

DIN EN 13480-3

ICS 23.040.01

Ersatz für
DIN EN 13480-3:2014-12,
DIN EN 13480-3
Berichtigung 1:2015-12,
DIN EN 13480-3
Berichtigung 2:2016-10 und
DIN EN 13480-3/A1:2017-11

**Metallische industrielle Rohrleitungen –
Teil 3: Konstruktion und Berechnung;
Deutsche Fassung EN 13480-3:2017**

Metallic industrial piping –
Part 3: Design and calculation;
German version EN 13480-3:2017

Tuyauteries industrielles métalliques –
Partie 3: Conception et calcul;
Version allemande EN 13480-3:2017

Gesamtumfang 367 Seiten

DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13480-3:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 267 „Metallische industrielle Rohrleitungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird. Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 082-00-17 AA im DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD).

Dieser Teil von DIN EN 13480 enthält alle in Zusammenhang mit der Berechnung und Konstruktion für Rohrleitungssysteme nach dieser Europäischen Norm relevanten Festlegungen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13480-3:2014-12, DIN EN 13480-3 Berichtigung 1:2015-12, DIN EN 13480-3 Berichtigung 2:2016-10 und DIN EN 13480-3/A1:2017-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der normativen Verweisungen;
- b) Ergänzung von Normativen Verweisungen in Abschnitt 2 hinsichtlich der Arten von Prüfbescheinigungen für metallische Erzeugnisse und der Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe;
- c) Überarbeitung von 4.2.3.4 zum Berechnungsdruck;
- d) Überarbeitung von 4.3 zur Wanddicke;
- e) Überarbeitung von 4.6 zur Dimensionierung von druckbeaufschlagten Rohrleitungsbauteilen;
- f) Überarbeitung von 5.2 zur zeitunabhängigen zulässigen Spannung;
- g) Überarbeitung von 5.3 zur zeitabhängigen zulässigen Spannung;
- h) Überarbeitung von 6.2.3 zur erforderlichen Wanddicke;
- i) Überarbeitung von 6.3 zu den Segmentkrümmern;
- j) Überarbeitung von 6.4.4 zu den Kegelschalen;
- k) Überarbeitung von 6.6 zu den verschraubten Flanschverbindungen;
- l) Überarbeitung von Tabelle 7.2.4-1 zu den empfohlenen Dichtungsbeiwerten und Werten für Mindestflächenpressung;
- m) Überarbeitung von Abschnitt 8 zu Ausschnitten und Abzweigen;
- n) Hinzufügung von 8.3.9 zum geschmiedeten T-Stück;
- o) Überarbeitung von 10.3.2.3 zur Ermittlung der zulässigen Lastspielzahl;
- p) Überarbeitung von Abschnitt 11 zu festen Anbauteilen;
- q) Überarbeitung von 12.1.3 zu den zulässigen Spannungen;
- r) Überarbeitung von 12.2 zur Elastizität von Rohrleitungen;

- s) Überarbeitung von 12.3 zur Elastizitätsanalyse;
- t) Hinzufügung von 12.3.8 zu alternativen Methoden zur Spannungsberechnung;
- u) Überarbeitung von Abschnitt 13 zu Rohrhalterungen;
- v) Überarbeitung von Anhang B zur genaueren Berechnung von Rohrbiegungen und Bögen;
- w) Überarbeitung von Anhang C zu Kompensatoren;
- x) Überarbeitung von Anhang D zu Flanschen;
- y) Überarbeitung von Anhang E zur Auslegung von Abzweiganschlüssen in Rohrleitungsanbauteilen;
- z) Überarbeitung von Anhang H zu Elastizität, Elastizitäts- und Spannungserhöhungsfaktoren sowie Widerstandsmomenten von Rohrleitungsbauteilen und geometrischen Diskontinuitäten;
- aa) Überarbeitung von Anhang I zur Fertigungsprüfungen von federnden Halterungen und Stoßbremsen;
- bb) Überarbeitung von Anhang K zur Befestigung von Rohrhalterungen an an Tragwerken;
- cc) Überarbeitung von Anhang L zum Knicken von stabförmigen Rohrhalterungen;
- dd) Überarbeitung von Anhang N zur Dokumentation für Rohrhalterungen;
- ee) Ergänzung des neuen Anhang O zum alternativen Verfahren für die Prüfung von Abzweigverbindungen;
- ff) Überarbeitung des Anhangs P zu empfohlenen Dichtungen für industrielle Rohrleitungen;
- gg) Ergänzung des neuen Anhang Q zur vereinfachten Analyse von Spannungen in Rohrleitungen;
- hh) Überarbeitung des Anhang ZA in Verbindung zur Druckgeräte-richtlinie 2014/68/EU;
- ii) Aktualisierung der Literaturhinweise;
- jj) editorielle Überarbeitung der Norm.

Frühere Ausgaben

DIN 2413: 1927-01, 1936-09, 1954-05, 1966-06, 1972-06
 DIN 2413-1: 1993-10
 DIN 2413-2: 1993-10
 DIN EN 13480-3: 2002-08, 2012-11, 2013-11, 2014-12
 DIN EN 13480-3/A1: 2005-11, 2017-11
 DIN EN 13480-3 Berichtigung 1: 2005-12, 2015-12
 DIN EN 13480-3 Berichtigung 2: 2006-06, 2016-10
 DIN EN 13480-3/A2: 2007-02
 DIN EN 13480-3 Berichtigung 3: 2007-05
 DIN EN 13480-3/A3: 2009-11
 DIN EN 13480-3/A4: 2010-10

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Metallische industrielle Rohrleitungen - Teil 3: Konstruktion und Berechnung

Metallic industrial piping - Part 3: Design and
calculation

Tuyauteries industrielles métalliques - Partie 3:
Conception et calcul

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 21. Juni 2017 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 CEN-CENELEC-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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	10
1 Anwendungsbereich.....	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe, Symbole und Einheiten.....	13
3.1 Begriffe	13
3.2 Symbole und Einheiten.....	13
4 Grundlegende Auslegungskriterien	15
4.1 Allgemeines	15
4.2 Belastungen	15
4.2.1 Allgemeines	15
4.2.2 Kombination von Lasten	16
4.2.3 Bei der Dimensionierung zu berücksichtigende Lasten	16
4.2.4 Weitere zu berücksichtigende Belastungen	18
4.2.5 Auslegungsbedingungen	19
4.3 Wanddicke	22
4.4 Toleranzen	25
4.5 Schweißnahtfaktor	25
4.6 Dimensionierung von druckbeaufschlagten Rohrleitungsbauteilen	26
5 Zulässige Spannungen	26
5.1 Allgemeines	26
5.2 Zeitunabhängige zulässige Spannung.....	27
5.2.1 Nichtaustenitische Stähle	27
5.2.2 Austenitische Stähle	27
5.2.3 Nickel-, Chromnickel- und Chromstähle	28
5.2.4 Stahlguss	28
5.2.5 Zusätzliche Anforderungen an Stähle ohne besondere Qualitätsüberwachung.....	28
5.3 Zeitabhängige zulässige Spannung	29
5.3.1 Allgemeines	29
5.3.2 Stähle.....	29
5.3.3 Nickel-, Chromnickel- und Chromstähle	30
6 Auslegung von Rohrleitungsbauteilen unter Innendruck.....	30
6.1 Gerade Rohre	30
6.2 Rohrbiegungen und Rohrbögen.....	30
6.2.1 Allgemeines	30
6.2.2 Symbole	31
6.2.3 Erforderliche Wanddicke	31
6.3 Segmentkrümmer.....	32
6.3.1 Allgemeines	32
6.3.2 Symbole	32
6.3.3 Effektiver Radius des Segmentkrümmers.....	33
6.3.4 Segmentkrümmer mit mehr als einem Gehrungsschnitt.....	33
6.3.5 Segmentkrümmer mit einem Gehrungsschnitt.....	34
6.3.6 An Segmentkrümmer anschließende gerade Rohrsegmente	34
6.4 Reduzierstücke.....	34

6.4.1	Gültigkeitsbedingungen.....	34
6.4.2	Spezielle Begriffe	35
6.4.3	Spezielle Symbole und Abkürzungen.....	35
6.4.4	Kegelschalen	36
6.4.5	Verbindungsstellen – Allgemeines.....	37
6.4.6	Verbindungsstellen zwischen einem Zylinder ohne Krempe und einem Kegel an dessen großem Durchmesserende	37
6.4.7	Verbindungsstellen zwischen einem Zylinder mit Krempe und einem Kegel an dessen großem Durchmesserende	40
6.4.8	Verbindungsstellen zwischen einem Zylinder und einem Kegel an dessen kleinem Durchmesserende	41
6.4.9	Reduzierstücke mit Mittellinienversatz	43
6.4.10	Geschmiedete Spezialreduzierstücke	43
6.5	Flexible Rohrleitungselemente	44
6.5.1	Allgemeines	44
6.5.2	Kompensatoren.....	44
6.5.3	Wellschlauchleitungen.....	46
6.6	Verschraubte Flanschverbindungen	47
6.6.1	Allgemeines	47
6.6.2	Symbole.....	47
6.6.3	Genormter Flansch.....	47
6.6.4	Nicht genormter Flansch	48
7	Auslegung von Böden unter Innendruck.....	48
7.1	Gewölbte Böden	48
7.1.1	Symbole.....	48
7.1.2	Halbkugelförmige Böden.....	49
7.1.3	Torisphärische Böden.....	50
7.1.4	Elliptische Böden.....	51
7.1.5	Berechnung des Beiwerts β	52
7.2	Runde ebene Böden	56
7.2.1	Allgemeines	56
7.2.2	Symbole.....	56
7.2.3	Mit Zylinderschalen oder Rohren verschweißte ebene runde Böden, nicht verankert.....	58
7.2.4	Unverankerte, verschraubte ebene runde Böden	65
7.2.5	Verstärkung von Ausschnitten in unverankerten ebenen Böden	71
8	Ausschnitte und Abzweige	74
8.1	Allgemeines	74
8.2	Symbole.....	74
8.3	Einschränkungen.....	75
8.3.1	Wanddickenverhältnis.....	75
8.3.2	Ausschnitte im Bereich von Störstellen	77
8.3.3	Verfahren zur Verstärkung.....	79
8.3.4	Berechnungsverfahren.....	80
8.3.5	Elliptische Ausschnitte und schräge Abzweige	80
8.3.6	Verstärkungsscheiben.....	82
8.3.7	Unterschiedliche Werkstoffe von Schale und Verstärkung.....	82
8.3.8	Ausgehalste Abzweige	82
8.3.9	Geschmiedetes T-Stück	82
8.3.10	Abzweige in Rohrbiegungen oder -bögen.....	83
8.3.11	Eingeschraubte Stutzen.....	83
8.4	Einzel Ausschnitte.....	84
8.4.1	Allgemeines	84
8.4.2	Unverstärkte Ausschnitte.....	87

8.4.3	Verstärkte Ausschnitte mit Durchmesserhältnissen $d_i/D_i < 0,8$	87
8.4.4	Verstärkung von Einzelausschnitten mit $0,8 < d/D \leq 1,0$	93
8.5	Benachbarte Ausschnitte.....	93
8.5.1	Unverstärkte Ausschnitte.....	93
8.5.2	Verstärkte Ausschnitte mit $d/D \leq 0,8$	93
8.6	Auslegung besonderer Rohrleitungsbauteile	94
8.6.1	Zylindrische Y-Abzweige.....	94
8.6.2	Kugelförmige Y-Abzweige	95
8.6.3	Abzweige mit rippenförmiger Verstärkung	96
9	Auslegung von Rohrleitungsbauteilen unter Außendruck.....	97
9.1	Allgemeines	97
9.2	Symbole und Elastizitätsgrenzen.....	99
9.2.1	Symbole	99
9.2.2	Elastizitätsgrenzen.....	101
9.3	Zylindrische Rohre, Rohrbiegungen und Rohrbögen.....	101
9.3.1	Ermittlung der Längen.....	101
9.3.2	Versagen zwischen Versteifungen.....	103
9.3.3	Gesamtversagen von versteiften Rohren.....	105
9.3.4	Stabilität von Versteifungen	106
9.3.5	Heiz- oder Kühlkanäle	109
9.4	Reduzierstücke (kegelförmige Rohre)	110
9.5	Gewölbte Böden	112
9.5.1	Halbkugelförmige Böden.....	112
9.5.2	Torisphärische Böden.....	113
9.5.3	Elliptische Böden	113
10	Auslegung für Wechselbeanspruchung.....	113
10.1	Allgemeines	113
10.2	Ausnahmen von einer Ermüdungsanalyse.....	113
10.3	Auslegung für Wechselbeanspruchung durch Druckschwankungen.....	114
10.3.1	Anzahl äquivalenter Volllastspiele	114
10.3.2	Vereinfachte Auslegung für Wechselbeanspruchung	114
10.4	Auslegung gegen Ermüdung durch Wärmebeanspruchung	129
10.4.1	Allgemeines	129
10.4.2	Hinweise zur Auslegung.....	129
10.5	Auslegung gegen Ermüdung durch Lastkombinationen	130
11	Feste Anbauteile.....	130
11.1	Allgemeines	130
11.2	Zulässige Spannungen	130
11.3	Symbole	131
11.4	Rohrförmige Anbauteile	133
11.4.1	Einschränkungen.....	133
11.4.2	Vorausgehende Berechnungen.....	133
11.4.3	Spannungsberechnung für mit durchgeschweißten Nähten am Rohr angeschweißte Anbauteile	135
11.4.4	Spannungsberechnung für mit Kehlnähten oder teilweise durchgeschweißten Nähten am Rohr angeschweißte Anbauteile.....	136
11.5	Rechteckige Anbauteile.....	136
11.5.1	Einschränkungen.....	136
11.5.2	Vorausgehende Berechnungen.....	136
11.5.3	Spannungsberechnung für mit durchgeschweißten Nähten am Rohr angeschweißte Anbauteile	138
11.5.4	Spannungsberechnung für mit Kehlnähten oder teilweise durchgeschweißten Nähten am Rohr angeschweißte Anbauteile.....	139

