11	Anforderungen für weiche Böden und Setzungsbereiche.....	65
6.5.12	Spezifische Auslegungsanforderungen für oberirdische Rohrleitungen mit werkmäßig gefertigten Rohr- und Verbundformstücken	65
6.5.13	Verlegung in Schutzrohren	66
6.6	Bestimmung von Spannungen und Dehnungen	66
6.6.1	Allgemeines.....	66
6.6.2	Querschnittsanalysen, Stahl	66
6.6.3	Bewertung basierend auf einer resultierenden (äquivalenten) Spannung	69
6.6.4	Spannungen und Ovalisierung durch Oberlast.....	69
6.6.5	Auslenkung.....	72
6.6.6	Bögen.....	72
6.6.7	T-Stücke.....	73
6.6.8	Einmalkompensatoren (EKO)	76
6.6.9	PUR und Ummantelung	77
6.7	Ermüdungsanalysen.....	78
6.7.1	Allgemeines.....	78
6.7.2	Lastwechsel	79
6.8	Weitere Maßnahmen	81
7	Grenzzustände.....	82
7.1	Allgemeines.....	82
7.2	Grenzzustände von Stahlmediumrohren	83

7.2.1	Allgemeines	83
7.2.2	Grenzzustand A: Versagen aufgrund plastischer Verformung	83
7.2.3	Grenzzustand B: Versagen aufgrund von Ermüdungsbruch	86
7.2.4	Grenzzustand C: Versagen aufgrund „Instabilität des Systems oder von dessen Teilen“	88
7.2.5	Grenzzustand D: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	91
7.2.6	Übersicht über die Grenzzustände für Stahl.....	91
7.3	Grenzzustände für PUR und PE.....	94
7.3.1	Druckspannung.....	94
7.3.2	Grenzzustand für σ_{A1} axiale σ_{A1} Schubspannung.....	94
7.3.3	Grenzzustand für PE	94
7.4	Grenzzustände für Armaturen	95
Anhang A (normativ) Auslegung von Rohrleitungsteilen unter Innendruck		96
A.1	Allgemeines	96
A.2	Gerade Rohre und Bögen	96
A.2.1	Gerade Rohre	96
A.2.2	Bögen.....	96
A.3	T-Stücke und Abzweige	97
A.3.1	Allgemeine Aspekte und Einschränkungen	97
A.3.2	Verstärkung	97
A.3.2.1	Allgemeines	97
A.3.2.2	Unterschiedlicher Werkstoff von Ummantelung und Verstärkung.....	97
A.3.2.3	Dickenverhältnis.....	97
A.3.2.4	Berechnungsverfahren für den Verstärkungsbereich.....	98
A.3.2.5	Verstärkung durch erhöhte Wanddicke.....	98
A.3.2.6	Verstärkung durch scheibenförmige Verstärkungen	99
A.4	Reduzierstücke und Verlängerungen	100
A.5	Kappen	100
A.5.1	Allgemeines	100
A.5.2	Korbbögenförmige Kappe, erforderliche Mindestwanddicke bezogen auf den Innendruck.	101
A.5.3	Gerade zylindrische Ummantelungen	101
Anhang B (informativ) Bodeneigenschaften und geotechnische Parameter für die Analyse von Rohr-		
Boden Wechselwirkungen.....		102
B.1	Allgemeine Anforderungen.....	102
B.2	Geotechnische Parameter für die globale Analyse (Wechselwirkung zwischen Rohr und Boden).....	102
B.3	Geotechnische Studie	103
B.3.1	Feldstudie	103
B.3.2	Typische Werte in Bezug auf Mittelwerte	103
B.3.3	Untersuchung der Grenzflächenreibung	104
B.4	Kennwerte für Bodeneigenschaften.....	104
B.4.1	Typische Werte in Bezug auf Mittelwerte	104
B.4.2	Räumliche Variation der Bodeneigenschaften	105
B.5	Modellunsicherheit bei Bestimmung geotechnischer Parameter	106
Anhang C (informativ) Flexibilität und Spannungserhöhungen von Rohrkomponenten		108
C.1	Allgemeines	108
C.2	Flexibilitätsfaktoren für Rohrkomponenten.....	108
C.2.1	Bögen.....	108
C.2.2	T-Stücke.....	109
C.2.3	Andere Komponenten.....	109
C.3	Spannungserhöhung in Rohrelementen	109
C.3.1	Stumpfschweißverbindungen	109
C.3.2	Bögen.....	109
C.3.2.1	Spannungserhöhungsfaktoren für Bögen: Vereinfachtes Verfahren.....	109
C.3.2.2	Spannungserhöhungsfaktoren für Bögen: exakte Berechnung.....	110
C.3.3	T-Stücke.....	111
C.3.3.1	Allgemeines	111

