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 (EKOs) 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 (EKOs) 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 [A1] axiale [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 wärmegedämmten 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