11.6	Spannungsberechnung des Grundrohrs	139
11.7	Berechnung der Schubspannung in Anbauteilen	141
11.7.1	Rohrförmige Anbauteile	141
11.7.2	Rechteckige Anbauteile.....	141
11.8	Alternative Berechnungsverfahren	141
12	Spannungsanalyse und Annahmekriterien	141
12.1	Grundlegende Bedingungen.....	141
12.1.1	Allgemeines	141
12.1.2	Lastzustände	142
12.1.3	Zulässige Spannungen	142
12.2	Elastizität von Rohrleitungen	144
12.2.1	Allgemeines	144
12.2.2	Grundlegende Bedingungen.....	144
12.2.3	Dehnungen durch aufgeprägte Verschiebungen	144
12.2.4	Spannungen durch aufgeprägte Verschiebungen.....	145
12.2.5	Spannungsschwingbreite	146
12.2.6	Kaltvorspannung	146
12.2.7	Parameter für die Elastizitätsanalyse.....	147
12.2.8	Stützzustände.....	147
12.2.9	Kompensatoren.....	149
12.2.10	Elastizitätsanalyse	149
12.3	Elastizitätsanalyse	151
12.3.1	Allgemeines	151
12.3.2	Spannungen aufgrund ständig wirkender Lasten	152
12.3.3	Spannungen aufgrund gelegentlich wirkender oder außergewöhnlicher Lasten	152
12.3.4	Spannungsschwingbreite aufgrund von Wärmeausdehnung und Wechselbeanspruchung..	153
12.3.5	Zusätzliche Bedingungen für den Zeitstandbereich.....	154
12.3.6	Spannungen aufgrund einmaliger Verschiebung von Rohrhalterungen.....	154
12.3.7	Bestimmung der resultierenden Momente.....	155
12.3.8	Alternative Methode zur Spannungsberechnung	157
12.3.9	Reaktionskräfte	157
12.4	Ermüdungsanalyse	157
12.5	Schwingungen.....	157
13	Rrohrhalterungen	158
13.1	Allgemeine Anforderungen	158
13.1.1	Allgemeines	158
13.1.2	Klassifizierung der Halterungen.....	158
13.1.3	Zusätzliche Definitionen.....	159
13.1.4	Abgrenzung.....	161
13.1.5	An das Rohr geschweißte Rrohrhalterungen.....	163
13.2	Auswahl der Rrohrhalterungen	164
13.2.1	Allgemeines	164
13.2.2	Einzelheiten der Auslegung von Rrohrhalterungen	165
13.2.3	Lage der Halterungen.....	166
13.3	Konstanthänger/ Konstantstützen	166
13.3.1	Allgemeines	166
13.3.2	Lastabweichung von der Einstelllast.....	166
13.3.3	Verstellung der Einstelllast auf der Baustelle	166
13.3.4	Wegreserve.....	166
13.3.5	Blockierung	167
13.3.6	Identifikationskennzeichnung/Typenschild	167
13.4	Federhänger / Federstützen	167
13.4.1	Allgemeines	167
13.4.2	Toleranzen der Federrate	168

13.4.3	Wegreserve	168
13.4.4	Blockierung.....	168
13.4.5	Typenschild	168
13.5	Gelenkstreben.....	169
13.6	Stoßbremsen	169
13.7	Gleitlager	170
13.8	Festpunkte	170
13.9	Dokumentation von Rohrhalterungen	170
13.10	Kennzeichnung von Rohrhalterungen.....	170
13.11	Herstellung von Rohrhalterungen	170
13.11.1	Materialanforderungen.....	170
13.11.2	Auslegungstemperaturen für Halterungsbauteile	171
13.11.3	Konstruktionsdetails.....	172
13.11.4	Bestimmung der Bauteilabmessungen.....	172
13.11.5	Geschweißte Verbindungen.....	174
13.11.6	Gewindeverbindungen	176
13.11.7	Zusätzliche Anforderungen an Federn	177
13.11.8	Auslegungsdetails für Gelenkstreben	177
13.11.9	Auslegungsdetails für Stoßbremsen.....	178
13.11.10	Schellen für Stoßbremsen, Gelenkstreben	179
Anhang A (informativ) Dynamische Analyse.....		180
A.1	Allgemeines	180
A.2	Analyse durch Berechnung	180
A.2.1	Seismische Ereignisse	180
A.2.2	Schlagartiges Schließen von Ventilen	184
A.2.3	Strömungsinduzierte Schwingungen	187
A.2.4	Öffnen von Sicherheitsventilen	189
A.2.5	Zulässige Spannungen	192
A.3	Alternative Nachweisverfahren	192
A.3.1	Vergleichende Untersuchungen.....	192
A.3.2	Prüfung am vollmaßstäblichen Modell	192
A.3.3	Prüfung am maßstäblich verkleinerten Modell	192
Anhang B (normativ) Genauere Berechnung von Rohrbiegungen und Bögen		193
B.1	Allgemeines	193
B.2	Symbole	193
B.3	Geforderte Wanddicke	194
B.4	Berechnung.....	195
B.4.1	Berechnung der Wanddicke	195
B.4.2	Spannungsberechnung	197
Anhang C (informativ) Kompensatoren		201
C.1	Einbau von Kompensatoren in Rohrleitungssysteme.....	201
C.1.1	Allgemeines	201
C.1.2	Kompensatortypen	202
C.1.3	Auslegung von Kompensatoren	202
C.1.4	Konstruktion von Rohrleitungen unter Verwendung von Kompensatoren	203
C.1.5	Analyse und Berechnung	205
C.1.6	Kaltvorspannung	206
C.2	Maximale Führungsabstände für gerade Rohrleitungen mit unverspannten Axialkompensatoren	206
C.2.1	Allgemeines	206
C.2.2	Berechnungsregeln.....	206
C.2.3	Maximale Führungsabstände für festgelegte Bedingungen.....	207
C.3	Angaben zur Auslegung von Kompensatoren	209

C.3.1	Allgemeines	209
C.3.2	Angaben für den Systemanalytiker	209
Anhang D (normativ) Flansche		210
D.1	Zweck	210
D.2	Spezielle Begriffe	210
D.3	Spezielle Symbole und Abkürzungen	211
D.4	Allgemeines	212
D.4.1	Einleitung	212
D.4.2	Verwendung von genormten Flanschen ohne Berechnung	212
D.4.3	Verschraubung	213
D.4.4	Flanschkonstruktion	215
D.4.5	Maschinelle Bearbeitung	215
D.4.6	Dichtungen	215
D.5	Schmale Flansche mit Dichtung	216
D.5.1	Allgemeines	216
D.5.2	Schraubenlasten und -flächen	219
D.5.3	Flanschmomente	220
D.5.4	Flanschspannungen und Spannungsgrenzwerte	220
D.5.5	Schmale Flansche unter Außendruck	226
D.5.6	Überlappungsstöße	226
D.5.7	Geteilter Losflansch	229
D.6	Breite Flansche mit ringförmigen Weichstoffdichtungen	230
D.6.1	Spezielle Symbole und Abkürzungen	231
D.6.2	Schraubenlasten und -flächen	231
D.6.3	Flanschauslegung	232
D.6.4	Breite Flansche unter Außendruck	233
D.7	Dichtgeschweißte Flansche	233
D.8	Schmale Gegenflansche	234
D.8.1	Innendruck	234
D.8.2	Außendruck	236
D.9	Gegenflansche mit durchgehender Dichtung	236
D.9.1	Allgemeines	236
D.9.2	Auslegung nach dem in D.5 angegebenen Verfahren	236
D.9.3	Auslegung nach dem in D.6 angegebenen Verfahren	238
D.10	Flansche mit Dichtung im Kraft-Nebenschluss	240
D.10.1	Allgemeines	240
D.10.2	Besondere Symbole und Abkürzung	240
D.10.3	Auslegung	241
Anhang E (normativ) Auslegung von Abzweiganschlüssen in Rohrleitungsanbauteilen		243
E.1	Anwendungsbereich	243
E.1.1	Allgemeines	243
E.2	Verstärkung	245
E.2.1	Winkel und Flächen	245
E.2.2	Die nachstehende Beziehung muss erfüllt sein:	245
E.3	Elastizitätsanalyse	246
Anhang F (informativ) Prüfung während des Betriebs unter Wechselbeanspruchung		248
F.1	Prüfung während des Betriebs	248
F.2	Maßnahmen bei Erreichen der berechneten Ermüdungslebensdauer	248
Anhang G (informativ) Physikalische Eigenschaften von Stählen		250
G.1	Allgemeines	250
G.2	Physikalische Eigenschaften	250
G.2.1	Dichte	250
G.2.2	Differentieller linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	251

G.2.3	Spezifische Wärmekapazität	251
G.2.4	Temperaturleitzahl.....	251
G.2.5	Querkontraktionszahl	251
G.3	Physikalische Eigenschaften von Stählen.....	251
Anhang H (normativ) Elastizität, Elastizitäts- und Spannungserhöhungsfaktoren sowie Widerstandsmomente von Rohrleitungsbauteilen und geometrische Diskontinuitäten		257
Anhang I (informativ) Fertigungsprüfungen von federnden Halterungen und Stoßbremsen		267
I.1	Konstanthänger/-stützen	267
I.2	Federhänger/-stützen.....	267
I.3	Stoßbremsen	267
Anhang J (normativ) Baumusterprüfung von Rohrhalterungen/Rohrunterstützungen.....		272
Anhang K (informativ) Befestigung von Rohrhalterungen an Tragwerken		274
K.1	Befestigung von Rohrhalterungen an Betontragwerken.....	274
K.2	Befestigung an Stahltragwerken.....	275
K.2.1	Standardschrauben.....	275
K.2.2	Hochfest vorgespannte Schrauben (HV-Schrauben)	275
K.2.3	Schweißen	275
Anhang L (informativ) Knicken von stabförmigen Rohrhalterungen.....		276
L.1	Allgemeines	276
L.2	Symbole	276
L.3	Grundlegende Gleichungen.....	277
L.4	Zulässige Druckspannung	277
L.5	Knicklänge.....	278
Anhang M (informativ) Anleitung für die Auslegung tragender Bauteile		280
M.1	Stabförmige Bauteile unter Biegebeanspruchung	280
M.1.1	Allgemeines	280
M.1.2	Ergänzende Nachweise für stabförmige Rohrhalterungen.....	280
M.2	Stabilität plattenförmiger Rohrhalterungen.....	282
M.3	Ankerplatten und vergleichbare Verankerungsteile	282
M.3.1	Allgemeines	282
M.3.2	Auslegung einfacher Ankerplatten	282
M.3.3	Ankerplatten mit Versteifungen	283
M.3.4	Lastberechnungen für in Beton eingelassene Verankerungen.....	283
Anhang N (normativ) Dokumentation von Rohrhalterungen.....		284
Anhang O (normativ) Alternatives Verfahren für die Prüfung von Abzweigverbindungen		286
O.1	Anwendungsbereich.....	286
O.2	Symbole	286
O.3	Konstruktion und Prüfung der Abzweigverbindung.....	288
O.3.1	Zulässiger Wert für die Belastung ausschließlich durch Druck, für gerade Rohre ohne Ausschnitt.....	288
O.3.2	Ermittlung der Mindestwanddicken bei ausschließlich durch Druck verursachten Beanspruchungen.....	289
O.3.3	Prüfung der für die Kombination aus Druckbelastung und Beanspruchungen durch äußere Lasten gewählten Wanddicken	289
Anhang P (informativ) Empfohlene Dichtungen für industrielle Rohrleitungen		340
Anhang Q (informativ) Vereinfachte Analyse von Spannungen in Rohrleitungen.....		342
Q.1	Allgemeines	342
Q.2	Vereinfachtes Verfahren.....	342
Q.2.1	Allgemeines	342
Q.2.2	Festlegung der zulässigen Abstände zwischen Rohrhalterungen	342