C.3.4	Kleine Winkelabweichungen.....	113
C.3.5	Reduzierstücke	114
Anhang D (informativ) Berechnung der Wärmeverluste		116
D.1	Allgemeines.....	116
D.2	Wärmeverlust von wärme gedämmten Rohren.....	116
D.2.1	Zwei Einzelrohre – Berechnung des spezifischen Wärmeverlustes	116
D.2.2	Symmetrische und (a) antisymmetrische Wärmeverlustfaktoren nach Multipol-Gleichungen nullter Ordnung:.....	117
D.2.3	Mittels einer Annäherung nullter Ordnung für die (s) symmetrischen und (a) antisymmetrischen Probleme kann die Wärmebeständigkeit berechnet werden:	118
D.2.4	Spezifischer Wärmeverlust von Rohren	118
D.2.5	Doppelrohre — Berechnung des spezifischen Wärmeverlustes	119
D.2.6	Temperatur von Rohren	119
D.2.7	(s) symmetrische und (a) antisymmetrische Wärmeverlustfaktoren nach Multipol-Gleichungen erster Ordnung:.....	120
D.2.8	Spezifischer Wärmeverlust von Rohren	121
Anhang E (informativ) Spezifische Anforderungen an Doppelrohrsysteme		122
E.1	Allgemeines.....	122
E.2	Komponenten und Werkstoffe.....	122
E.2.1	Doppelrohrsystem	122
E.2.2	Fixierungsplatten	123
E.3	Maximal erlaubte Spannungen für spezifische Elemente von Doppelrohrsystemen	123
E.3.1	Projektklassen	123
E.3.2	Bodenreibung, Reibungslänge von Doppelrohren und Rohrausdehnung.....	124
E.3.3	Axiale Spannung in Vorlauf- und Rücklaufstahlmediumrohren.....	125
E.3.4	Maße der Fixierungsplatten	128
E.3.4.1	Allgemeines	128
E.3.4.2	Lasten auf den Fixierungsplatten, Typ A.....	129
E.3.4.3	Lasten auf der Fixierungsplatte, Typ B.....	130
E.3.5	Spannung in der Fixierungsplatte.....	131
E.3.6	Nachweis der Schweißnähte.....	133
E.3.7	Vertikale und horizontale Stabilität von Doppelrohrsystemen im Boden	135
E.3.8	Spannungserhöhungsfaktoren für Bögen, T-Stücke	135
E.3.9	Ermüdung	135
E.4	Installationsanforderungen.....	135
E.4.1	Installationsverfahren.....	135
E.4.2	Abschlüsse von geraden Rohrabschnitten.....	135
E.4.3	Einsatz von gedämmten Doppelrohrarmaturen	135
E.4.4	Einsatz von Übergangselementen (Doppelrohr — Einzelrohr)	135
E.4.5	Anforderungen hinsichtlich des Schweißens und Prüfens von Stahlrohrmediumverbindungen.....	135
Anhang F (normativ) Druckprüfung von Dehnpolstern.....		136
Anhang G (informativ) Grundsätze zur Bestimmung der Biegemomente und Axialkräfte zur Prüfung von Fernwärmearmaturen.....		138
G.1	Einleitung.....	138
G.2	Allgemeine Erwägungen zur Bestimmung der Prüfwerte für Biegemomente	138
G.3	Bestimmung von Biegemomenten aus Bodensetzungen	139
G.4	Berechnungsergebnisse und Bewertung.....	140
G.5	Beständigkeit gegenüber axialen Kräften.....	142
Anhang H (informativ) Anwendungsbereich von EN 13941 in Bezug auf die Druckgeräterichtlinie (PED), 2014/68/EU, 15. Mai 2014		143
H.1	Allgemeines.....	143
H.2	Leitlinien.....	144
Anhang I (informativ) Qualitätssicherungsprogramm und Dokumentation		147
Anhang J (informativ) Ummantelung: Gleichungen für die Miner-Regel.....		150

Anhang K (informativ) Festigkeitsberechnung beim horizontalen Richtbohren	152
K.1 Einleitung.....	152
K.2 Bestimmung der Zugkräfte	153
K.2.1 Zugkraft, resultierend aus dem Rollensystem.....	153
K.2.2 Zugkraft, resultierend aus einem geraden Abschnitt des Bohrloches.....	153
K.2.3 Zugkraft, resultierend aus gebogenen Abschnitten des Bohrloches	155
K.2.3.1 Allgemeine Reibungskraft	155
K.2.3.2 Reibung infolge elastischer Bodenreaktion in gebogenen Abschnitten des Bohrloches	155
K.2.3.3 Reibung infolge axialer Zugkräfte in gebogenen Abschnitten des Bohrloches	156
K.2.3.4 Gesamtkraft in einem gebogenen Abschnitt.....	157
K.2.4 Gesamtzugkraft.....	157
K.3 Bestimmung des Längsbiegemoments	158
K.4 Bestimmung des umlaufenden Biegemoments durch Oberlast.....	158
K.5 Bestimmung der Spannung	158
K.6 Bewertung eines möglichen Zusammenbruchs der Rohrleitung aufgrund des externen Bohrspülungsdrucks oder des externen Grundwasserdrucks (Risiko des Ausknickens)	158
K.7 Bewertung des maximalen Bodendrucks auf dem PUR und der Ummantelung.....	158
K.8 Bestimmung des höchsten zulässigen Drucks im Bohrloch	159
K.9 Vertikale Bodenlast nach Fertigstellung des horizontalen Richtbohrens (HDD)	159
K.9.1 Einleitung.....	159
K.9.2 Wölbung	159
K.9.3 Berechnungsverfahren für vertikale Bodenlasten (homogene Bodenmasse).....	159
K.9.4 Berechnungsverfahren zur Bestimmung des horizontalen Stützdrucks (mit reduzierter vertikaler Last)	160
Literaturhinweise	161