Q.2.3	Elastizitätskontrolle.....	342
Q.3	Erläuterungen zu Tabelle Q.1	344
Q.4	Symbole.....	346
Q.5	Indizes f_L	346
Q.6	Erläuterungen zu Q.2.2.....	347
Q.6.1	Festlegung der zulässigen Stützweiten	347
Q.7	Umrechnung der zulässigen Längen.....	348
Q.7.1	Andere Lagerungsbedingungen	348
Q.7.2	Sonstige Parameter.....	348
Q.8	Zusätzliche Einzellasten.....	349
Q.8.1	Allgemeines	349
Q.9	Erläuterung zu Bild Q.2	352
Q.9.1	Allgemeines	352
Q.9.2	Erforderliche Länge der Rohrstrecke L_1 für f_1 nach Nomogramm	354
Q.9.3	Erforderliche Länge der Rohrstrecke L_2 für f_2 nach Nomogramm	354
Anhang Y (informativ) Entwicklung der EN 13480-3.....		359
Y.1 Unterschiede zwischen EN 13480-3:2012 und EN 13480-3:2017.....		359
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/68/EU.....		361
Literaturhinweise.....		362

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13480-3:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 267 „Industrial piping and pipelines“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2017 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Diese Europäische Norm EN 13480 für industrielle Rohrleitungen aus metallischen Werkstoffen besteht aus den folgenden aufeinander verweisenden und zusammengehörenden acht Teilen:

- Teil 1: Allgemeines
- Teil 2: Werkstoffe
- Teil 3: Konstruktion und Berechnung
- Teil 4: Fertigung und Verlegung
- Teil 5: Prüfung
- Teil 6: Zusätzliche Anforderungen an erdgedeckte Rohrleitungen
- CEN/TR 13480-7: Anleitung für den Gebrauch des Konformitätsbewertungsverfahrens
- Teil 8: Zusatzanforderungen an Rohrleitungen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen

Obwohl die Teile dieser Norm einzeln erhältlich sind, sollte erkennbar sein, dass sie voneinander abhängig sind. Die Herstellung von metallischen industriellen Rohrleitungen erfordert schlechthin die Anwendung aller relevanten Normteile, damit die Anforderungen der Norm ausreichend erfüllt werden können.

Diese Europäische Norm wird von einer Maintenance MHD Working Group gepflegt, deren Aufgabe darauf beschränkt ist, Korrekturen und Interpretationen vorzunehmen, die im Zusammenhang mit EN 13480 stehen.

Anfragen können an diese Webadresse gerichtet werden: <http://www.unm.fr> (en13480@unm.fr). Über den Link zur MHD-Webseite kann auch ein Formular zur Übermittlung von Fragen heruntergeladen werden. Nachdem sich die Experten der Fachgebiete auf eine Antwort geeinigt haben, wird diese dem Fragesteller mitgeteilt. Korrigierte Seiten erhalten eine spezifische Ausgabennummer und werden von CEN nach den CEN-Regularien herausgegeben. Die Auswertungsbögen werden auf die Webseite des MHD gestellt.

Dieses Dokument ersetzt EN 13480-3:2012. Diese neue Ausgabe umfasst die vorher von den CEN-Mitgliedern genehmigten Änderungen und Korrekturen sowie die korrigierten Seiten bis Ausgabe 5 ohne jegliche technische Änderungen. Anhang Y liefert genaue Angaben zu den maßgeblichen technischen Änderungen zwischen dieser Europäischen Norm und der vorherigen Ausgabe.

Zu dieser neuen Ausgabe können von Zeit zu Zeit Änderungen/Ergänzungen herausgegeben werden, die unmittelbar als Alternative zu den hier verwendeten Regularien genutzt werden.

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

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil dieser Europäischen Norm legt die Konstruktion und Berechnung von metallischen industriellen Rohrleitungen einschließlich ihrer Halterungen, soweit durch EN 13480 abgedeckt, fest.

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 1515-2:2001, *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern — Teil 2: Klassifizierung von Schraubenwerkstoffen für Stahlflansche, nach PN bezeichnet*

EN 1515-3:2005, *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern — Teil 3: Klassifizierung von Schraubenwerkstoffen für Stahlflansche, nach Class bezeichnet*

EN 1515-4:2010, *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern — Teil 4: Auswahl von Schrauben und Muttern zur Anwendung im Gültigkeitsbereich der Druckgeräte-richtlinie 97/23/EG*

EN 1591-1:2013, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 1: Berechnung*

EN 1591-2:2008, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 2: Dichtungskennwerte*

EN 1993 (alle Teile), *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 10216-2:2013, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 13445-3:2014, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*

EN 13480-1:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 1: Allgemeines*

EN 13480-2:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 2: Werkstoffe*

EN 13480-4:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 4: Fertigung und Verlegung*

EN 13480-5:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 5: Prüfung*

EN ISO 5817:2007, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2003 + Cor. 1:2006)*

3 Begriffe, Symbole und Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils dieser Europäischen Norm gelten die Begriffe nach EN 13480-1.

3.2 Symbole und Einheiten

Für die Anwendung dieses Teils dieser Europäischen Norm gelten die in EN 13480-1 und in Tabelle 3.2-1 angegebenen Symbole und Einheiten.

Spezifische Symbole sind in den entsprechenden Unterabschnitten angegeben.

Tabelle 3.2-1 — Allgemeine Symbole und Einheiten

Symbol	Erläuterung	Einheit
$P_{\max}$	Maximaler Druck, der im Rahmen der Berechnung durch Gleichungen oder einschlägige Verfahren für eine bestimmte Komponente ermittelt wird	MPa (N/mm ²)
PS^a	Maximal zulässiger Druck	bar
R, r^b	Radialen	mm
R_{eHt}	festgelegter Mindestwert der oberen Streckgrenze bei Berechnungstemperatur, sofern diese höher ist als die Raumtemperatur	MPa (N/mm ²)
S_1	Mittelwert der 1 % Zeitdehngrenze nach 100 000 h	MPa (N/mm ²)
S_2	Mittelwert der 1 % Zeitdehngrenze nach 200 000 h	MPa (N/mm ²)
S_{RTt}	Mittelwert der Zeitstandfestigkeit nach Werkstoffnorm für den betreffenden Werkstoff bei Berechnungstemperatur t und betrachteter Lebensdauer T (in Stunden), wobei die Streuung 20 % des Mittelwertes nicht überschreiten darf.	MPa (N/mm ²)
TS	Höchste zulässige Temperatur	°C
Z	Widerstandsmoment eines Rohrs	mm ³
c_0	Korrosions- bzw. Erosionszuschlag (siehe Bild 4.3-1)	mm
c_1	Absolutwert der Minustoleranz aus der zugehörigen Werkstoffnorm (siehe Bild 4.3-1)	mm
c_2	Zuschlag für mögliche Wanddickenabnahme bei der Fertigung (siehe Bild 4.3-1)	mm
e_a	Ermittelte Wanddicke eines Bauteils zur Verwendung für die Festigkeitsprüfung (siehe Bild 4.3-1)	mm
e_n	Nennwanddicke in Zeichnungen (siehe Bild 4.3-1)	mm
e_{ord}	Bestellte Wanddicke (siehe Bild 4.3-1)	mm
e_r	Geforderte Mindestwanddicke einschließlich Zuschlägen und Toleranzen (siehe Bild 4.3-1)	mm
f	Auslegungsspannung (siehe Abschnitt 5)	MPa (N/mm ²)
f_{cr}	Auslegungsspannung im Zeitstandbereich	MPa (N/mm ²)
f_f	Auslegungsspannung für die Elastizitätsanalyse	MPa (N/mm ²)
p_c	Berechnungsdruck (siehe 4.2.3.4)	MPa (N/mm ²)
p_o	Betriebsdruck (siehe 4.2.3.1)	MPa (N/mm ²)
t_c	Berechnungstemperatur (siehe 4.2.3.5)	°C
t_o	Betriebstemperatur (siehe 4.2.3.2)	°C
z	Schweißnahtfaktor (siehe 4.5)	–
ε	Wanddickenzuschlag aufgrund der bestellten Wanddicke (siehe Bild 4.3-1)	mm

^a Sämtliche Drücke für Berechnungszwecke sind in MPa (N/mm²), PS ist in bar angegeben.

^b Es gelten die folgenden Indizes:

- i innen
- m mittlere(r)
- o außen.

4 Grundlegende Auslegungskriterien

4.1 Allgemeines

Die Berechnungsregeln in diesem Dokument gelten für Betriebs- und Prüfbedingungen sowie für Montage-, Kaltvorspannungs-, Spül- und Reinigungsbedingungen.

Der Anwendungsbereich der Berechnungsregeln ist von Fall zu Fall begrenzt durch die Geometrie des Bauteils, die zu berücksichtigenden Lastfälle, Versagensarten und Werkstoffeigenschaften.

ANMERKUNG Gibt diese Europäische Norm keine Berechnungsregel vor, so sind vom Konstrukteur allgemein anerkannte Berechnungsregeln oder experimentelle Verfahren zum Nachweis der gewählten Abmessungen und Wanddicken anzuwenden.

In diesem Teil der Norm werden Berechnungsmethoden angewandt, die elastisches Werkstoffverhalten zugrunde legen, auch wenn einige Bauteile plastisches Verhalten zeigen können.

Werden für Rohre mit großen Durchmessern Form- und Montageverfahren aus dem Bereich der Druckbehälterindustrie angewandt, so gelten für diese Verfahren die Regeln für die Konstruktion von Druckbehältern. Für das Gesamtverhalten gelten die Regeln nach EN 13480 weiterhin, wenn sich die Gesamtkonstruktion mit der Balkentheorie ausreichend beschreiben lässt.

Bei vorübergehend verlegten Rohrleitungen, z. B. für Spül-, Reinigungs- und Aus-/Durchblaszwecke, werden die zulässigen Spannungen unter Auslegungsbedingungen zugrunde gelegt.

Rohrleitungen für Fluide, die zu Kondensatbildung neigen, müssen mit ausreichenden Gefällen und Abscheidern ausgestattet werden.

4.2 Belastungen

4.2.1 Allgemeines

Rohrleitungssysteme sind während ihrer Lebensdauer einer Vielzahl von Belastungen ausgesetzt, darunter folgenden Einzellasten und Kombinationen von Lasten:

- Innen- und/oder Außendruck;
- Temperatur;
- Gewicht von Rohrleitung und Inhalt;
- Klimabelastungen;
- dynamische Effekte des Fluids;
- Bewegungen von Untergrund und Gebäuden;

- Schwingungen;
- Erdbeben.

ANMERKUNG 1 Diese Aufzählung enthält nicht alle möglichen Belastungen.

ANMERKUNG 2 Erläuterungen dieser Belastungen sind in 4.2.3 und 4.2.4 gegeben.

4.2.2 Kombination von Lasten

Die in 4.2.5.1 bis 4.2.5.4 angegebenen Lastfälle und ihre möglichen Kombinationen müssen bereits während der Konstruktion eines Rohrleitungssystems und seiner Halterungen berücksichtigt werden. Einige unwahrscheinliche Lastkombinationen können ausgeschlossen werden, wenn die Ergebnisse von Studien beachtet werden, bei denen sowohl die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens als auch die Möglichkeit der Undichtigkeit des Rohrleitungssystems und die sich daraus für Gesundheit und Sicherheit ergebenden Folgen untersucht werden.

Treten in einem Rohrleitungssystem mehr als eine Lastkombination aus Druck und Temperatur auf, so muss die größte der für diese Kombinationen berechneten Wanddicken verwendet werden.

4.2.3 Bei der Dimensionierung zu berücksichtigende Lasten

4.2.3.1 Betriebsdruck

Der Betriebsdruck, p_o , muss unter dem für das jeweilige Rohrleitungssystem festgelegten maximal zulässigen Druck, PS , liegen.

4.2.3.2 Betriebstemperatur

Die Betriebstemperatur, t_o , muss unterhalb der für das jeweilige Rohrleitungssystem festgelegten maximal zulässigen Temperatur, TS , liegen.

4.2.3.3 Druck-Temperatur-Zustände

Die für die Bemessung der Elemente des Rohrleitungssystems zu betrachtende Kombination von Druck und Temperatur (p_o , t_o) muss die höchsten Belastungen im Rohrleitungssystem berücksichtigen, die gleichzeitig in dem jeweiligen Rohrleitungssystem über längere Zeit vorherrschen können. Somit sind die für die Berechnung der Wanddicke eines Rohrleitungsteils zu berücksichtigenden gleichzeitig auftretenden Druck- und Temperaturbedingungen die Bedingungen, die zur größten Wanddicke führen.

Für alle Elemente des Rohrleitungssystems kann unter Berücksichtigung der zutreffenden Sicherheitsbeiwerte einfach der maximal zulässige Druck berechnet werden auf Grundlage

- a) eines festgelegten Werkstoffs (mechanische Eigenschaften);
- b) einer festgelegten Temperatur.

Vorübergehende Abweichungen z. B. aufgrund von Druckstoß oder Auslösung des Steuerventils (Sicherheitsventil) brauchen nicht berücksichtigt werden, sofern die berechneten Spannungen aufgrund derartiger Abweichungen die zulässige Spannung nicht um mehr als 10 % für weniger als 10 % einer beliebigen 24-stündigen Betriebsdauer überschreiten.

4.2.3.4 Berechnungsdruck

Für alle in 4.2.3.3 festgelegten Druck- und Temperaturbedingungen (p_o , t_o) sind Berechnungsdrücke p_c zu bestimmen.

Der Berechnungsdruck p_c darf nicht kleiner sein als der zugehörige Betriebsdruck p_o , wobei die Einstellungen der Sicherheitsvorrichtungen zu berücksichtigen sind. Die Bedingungen (p_o , t_o), die die größte Wanddicke ergeben, müssen berücksichtigt werden.

Alternativ muss das Druckgerät mit der Druck/Temperatur-Kombination (p_c , t_c) ausgelegt sein, welche zur größten berechneten Wanddicke oder der höchsten Beanspruchung führt und welche auf der Druck/Temperatur-Kombination (p_o , t_o) unter normalen Betriebsbedingungen basiert (siehe EN 764-1:2015+A1:2016, Bild A.1). In diesem Fall kann der Druck p_c in Verbindung mit der Temperatur t_c niedriger sein als PS.

ANMERKUNG 1 Die Bezeichnungen p_c und t_c entsprechen P_d und T_d in der EN 764-1:2015+A1:2016 sowie P_D und T_D in der EN 764-1:2015+A1:2016, Bild A.1.

Die Auslegung der Druckgeräte sollte PS und $TS_{\max}$ entsprechen, das heißt:

- kompatibel mit der Kombination von PS mit der Temperatur $T(p_{\max})$, wobei $p_{\max}$ der maximale Druck unter normalen Betriebsbedingungen ist;
- kompatibel mit der Kombination $TS_{\max}$ beim Druck $P(t_{\max})$, wobei $t_{\max}$ die maximale Temperatur unter normalen Betriebsbedingungen ist.

Liegt die Berechnungstemperatur t_c in einem Bereich, in dem das Zeitstandverhalten für die Bestimmung der Nenn-Auslegungsspannung von Bedeutung ist, muss der Berechnungsdruck als gleich dem bei der Betriebstemperatur (t_o) herrschenden Betriebsdruck (p_o) angenommen werden.

ANMERKUNG 2 Gibt es einen Zustand, in dem $p_o = PS$ und $t_o = TS$, brauchen die Berechnungen nur für diesen Zustand durchgeführt zu werden.

4.2.3.5 Berechnungstemperatur

Die Berechnungstemperatur, t_c , ist die maximale, unter normalen Betriebsbedingungen bei Berechnungsdruck p_c in der Mitte der Rohrleitungswanddicke zu erwartende Temperatur. Ihr Wert wird, wie nachstehend beschrieben, ermittelt. Bei der Temperaturfeldberechnung ist davon auszugehen, dass kein Wärmeverlust durch Windwirkung eintritt.

- a) Bei außen nicht isolierten und innen nicht ausgekleideten Rohrleitungsbauteilen ergibt sich die Berechnungstemperatur wie folgt:
 - 1) Bei Fluidtemperaturen unter 40 °C ist die Berechnungstemperatur für das Bauteil gleich der Fluidtemperatur;
 - 2) Sofern nicht durch Prüfung oder Wärmeübertragungsberechnung eine niedrigere mittlere Wandtemperatur ermittelt wird, darf die Berechnungstemperatur für nicht isolierte Bauteile bei Fluidtemperaturen von 40 °C und darüber die folgenden Werte nicht unterschreiten, aber auch nicht weniger 40 °C betragen:
 - i) 95 % der Fluidtemperatur für Ventile, Rohre, Böden, Einschweißformstücke und andere Bauteile mit einer der Rohrwanddicke vergleichbaren Wanddicke;
 - ii) 90 % der Fluidtemperatur für Flansche (ausgenommen Flansche mit Überlappstoß), einschließlich Rohrleitungsflanschen an Formstücken und Ventilen;
 - iii) 85 % der Fluidtemperatur für Flansche mit Überlappstoß;
 - iv) 80 % der Fluidtemperatur für Verschraubungen.

- b) Bei außen isolierten Rohrleitungsbauteilen ist die Berechnungstemperatur für das Bauteil gleich der Fluidtemperatur, sofern nicht Berechnungen, Prüfungen oder auf Messungen beruhende Erfahrungen im Betrieb die Verwendung eines anderen Temperaturwertes rechtfertigen. Bei Beheizung oder Kühlung von Rohrleitungen durch Begleitheizungen oder Mäntel ist dieser Umstand beim Festlegen von Berechnungstemperaturen für die Bauteile zu berücksichtigen;
- c) Bei ausgekleideten Rohrleitungsbauteilen ist die Berechnungstemperatur der Bauteile festzulegen oder auf Wärmeübertragungsberechnungen oder Prüfungen zu beziehen, in die die Fluidtemperatur und Eigenschaften der Auskleidung Eingang finden;

ANMERKUNG Die Auskleidung kann zu Isolierungswecken verwendet werden.

- d) Wird die berechnete Wanddicke aus den Zeitstandfestigkeitswerten ermittelt, so dürfen Betriebsdruck (p_o) und Betriebstemperatur (t_o) die in dieser Berechnung verwendeten Werte vorübergehend überschreiten, siehe 4.2.5.2.1 und 12.3.3.

4.2.4 Weitere zu berücksichtigende Belastungen

4.2.4.1 Gewicht von Rohrleitung und Inhalt

Auf das Rohrleitungssystem einwirkende schwerkraftbedingte Lasten sind bei der Konstruktion zu berücksichtigen; dazu gehören:

- das Gewicht von Rohrleitung, Formstücken, Ventilen und Isolierung;
- das Gewicht des geförderten Fluids;
- das Gewicht der Prüfflüssigkeit.

4.2.4.2 Klimatisch bedingte Belastungen

Wird das Rohrleitungssystem im Freien verlegt, sind klimatisch bedingte Belastungen zu berücksichtigen. Die Höchstlasten sind anhand der tatsächlichen örtlichen Klimabedingungen und ihrer Einwirkung auf das Rohrleitungssystem festzulegen.

4.2.4.3 Dynamische Effekte des Fluids

Das Rohrleitungssystem ist so zu auszulegen, dass Schäden hervorrufende dynamische Effekte durch das Fluid vermieden werden. Ist dies nicht möglich, so sind diese Effekte zu berücksichtigen. Sind dynamische Effekte unmittelbar auf den Verarbeitungsprozess oder die Verwendung des vom Besteller gelieferten Ausrüstungsteils zurückzuführen, so sind sie in der Bestellspezifikation quantitativ festzulegen.

Reaktionskräfte aufgrund der Funktion von Sicherheitsventilen sind zu berücksichtigen. Werden die Sicherheitsventile nicht von dem den Einbau der Rohrleitung durchführenden Betrieb geliefert, so muss der Besteller die Reaktionskräfte und ihre Wirkrichtung festlegen.

Hinweise für die Beurteilung dynamischer Effekte des Fluids sind in Anhang A enthalten.

4.2.4.4 Bewegungen von Untergrund und Gebäuden

Sind während der Lebensdauer des Rohrleitungssystems derartige Bewegungen (Bewegungen des Untergrunds, Setzungsunterschiede der Gebäude) zu erwarten, so müssen die bei der Konstruktion zu verwendenden Werte in der Bestellspezifikation angegeben werden.

4.2.4.5 Schwingungen

Rohrleitungssysteme sind so zu konstruieren und abzustützen, dass übermäßige und schädigende Wirkungen von Schwingungen, z. B. durch Stoß, Druckschwankungen, Resonanzen in Kompressoren und Windlasten, ausgeschlossen sind.

Können während des Betriebs Schwingungen auftreten, so ist die Ausführung der Rohrleitungsverlegung zu untersuchen, und es sind in Übereinstimmung mit Abschnitt 13 Stützen, Dämpfer, Halterungen, Festpunkte usw. zu verwenden, um diese Schwingungen zu beseitigen. Sind derartige Untersuchungen unzureichend, so ist durch eine spezielle Schwingungsanalyse nachzuweisen, dass das Rohrleitungssystem nicht überbeansprucht wird.

ANMERKUNG Ein schriftlicher Nachweis der Schwingungsanalyse ist nicht erforderlich.

4.2.4.6 Erdbeben

Falls erforderlich, muss in der Spezifikation festgelegt werden, dass das Rohrleitungssystem seismischen Lasten standhalten muss. Darüber hinaus sind in der Spezifikation genaue Angaben zu den Merkmalen der zu berücksichtigenden seismischen Bedingungen zu machen.

ANMERKUNG Hinweise für die Beurteilung seismischer Effekte sind in Anhang A enthalten.

4.2.5 Auslegungsbedingungen

4.2.5.1 Normale Betriebsbedingungen

Normale Betriebsbedingungen sind stationäre Zustände bei konstanter Leistung und instationäre Zustände, die bei normalen Betriebsprozessen auftreten. Vollast- und Teillastbedingungen sowie die Bedingungen beim Abfahren sind zusammen mit den damit verbundenen Anfahr-, Schalt- und Abschaltvorgängen zu untersuchen.

Für die Berechnung unter normalen Betriebsbedingungen sind alle nachstehenden Bedingungen zu untersuchen:

- Innen- und/oder Außendruck, einschließlich der statischen Druckhöhe des Füllmediums, falls zutreffend;
- Gewicht der Rohrleitung, einschließlich innen liegender Einbauteile sowie zusätzlich angebrachter Komponenten;
- Gewicht der Isolierung;
- Fluidgewicht;
- Wärmeausdehnung;
- Bedingungen für Rohrhalterungen;
- Verhalten von Feder- und Konstanthängern und -stützen;
- Verschiebung und Verdrehung von Festpunkten, Rohrhalterungen und angeschlossenen Ausrüstungsteilen;
- Kaltvorspannung;
- Setzen der Gebäude.

4.2.5.2 Gelegentlich auftretende Betriebszustände

4.2.5.2.1 Allgemeine Belastungen

Gelegentlich auftretende Zustände sind Vorfälle im Normalbetrieb, z. B. Auswirkungen der Funktion von Sicherheitseinrichtungen, eines Turbinenlastabwurfs, eines Pumpenausfalls oder des Öffnens und Schließens von Absperrventilen.

Für die Berechnung unter gelegentlich auftretenden Betriebsbedingungen sind zusätzlich zu den in 4.2.5.1 angegebenen normalen Belastungen alle nachstehenden Lastfälle zu untersuchen:

- Ansprechen von Sicherheitsventilen;
- dynamische Stoßbelastungen, z. B. Dampf-, Wasserschlag;
- Ausströmreaktionskräfte;
- von den normalen Betriebsbedingungen abweichende Temperaturen;
- Kräfte durch den Einsatz von Dämpfern und Stoßbremsen;
- Abstützung durch Feder- und Konstantstützen;
- mögliche übliche Klimaeinflüsse, z. B. den normalen örtlichen Bedingungen entsprechende Schnee- und Windlasten;
- seismische Lasten (Auslegungserdbeben).

4.2.5.2.2 Belastungen durch Reinigung

Für die Berechnung unter Reinigungsbedingungen (Beizen und Spülen) sind sämtliche statischen, dynamischen und kinematischen Randbedingungen zu untersuchen.

Alle nachstehenden Lastfälle sind zu untersuchen:

- Innendruck;
- Eigengewicht der Rohrleitung, einschließlich Einbauten sowie zusätzlich angebrachter Komponenten;
- Gewicht der (Voll- oder Teil-)Isolierung;
- Gewicht der Reinigungsflüssigkeit;
- Wärmeausdehnung bei Reinigungstemperatur;
- Bedingungen für Rohrhalterungen (einschließlich provisorischer Rohrhalterungen);
- blockierte und deblockierte Feder- und Konstantstützen;
- Verschiebung und Verdrehung von Festpunkten, Rohrhalterungen und angeschlossenen Teilen;
- Kaltvorspannung.

4.2.5.2.3 Belastungen beim Spülen/Ausblasen mit Dampf

Für die Berechnung unter Lastbedingungen beim Spülen/Ausblasen mit Dampf sind sämtliche statischen und dynamischen Randbedingungen zu untersuchen.

Alle nachstehenden Lastfälle sind zu untersuchen:

- veränderte Systemgeometrie;
- Eigengewicht der Rohrleitung, einschließlich Einbauten sowie zusätzlich angebrachter Komponenten;
- Gewicht der (Voll- oder Teil-)Isolierung;
- Ausblasdrücke;
- Wärmeausdehnung bei Ausblastemperatur;
- Bedingungen für Rohrhalterungen (einschließlich provisorischer Rohrhalterungen);
- blockierte und deblockierte Feder- und Konstantstützen;
- Verschiebung und Verdrehung von Festpunkten, Rohrhalterungen und angeschlossenen Teilen;
- Kaltvorspannung;
- Kräfte am Austritt (Ausströmreaktionskräfte).

4.2.5.3 Außergewöhnliche Betriebsbedingungen

Als außergewöhnliche Betriebsbedingungen gelten selten auftretende Lastfälle.

Für die Berechnung unter außergewöhnlichen Betriebsbedingungen sind zusätzlich zu den in 4.2.5.1 angegebenen normalen Lasten alle nachstehenden Lastfälle zu untersuchen:

- mögliche außergewöhnliche Klimaeinflüsse, z. B. den örtlichen Bedingungen entsprechende außergewöhnlich hohe Schnee- und Windlasten;
- seismische Lasten (Sicherheitserdbeben).

4.2.5.4 Prüfbedingungen

Für die Berechnung unter Prüfbedingungen sind sämtliche statischen, dynamischen und kinematischen Randbedingungen zu untersuchen.

Alle nachstehenden Lastfälle sind zu untersuchen:

- Innendruck (Prüfdruck und hydrostatischer Druck);
- Eigengewicht der Rohrleitung, einschließlich Einbauten sowie zusätzlich angebrachter Komponenten;
- Gewicht der (Voll- oder Teil-)Isolierung;
- Gewicht der Prüfflüssigkeit;

- Wärmeausdehnung;
- Bedingungen für Rohrhalterungen (einschließlich provisorischer Rohrhalterungen);
- blockierte und deblockierte Feder- und Konstantstützen;
- Verschiebung und Verdrehung von Festpunkten, Rohrhalterungen und angeschlossenen Ausrüstungsteilen;
- Kaltvorspannung.

4.3 Wanddicke

Die Mindestwanddicke ist unter Berücksichtigung des Fertigungsverfahrens für Rohre und Formstücke zu ermitteln.

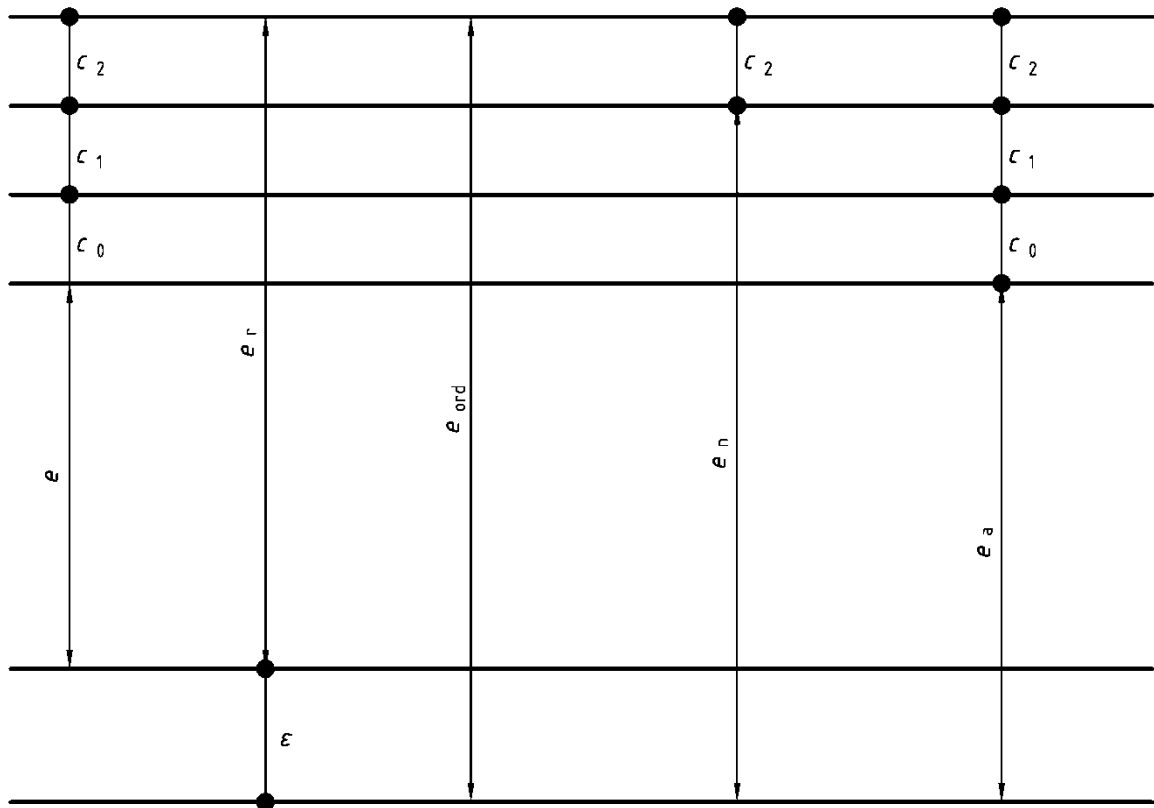
Korrosion kann im Rohrinnen oder außen oder gleichzeitig sowohl innen wie außen auftreten (der Begriff „Korrosion“ umfasst auch die Erosion).

Der Wert des Korrosionszuschlags c_0 (der, falls keine Korrosion zu erwarten ist, auch Null sein kann) muss vom Hersteller unter Berücksichtigung von Art, Temperatur, Druck, Strömungsgeschwindigkeit usw. der mit der Wand in Kontakt stehenden Produkte festgelegt werden, allerdings nur, wenn alle diese Informationen vom Käufer vorgegeben sind.

Ein Korrosionszuschlag sollte vom Käufer festgelegt werden. Falls nicht, müssen vernünftige Werte vom Hersteller vorgeschlagen und in der Dokumentation angegeben werden.

Sämtliche Wanddicken, der Korrosionszuschlag c_0 , die Toleranz c_1 und die Wanddickenabnahme c_2 sind in den Bildern 4.3-1 und 4.3-2. dargestellt.

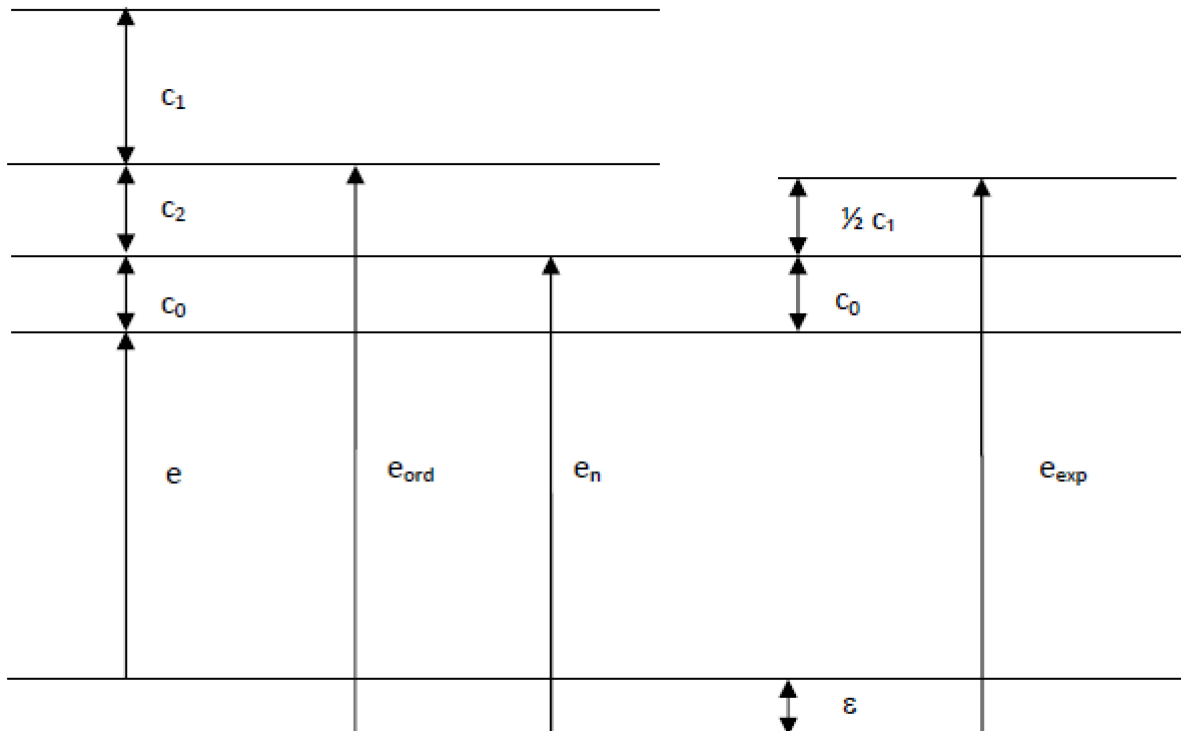
Rohrleitungen, welche externer Korrosion ausgesetzt und aus Werkstoffen gefertigt sind, welche nicht ausreichend korrosionsbeständig sind, müssen gegen Korrosion geschützt werden, falls kein angemessener Korrosionszuschlag vorgesehen wird.



Dabei ist:

- e die mittels der zutreffenden Gleichungen dieser Norm ermittelte geforderte Mindestwanddicke ohne Zuschläge und Toleranzen, die dem Druck standhält;
- c_0 Korrosions- bzw. Erosionszuschlag;
- c_1 Absolutwert der Minustoleranz, der den zugehörigen Werkstoffnormen entnommen oder vom Hersteller der Rohrleitung angegeben wurde;
- c_2 Zuschlag für mögliche Wanddickenabnahme bei der Fertigung (z. B. aufgrund von Biegen, Gesenkumformen, Gewindeschneiden, Eindrehen, usw.);
- e_r geforderte Mindestwanddicke einschließlich Zuschlägen und Toleranzen;
- ε zusätzliche Wanddicke aufgrund der bestellten Wanddicke e_{ord} ;
- e_{ord} bestellte Wanddicke (wobei c_2 oftmals gleich 0 ist, z. B. bei geraden Rohren);
- e_n Nennwanddicke (in Zeichnungen);
- e_a ermittelte Wanddicke eines Bauteils zur Verwendung für die Festigkeitsüberprüfung.

Bild 4.3-1 — Wanddicke (für gerade Rohre und Rohrbiegungen) bei Bestellung mit mittlerer Wanddicke



Dabei ist:

- e die mittels der zutreffenden Gleichungen dieser Norm ermittelte geforderte Mindestwanddicke ohne Zuschläge und Toleranzen, die dem Druck standhält;
- c_0 der Korrosions- oder Erosionszuschlag;
- c_1 positive Toleranz, vom Rohrhersteller angegeben, (siehe z. B. auch EN 10216-2:2013, Tabelle 9 oder Tabelle 10);
- c_2 Zuschlag für mögliche Wanddickenabnahme bei der Fertigung (z. B. aufgrund von Biegen, Gesenkumformen, Gewindeschneiden, Eindrehen, usw.);
- ϵ zusätzliche Wanddicke aufgrund der bestellten Wanddicke e_{ord} ;
- e_{ord} die bestellte Wanddicke (wobei c_2 oft gleich 0 ist; z. B. gerades Rohr);
- e_n die Nennwanddicke (in Zeichnungen);
- e_{exp} die erwartete (mittlere) Wanddicke

Bild 4.3-2 — Wanddicke (für gerade Rohre und Rohrbiegungen) bei Bestellung mit Mindestwanddicke und ausschließlich positiven Toleranzen

Bild 4.3-1 zeigt die Situation, wenn Rohre mit mittlerer Wanddicke und $\pm$ Toleranzen bestellt werden, siehe z. B. auch EN 10216-2:2013, Tabelle 7 oder Tabelle 8.

Bei Rohren, die mit Mindestwanddicke und Plus-Toleranzen bestellt werden, siehe EN 10216-2:2013, Tabelle 9 oder Tabelle 10, muss das Bild 4.3-2 verwendet werden. In diesem Fall sollte für die Flexibilitäts- und Spannungsberechnung der Rohrleitung die erwartete Wanddicke $e_{exp} = e_{ord} + \frac{1}{2} c_1 - c_2$ anstelle von e_n in den Gleichungen in Abschnitt 12 verwendet werden.

Die ermittelte Wanddicke e_a muss die geringste Wanddicke nach Abzug von Korrosion sein und wird wie folgt berechnet:

$$e_a = e + \varepsilon \quad (4.3-1)$$

oder

$$e_a = e_{\text{ord}} - c_0 - c_1 - c_2 \quad (4.3-2)$$

wenn Rohre mit mittlerer Wanddicke bestellt werden, siehe Bild 4.3-1.

Wenn Rohre mit Mindestwanddicke und Plus-Toleranzen bestellt werden, siehe Bild 4.3-2, ist die berechnete Dicke e_a :

$$e_a = e_{\text{ord}} - c_0 - c_2 \quad (4.3-3)$$

Der Mindestwert der bestellten Wanddicke e_{ord} eines Bauteils (Rohr oder Formstück) wird wie folgt berechnet:

— Wenn der Wert der Toleranz c_1 durch Längeneinheiten ausgedrückt wird:

$$e_{\text{ord}} \geq e + c_0 + c_1 + c_2 \quad (4.3-4)$$

— Wenn der Wert der Toleranz c_1 als Prozentsatz x der bestellten Wanddicke e_{ord} ausgedrückt wird:

$$e_{\text{ord}} \geq (e + c_0 + c_2) 100 / (100 - x) \quad (4.3-5)$$

ANMERKUNG Wenn Rohre mit Mindestwanddicke und positiven Toleranzen bestellt werden, siehe Bild 4.3-2, muss der Wert der Toleranz in der Gleichung (4.3-4) auf $c_1 = 0$ oder in der Gleichung (4.3-5) auf $x = 0$ gesetzt werden.

4.4 Toleranzen

In den Berechnungen müssen die Nennmaße verwendet und die Wanddickentoleranzen müssen berücksichtigt werden.

4.5 Schweißnahtfaktor

Der Schweißnahtfaktor z ist bei der Berechnung der Wanddicke von Bauteilen zu verwenden, die eine oder mehrere Stumpfnähte aufweisen, die nicht in Umfangsrichtung liegen; er darf folgende Werte nicht übersteigen:

- bei Bauteilen, für die durch zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfungen nachgewiesen wird, dass die Gesamtheit der Nähte keine signifikanten Fehler aufweist: 1.
- bei Bauteilen, von denen Stichproben einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen werden: 0,85.
- bei Bauteilen, die lediglich einer Sichtprüfung unterzogen werden: 0,7.

Für die Festigkeitsberechnung von Bauteilen mit stumpfgeschweißten Nähten unter außergewöhnlichen Betriebsbedingungen oder unter Prüfbedingungen ist die Berücksichtigung eines Schweißnahtfaktors nicht erforderlich.

ANMERKUNG Siehe EN 13480-5:2012, Tabelle 8.3-1.

4.6 Dimensionierung von druckbeaufschlagten Rohrleitungsbauteilen

Die Abschnitte 6, 7, 8, 9, 10 und 11 beschreiben die „Konstruktion nach Regeln“ von Rohrleitungsbauteilen für ruhende und wechselnde Beanspruchungen. Dies kann durch „Auslegung mit Analyseverfahren“ nach EN 13445-3, Anhang B und Anhang C, sofern zutreffend, ergänzt oder ersetzt werden. Die Anforderungen der Abschnitte 6, 7, 8, 9 und 11 gelten für vorwiegend ruhende Beanspruchung. Es wird angenommen, dass es bei 1 000 Druckzyklen über die volle Schwankungsbreite nicht zu Ermüdungsschäden des betrachteten Rohrleitungsbauteils kommt. Werden hochfeste Werkstoffe mit f größer als 250 N/mm² verwendet, so ist die Wechselbeanspruchung einer genauen Analyse nach Abschnitt 10 zu unterziehen.

Bei Bauteilen unter Wechselbeanspruchung (siehe Abschnitt 10) ist die Geometrie des betrachteten Bauteils so zu wählen, dass Formen vermieden werden, bei denen hohe Spannungskonzentrationen entstehen. Ist eine größere Anzahl von Druckzyklen zu berücksichtigen, so gilt das in 10.3 beschriebene Bewertungsverfahren. Liegt eine Kombination aus erheblichen Temperaturgradienten über die gesamte Wanddicke und Druckschwankungen vor, so gilt das in 10.4 beschriebene Bewertungsverfahren.

Für Bauteile, bei denen signifikante Schnittmomente durch angeschlossene Rohrleitungen auftreten, sind die Regeln nach 12.4 anzuwenden.

Die Festigkeiten von Bauteilen nach Europäischen Normen, mit Druck/Temperatur-Zuordnung, z. B. von Flanschen, und Bauteilen, deren Wanddicke von genormten Rohren abgeleitet sind, z. B. von Formstücken, brauchen nicht erneut berechnet zu werden.

5 Zulässige Spannungen

5.1 Allgemeines

Der Wert der zulässigen Spannung ist der geringere der Werte für den in 5.2 festgelegten zeitunabhängigen Bereich und für den in 5.3 festgelegten zeitabhängigen Bereich und muss für jeden Auslegungs- und Prüfzustand ermittelt werden.

Die Werte der zulässigen Spannung werden aus den Werkstoffeigenschaften ermittelt, die in den in EN 13480-2 angegebenen Werkstoffnormen und -spezifikationen festgelegt sind. Diese für den Lieferzustand festgelegten Mindestwerte können für Konstruktionszwecke herangezogen werden, sofern nicht bekanntermaßen Fertigung und/oder Wärmebehandlung zu niedrigeren Werten führen. In derartigen Fällen sind die einzusetzenden Festigkeitswerte im Einvernehmen mit den beteiligten Parteien festzulegen.

Bei Stählen, die bei tiefen Temperaturen (d. h. unter –10 °C) eingesetzt werden, muss die zulässige Spannung bei Raumtemperatur ermittelt werden; derartige Stähle müssen für die Kerbschlagarbeit bei Auslegungsreferenztemperatur einen Wert nach EN 13480-2 aufweisen.

ANMERKUNG 1 Für Zwischenwerte der Temperatur ist eine lineare Interpolation zulässig.

ANMERKUNG 2 Zur Anwendung des für Raumtemperatur geltenden Wertes bei Temperaturen von bis zu 50 °C, siehe EN 13480-2:2012, 4.2.2.1.

ANMERKUNG 3 Angaben für zeitlich begrenzt betriebene Rohrleitungen sind in 4.1 wiedergegeben.

Zusätzliche Anforderungen für Schrauben sind in 6.6 wiedergegeben.

5.2 Zeitunabhängige zulässige Spannung

5.2.1 Nichtaustenitische Stähle

5.2.1.1 Auslegungsbedingungen

Der Wert der zulässigen Spannung muss die nachstehende Gleichung erfüllen:

$$f = \min \left\{ \frac{R_{eH\,t}}{1,5} \text{ oder } \frac{R_{p0,2\,t}}{1,5}; \frac{R_m}{2,4} \right\} \quad (5.2.1-1)$$

5.2.1.2 Prüfbedingungen

Der Konstrukteur muss sicherstellen, dass der Wert der zulässigen Spannung f_{test} unter den Bedingungen während der Druckprüfung nach EN 13480-5, 95 % R_{eH} bei der festgelegten Prüftemperatur nicht überschreitet.

5.2.2 Austenitische Stähle

5.2.2.1 Auslegungsbedingungen

Der Wert der zulässigen Spannung muss nachstehende Gleichungen erfüllen:

— für $A \geq 35 \%$

$$f = \frac{R_{p1,0\,t}}{1,5} \quad (5.2.2-1)$$

$$\text{oder } f = \min \left(\frac{R_{m\,t}}{3}; \frac{R_{p1,0\,t}}{1,2} \right), \text{ falls der Wert } R_{m\,t} \text{ vorliegt.}$$

— für $35 \% > A \geq 30 \%$

$$f = \min \left(\frac{R_{p1,0\,t}}{1,5}; \frac{R_m}{2,4} \right) \quad (5.2.2-2)$$

— für $A < 30 \%$ siehe 5.2.1.1.

Wenn verschiedene Werte für die Bruchdehnung in Längs- und Querrichtung in der Werkstoffnorm angegeben werden, dann muss der niedrigste Wert verwendet werden.

5.2.2.2 Prüfbedingungen

Für $A \geq 35 \%$ muss der Konstrukteur sicherstellen, dass der Wert der Spannung unter den Bedingungen während der Druckprüfung nach EN 13480-5 den größeren der folgenden beiden Werte nicht überschreitet:

— 95 % $R_{p1,0}$ bei der festgelegten Prüftemperatur;

— 45 % R_m bei der festgelegten Prüftemperatur.

Für $30 \leq A < 35 \%$ muss der Konstrukteur sicherstellen, dass der Wert der Spannung unter den Bedingungen während der Druckprüfung nach EN 13480-5 den Wert 95 % $R_{p1,0}$ bei der festgelegten Prüftemperatur nicht überschreitet.

Für $A < 30 \%$ muss der Konstrukteur sicherstellen, dass der Wert der Spannung unter den Bedingungen während der Druckprüfung nach EN 13480-5 bei der festgelegten Prüftemperatur $95 \% R_{eH}$ oder $95 \% R_{p0,2}$ nicht überschreitet.

5.2.3 Nickel-, Chromnickel- und Chromstähle

Die zeitunabhängige zulässige Spannung für Nickel-, Chromnickel- und Chromstähle ist abhängig von der festgelegten Mindestbruchdehnung bei Umgebungstemperatur.

5.2.4 Stahlguss

5.2.4.1 Auslegungsbedingungen

Der Wert der zulässigen Spannung muss die nachstehende Gleichung erfüllen:

$$f = \min \left(\frac{R_{eHt}}{1,9} \text{ oder } \frac{R_{p0,2t}}{1,9}; \frac{R_m}{3,0} \right) \quad (5.2.4-1)$$

5.2.4.2 Prüfbedingungen

Der Konstrukteur muss sicherstellen, dass der Wert der Spannung unter den Bedingungen während der Druckprüfung nach EN 13480-5 den Quotienten aus dem bei der festgelegten Prüftemperatur für R_{eH} oder $R_{p0,2}$ geltenden Wert und dem Sicherheitsbeiwert 1,4 nicht überschreitet.

5.2.5 Zusätzliche Anforderungen an Stähle ohne besondere Qualitätsüberwachung

5.2.5.1 Allgemeines

Stähle ohne besondere Qualitätsüberwachung sind solche mit einem Prüfbericht 2.2 nach EN 10204 oder niedriger und dürfen verwendet werden, wenn dies in der technischen Spezifikation als zulässig angegeben ist.

Diese Stähle müssen vor der Verwendung einer Werkstoffverwechslungsprüfung unterzogen werden, um ihre Schweißbarkeit sicherzustellen.

5.2.5.2 Auslegungsbedingungen

Der in 5.2.1.1 angegebene Wert der zulässigen Spannung muss durch einen zusätzlichen Sicherheitsbeiwert von mindestens 1,2 dividiert werden.

Sind für unlegierte oder niedriglegierte Stähle in den Werkstoffnormen keine Werte für die Warmstreckgrenze festgelegt, so kann die nachstehende Gleichung herangezogen werden:

$$R_{p0,2} = R_m \frac{720 - t}{1400} \quad (5.2.5-1)$$

Dabei gilt für t ein Wert zwischen $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.2.5.3 Prüfbedingungen

Der Konstrukteur muss sicherstellen, dass der Wert der Spannung unter den Bedingungen während der Druckprüfung nach EN 13480-5 den bei der festgelegten Prüftemperatur für $95 \% R_{eH}$ geltenden Wert nicht überschreitet.

5.3 Zeitabhängige zulässige Spannung

5.3.1 Allgemeines

Für nicht in Umfangsrichtung verlaufende Stumpfnähte in geschweißten Rohren und Formstücken sind die Zeitstandfestigkeitswerte der Schweißnähte zu berücksichtigen, wenn nachgewiesene Werte verfügbar sind. Andernfalls muss das Minimum der um 20 % reduzierten Zeitstandfestigkeitswerte entweder des Grundwerkstoffs oder des Schweißguts berücksichtigt werden.

Für in Umfangsrichtung verlaufende Stumpfnähte hängt die Notwendigkeit der Berücksichtigung der reduzierten Zeitstandfestigkeitswerte von der Spannungsverteilung im Querschnitt ab. Detaillierte Spannungsanalysen können herangezogen werden.

5.3.2 Stähle

5.3.2.1 Auslegungsbedingungen

Die Dimensionierungsspannung im Zeitstandbereich f_{cr} für die Auslegung für ruhende Belastung muss die nachstehende Gleichung erfüllen:

$$f_{cr} = \frac{S_{RTt}}{S_{f_{cr}}} \quad (5.3.2-1)$$

Dabei ist

$S_{f_{cr}}$ ein zeitabhängiger Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 5.3.2-1, der von der Auslegungslebensdauer abhängt.

Tabelle 5.3.2-1 — Sicherheitsbeiwerte als Funktion der mittleren Zeitstandfestigkeit in Abhängigkeit von der Zeit

Auslegungslebensdauer ^{a)}	Ohne Überwachung der Zeitstanderschöpfung ^{c)}		Mit Überwachung der Zeitstanderschöpfung ^{c)}	
t [h]	Mechanische Eigenschaft	$S_{f_{cr}}$	Mechanical property	$S_{f_{cr}}$
$10\,000 \leq t \leq 100\,000$	S_{RTt}	1,5	S_{RTt}	1,25
$100\,000 < t < 200\,000$	$S_{RTt}^{d)}$	1,5 ^{d)}	S_{RTt}	1,25
$t = 200\,000$	$S_{RTt}^{d)}$	1,5 ^{d)}	$S_{RT\,200\,000\,h}$ $S_{RT\,150\,000\,h}^{b)}$ $S_{RT\,100\,000\,h}^{b)}$	1,25 1,35 1,5

a) Ist keine Auslegungslebensdauer festgelegt, muss für die mittlere Zeitstandfestigkeit der für 200 000 h geltende Wert mit dem zugehörigen $S_{f_{cr}}$ verwendet werden.

b) Nur in Fällen, in denen in den Werkstoffnormen keine Werte für 200 000 h festgelegt sind, sind die Zeitstandfestigkeitswerte für 150 000 h bzw. 100 000 h für eine Auslegungslebensdauer von 200 000 h mit dem zugehörigen $S_{f_{cr}}$ zu verwenden.

c) Überwachung durch zerstörungsfreie Prüfungen und/oder Berechnungen der Kriechschädigung D_c .

d) Nur erlaubt, wenn $\frac{S_{RT\,200000h}}{S_{RT\,100000h}} \geq 0,781$, um sicherzustellen, dass 60 % der theoretischen Zeitstanderschöpfung bei 200 000 h nicht überschritten werden.

Die mit der festgelegten Lebensdauer verbundenen Zeitstandsfestigkeitswerte müssen auf Grundlage einer logarithmischen Zeitachse sowie einer logarithmischen Spannungsachse (doppelt-logarithmisches Interpolationsschema) interpoliert werden.

5.3.2.2 Prüfbedingungen

Der Konstrukteur muss sicherstellen, dass der Wert der Spannung unter den Bedingungen während der Druckprüfung nach EN 13480-5 den entsprechenden Wert von 95 % R_{eH} oder 95 % $R_{p1,0}$ oder 95 % $R_{p0,2}$ bei der festgelegten Prüftemperatur nicht überschreitet.

5.3.3 Nickel-, Chromnickel- und Chromstähle

Falls in der Spezifikation nichts anderes angegeben ist, gelten die Anforderungen von 5.3.2.

6 Auslegung von Rohrleitungsbauteilen unter Innendruck

6.1 Gerade Rohre

Die geforderte Mindestwanddicke e für gerade Rohre ohne Zuschläge und Toleranzen wird wie folgt berechnet:

— Wenn $D_o/D_i \leq 1,7$:

$$e = \frac{p_c D_o}{2f_z + p_c} \quad (6.1-1)$$

oder

$$e = \frac{p_c D_i}{2f_z - p_c} \quad (6.1-2)$$

— Wenn $D_o/D_i > 1,7$:

$$e = \frac{D_o}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{f_z - p_c}{f_z + p_c}} \right) \quad (6.1-3)$$

oder

$$e = \frac{D_i}{2} \left(\sqrt{\frac{f_z + p_c}{f_z - p_c}} - 1 \right) \quad (6.1-4)$$

ANMERKUNG Hierbei handelt es sich um die Lamé-Gleichung.

6.2 Rohrbiegungen und Rohrbögen

6.2.1 Allgemeines

Für die Berechnung der Wanddicke von Rohrbögen stehen zwei Verfahren zur Verfügung (siehe 6.2.3.1 und Anhang B); für die Berechnung der Wanddicke von Rohrbiegungen gibt es drei Verfahren (siehe 6.2.3.1, 6.2.3.2 und Anhang B). Das ausgewählte Verfahren muss in seiner Gesamtheit angewendet werden.

Die in 6.2.3 angegebenen Gleichungen gelten nur für Rohrbiegungen, deren Unrundheit innerhalb der in EN 13480-4 festgelegten Toleranzen liegt.

ANMERKUNG Die angeführten Berechnungsregeln berücksichtigen die Tatsache [1] und [2], dass bei Rohrbiegungen und Rohrbögen unter Innendruck an der Bogeninnenseite höhere (und an der Bogenaußenseite niedrigere) Spannungen auftreten als bei einem geraden Rohr gleicher Wanddicke.

6.2.2 Symbole

Für die Anwendung von 6.2 gelten zusätzlich zu den Symbolen in Tabelle 3.2-1 die in Tabelle 6.2.2-1 angegebenen Symbole.

Tabelle 6.2.2-1 — Zusätzliche Symbole für die Anwendung von 6.2

Symbol	Erläuterung	Einheit
e_{int}	Geforderte Mindestwanddicke ohne Zuschläge und Toleranzen einer Rohrbiegung an der Bogeninnenseite	mm
e_{ext}	Geforderte Mindestwanddicke ohne Zuschläge und Toleranzen einer Rohrbiegung an der Bogenaußenseite	mm
R	Radius von Rohrbiegung und Rohrbogen	mm

6.2.3 Erforderliche Wanddicke

6.2.3.1 Standardverfahren

Die geforderte Mindestwanddicke ohne Zuschläge und Toleranzen wird wie folgt berechnet:

— an der Bogeninnenseite

$$e_{\text{int}} = e \frac{(R / D_o) - 0,25}{(R / D_o) - 0,5} \quad (6.2.3-1)$$

— an der Bogenaußenseite

$$e_{\text{ext}} = e \frac{(R / D_o) + 0,25}{(R / D_o) + 0,5} \quad (6.2.3-2)$$

Dabei ist

e der nach 6.1 berechnete Wert für gerade Rohre.

6.2.3.2 Genaueres Verfahren

Das genauere Verfahren zur Berechnung der Wanddicken der Rohrbiegungen und Rohrbögen ist nach Anhang B durchzuführen.

Tabelle 6.2.3-1 — Mindest-Rohrwanddicke vor dem Induktivbiegen

Radius	Standardverfahren 6.2.3.1
10 D_o	1,02 e
8 D_o	1,03 e
6 D_o	1,04 e
5 D_o	1,04 e
4 D_o	1,05 e
3 D_o	1,06 e
2,5 D_o	1,08 e
2 D_o	1,10 e
1,5 D_o	1,15 e

6.3 Segmentkrümmer

6.3.1 Allgemeines

Die folgenden Regeln für die Berechnung von Segmentkrümmern (siehe Bild 6.3.2-1) gelten nur, wenn die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

Segmentkrümmer mit Gehrungswinkeln an einem Segmentschnitt von mehr als 22,5° (siehe Winkel α in Bild 6.3.2-1) dürfen bei Wechselbeanspruchung (>7 000 Zyklen) nicht verwendet werden.

Zusätzlich sollte bei zeitabhängigen Auslegungsspannungen Hochtemperaturwechselbeanspruchung berücksichtigt werden.

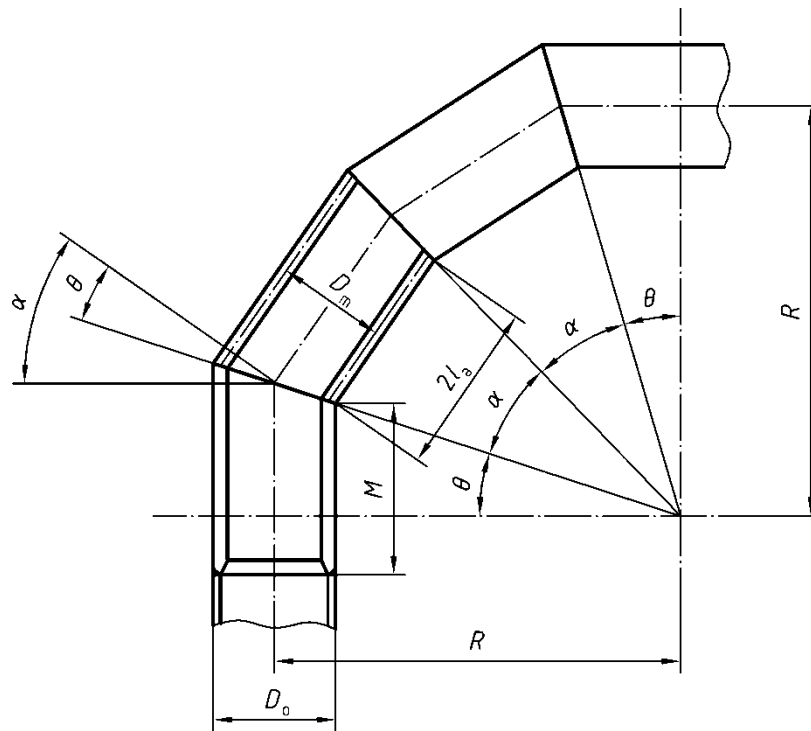
ANMERKUNG Segmentkrümmer mit Gehrungswinkeln bis zu 3° an einem Segmentschnitt können nach dem in 6.1 angegebenen Verfahren berechnet werden.

6.3.2 Symbole

Für die Anwendung von 6.3 gelten zusätzlich zu den Symbolen in Tabelle 3.2-1 die in Tabelle 6.3.2-1 angegebenen Symbole.

Tabelle 6.3.2-1 — Zusätzliche Symbole für die Anwendung von 6.3

Symbol	Erläuterung	Einheit
R	Effektiver Radius des Segmentkrümmers (siehe Bild 6.3.2-1)	mm
l_a	Empirischer Wert als Funktion der Wanddicke e_a (siehe Tabelle 6.3.3-1)	mm
θ	Winkel (siehe Bild 6.3.2-1)	°
α	Gehrungswinkel an einem Segmentschnitt	°



ANMERKUNG $\alpha = 2 \theta$

Bild 6.3.2-1 — Schematische Darstellung eines Segmentkrümmers

6.3.3 Effektiver Radius des Segmentkrümmers

Der Wert von R darf nicht geringer sein als:

$$R = \frac{l_a}{\tan \theta} + \frac{D_0}{2} \quad (6.3.3-1)$$

Dabei ist

l_a in Tabelle 6.3.3-1 angegeben.

Tabelle 6.3.3-1 — Empirische Werte für l_a für Werte von e_a

e_a mm	l_a mm
$e_a \leq 13$	25
$13 < e_a < 22$	$2 e_a$
$e_a \geq 22$	$2/3 e_a + 30$

6.3.4 Segmentkrümmer mit mehr als einem Gehrungsschnitt

Der maximal zulässige Innendruck p_a bei Segmentkrümmern mit mehr als einem Gehrungsschnitt (siehe Bild 6.3.2-1) ist der kleinere der nach den Gleichungen (6.3.4-1) und (6.3.4-2) berechneten Werte, wobei der Wert nur für Krümmer mit dem Winkel $\theta \leq 22,5^\circ$ gilt.

$$p_a = \frac{2 f z e_a}{D_m} \left(\frac{e_a}{e_a + 0,643 \tan \theta \sqrt{0,5 D_m e_a}} \right) \quad (6.3.4-1)$$

$$p_a = \frac{2 f z e_a}{D_m} \left(\frac{R - 0,5 D_m}{R - 0,25 D_m} \right) \quad (6.3.4-2)$$

6.3.5 Segmentkrümmer mit einem Gehrungsschnitt

Ein Segmentkrümmer mit einem Gehrungsschnitt ist ein Segmentkrümmer mit nur einer Abwinkelung.

Der maximal zulässige Innendruck p_a bei Segmentkrümmern mit einem Gehrungsschnitt mit einem Winkel θ von bis zu $22,5^\circ$ muss nach 6.3.4 berechnet werden.

Der maximal zulässige Innendruck p_a bei Segmentkrümmern mit einem Gehrungsschnitt mit dem Winkel θ von mehr als $22,5^\circ$ muss nach Gleichung (6.3.5-1) berechnet werden.

$$p_a = \frac{2 f z e_a}{D_m} \left(\frac{e_a}{e_a + 1,25 \tan \theta \sqrt{0,5 D_m e_a}} \right) \quad (6.3.5-1)$$

6.3.6 An Segmentkrümmer anschließende gerade Rohrsegmente

Die Wanddicke muss sich über eine Länge, die mindestens dem Wert M (siehe Bild 6.3.2-1) auf der Krümmungsinenseite vom Gehrungsschnitt an entspricht, erstrecken; dabei wird M wie folgt berechnet:

$$M = \max \left\{ 2,5 \sqrt{0,5 D_m e_a}; \left(R - \frac{D_m}{2} \right) \tan \theta \right\} \quad (6.3.6-1)$$

6.4 Reduzierstücke

6.4.1 Gültigkeitsbedingungen

Die in 6.4.4 bis 6.4.8 angegebenen Anforderungen gelten für gerade Kegel und Kegel/Zylinder-Verbindungsstellen, falls Kegel und Zylinder die gleiche Rotationsachse haben. Anforderungen an schräge Kegel sind in 6.4.9 angegeben.

Die Anforderungen gelten nicht für:

- Kegel, bei denen der halbe Öffnungswinkel größer als 60° ist;
- Kegel, bei denen

$$\frac{e_a \cos \alpha}{D_c} \leq 0,001 \text{ ist;} \quad (6.4.1-1)$$

- kurze Kegel, die eine Ummantelung mit einer Schale verbinden.

Die Grenzwerte für den Mindestabstand zu anderen Störstellen sind in den einzelnen Abschnitten angegeben.

6.4.2 Spezielle Begriffe

6.4.2.1 Verbindungsstück zwischen Zylinder und Kegel

Verbindung der Streckenabschnitte von Zylinder und Kegel mit mittlerer Wanddicke, die gegebenenfalls um eine Krempe verlängert wird (siehe Bild 6.4.2-1 und Bild 6.4.2-2 für Beispiele für große Durchmesserenden)

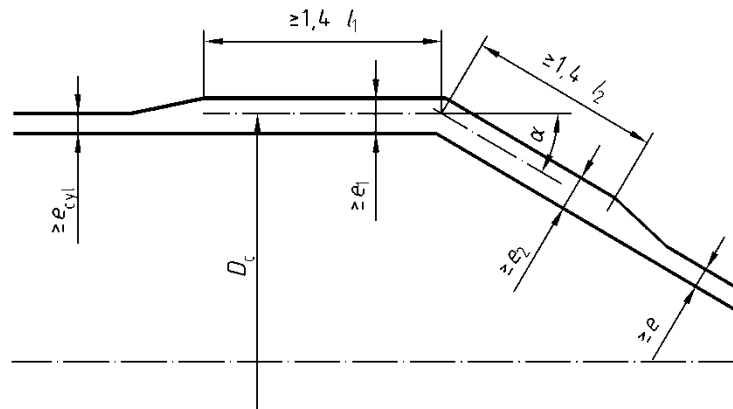


Bild 6.4.2-1 — Geometrische Gestalt einer Kegel/Zylinder-Verbindung ohne Krempe — Großes Durchmesserende

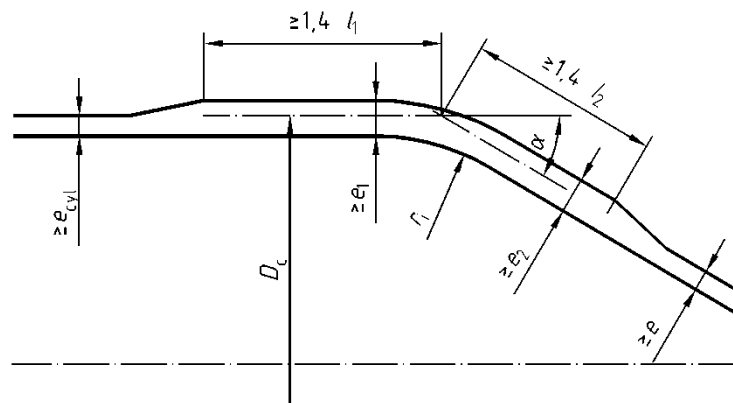


Bild 6.4.2-2 — Geometrische Gestalt einer Kegel/Zylinder-Verbindung mit Krempe — Großes Durchmesserende

6.4.3 Spezielle Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung von 6.4 gelten zusätzlich zu den Symbolen in Tabelle 3.2-1 die in Tabelle 6.4.3-1 angegebenen Symbole.

Tabelle 6.4.3-1 — Zusätzliche Symbole für 6.4

D_c	Mittlerer Durchmesser des Zylinders an der Verbindungsstelle mit dem Kegel
D_e	Außendurchmesser des Kegels
D_i	Innendurchmesser des Kegels
D_K	nach Gleichung (6.4.4-7) berechneter Durchmesser
D_m	Mittlerer Durchmesser des Kegels
e_{con}	nach 6.4.4 bestimmte geforderte Wanddicke des Kegels
e_{cyl}	nach 6.1 bestimmte geforderte Wanddicke des Zylinders
e_j	geforderte oder ermittelte Wanddicke an der Verbindung am großen Durchmesserende eines Kegels
e_1	geforderte Wanddicke des Zylinders an der Verbindung
e_{1a}	ermittelte Wanddicke der Verstärkung im Zylinder
e_2	geforderte Wanddicke des Kegels und der Krempe an der Verbindung
e_{2a}	ermittelte Wanddicke der Verstärkung im Kegel
f	Auslegungsspannung. Für die Konstruktion von Verbindungen nach 6.4.6 bis 6.4.9 ist dies der kleinste der für die einzelnen Bauteile ermittelten Werte
l_1	Länge des Zylinders
l_2	Länge des Kegels am großen oder am kleinen Durchmesserende
r_i	Innenradius der Krempe
α	Halber Öffnungswinkel des Kegels (Grad)
β	ein in 6.4.6 festgelegter Faktor
β_H	ein in 6.4.8 festgelegter Faktor
γ	ein in 6.4.7 festgelegter Faktor
ρ	ein in 6.4.7 festgelegter Faktor
τ	ein in 6.4.8 festgelegter Faktor

6.4.4 Kegelschalen

Die geforderte Wanddicke an jedem Punkt des Kegels muss nach einer der beiden nachstehenden Gleichungen berechnet werden:

$$e_{con} = \frac{p_c D_i}{2fz - p_c} \frac{1}{\cos \alpha} \quad (6.4.4-1)$$

oder

$$e_{con} = \frac{p_c D_e}{2fz + p_c} \frac{1}{\cos \alpha} \quad (6.4.4-2)$$

Dabei sind

D_i und D_e die Innen- und Außendurchmesser an dem betrachteten Punkt.

Bei gegebener geometrischer Gestalt gilt:

$$p_{max} = \frac{2fze_{con} \cos \alpha}{D_m} \quad (6.4.4-3)$$

Dabei ist

D_m der mittlere Durchmesser am betrachteten Punkt.

Für das große Durchmesserende eines mit einem Zylinder verbundenen Kegels können folgende Substitutionen vorgenommen werden:

$$D_i = D_k \quad (6.4.4-4)$$

$$D_e = D_k + 2e_2 \cos \alpha \quad (6.4.4-5)$$

$$D_m = (D_i + D_e)/2 \quad (6.4.4-6)$$

Dabei ist

$$D_K = D_c - e_1 - 2r_i (1 - \cos \alpha) - l_2 \sin \alpha \quad (6.4.4-7)$$

Zu r_i siehe Bild 6.4.2-2.

ANMERKUNG 1 Die in diesem Abschnitt angegebene Wanddicke ist der Mindestwert. Die Wanddicke muss gegebenenfalls zur Verstärkung an Verbindungsstellen mit anderen Bauteilen oder an Stützen oder Auslässen oder aber zur Aufnahme von anderen als Druckbelastungen erhöht werden.

ANMERKUNG 2 Da die nach dem oben stehendem Verfahren berechnete Wanddicke die für den betrachteten Punkt des Kegels zulässige Mindestwanddicke ist, ist es zulässig, einen Kegel aus Blechen unterschiedlicher Dicke zu fertigen, sofern die Mindestdicke in jedem Punkt erreicht wird.

6.4.5 Verbindungsstellen – Allgemeines

Die Anforderungen von 6.4.6, 6.4.7 und 6.4.8 gelten, wenn der Abstand der Verbindung zu einer benachbarten Verbindung oder Störstelle, wie z. B. einer anderen Kegel/Zylinder-Verbindungsstelle oder einem Flansch, mindestens $2 l_1$ am Zylinder und $2 l_2$ am Kegel beträgt; dabei ist:

$$l_1 = \sqrt{D_c e_1} \quad (6.4.5-1)$$

$$l_2 = \sqrt{\frac{D_c e_2}{\cos \alpha}} \quad (6.4.5-2)$$

Die Länge des Kegels kann auf weniger als $2l_2$ verringert werden, sofern die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- die nach 6.4.6 bzw. 6.4.7 berechnete Wanddicke e_2 , liegt über die gesamte Länge des Kegels vor;
- die Verbindung am kleinen Durchmesserende des Kegels ist nach 6.4.8 ausreichend bemessen.

6.4.6 Verbindungsstellen zwischen einem Zylinder ohne Krempe und einem Kegel an dessen großem Durchmesserende

6.4.6.1 Gültigkeitsbedingungen

Die Anforderungen von 6.4.6.2 und 6.4.6.3 gelten, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- 1) die Verbindung muss eine Stumpfnahht sein, deren innere und äußere Oberflächen sanft in den benachbarten Kegel bzw. Zylinder übergehen, ohne dass die Wanddicke örtlich vermindert wird.
- 2) die Schweißnaht an der Verbindung muss einer zu 100 % zerstörungsfreien Prüfung unter Anwendung von radiographischen oder Ultraschallmessverfahren unterzogen werden, es sei denn, die Wanddicke an der Schweißnaht überschreitet konstruktionsgemäß $1,4e_j$; in diesem Fall sind die üblichen Regeln für die entsprechende Auslegung anzuwenden.

6.4.6.2 Auslegung

Die geforderte Dicke e_1 des Zylinders an der Verbindungsstelle ist gleich dem größeren der Werte für e_{cyl} und e_j , wobei e_j wie folgt zu berechnen ist:

$$\beta = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{D_c}{e_j}} \cdot \frac{\tan \alpha}{1 + 1/\sqrt{\cos \alpha}} - 0,15 \quad (6.4.6-1)$$

$$e_j = \frac{p_c D_c \beta}{2f} \quad (6.4.6-2)$$

Das Ergebnis gilt als annehmbar, wenn der nach Gleichung (6.4.6-2) erhaltene Wert nicht kleiner als der in Gleichung (6.4.6-1) angenommene Wert ist. β kann auch aus dem Graphen in Bild 6.4.6-1 abgelesen werden.

Diese Wanddicke muss am Zylinder bis zu einem Abstand von mindestens $1,4 l_1$ von der Verbindungsstelle aufrechterhalten werden.

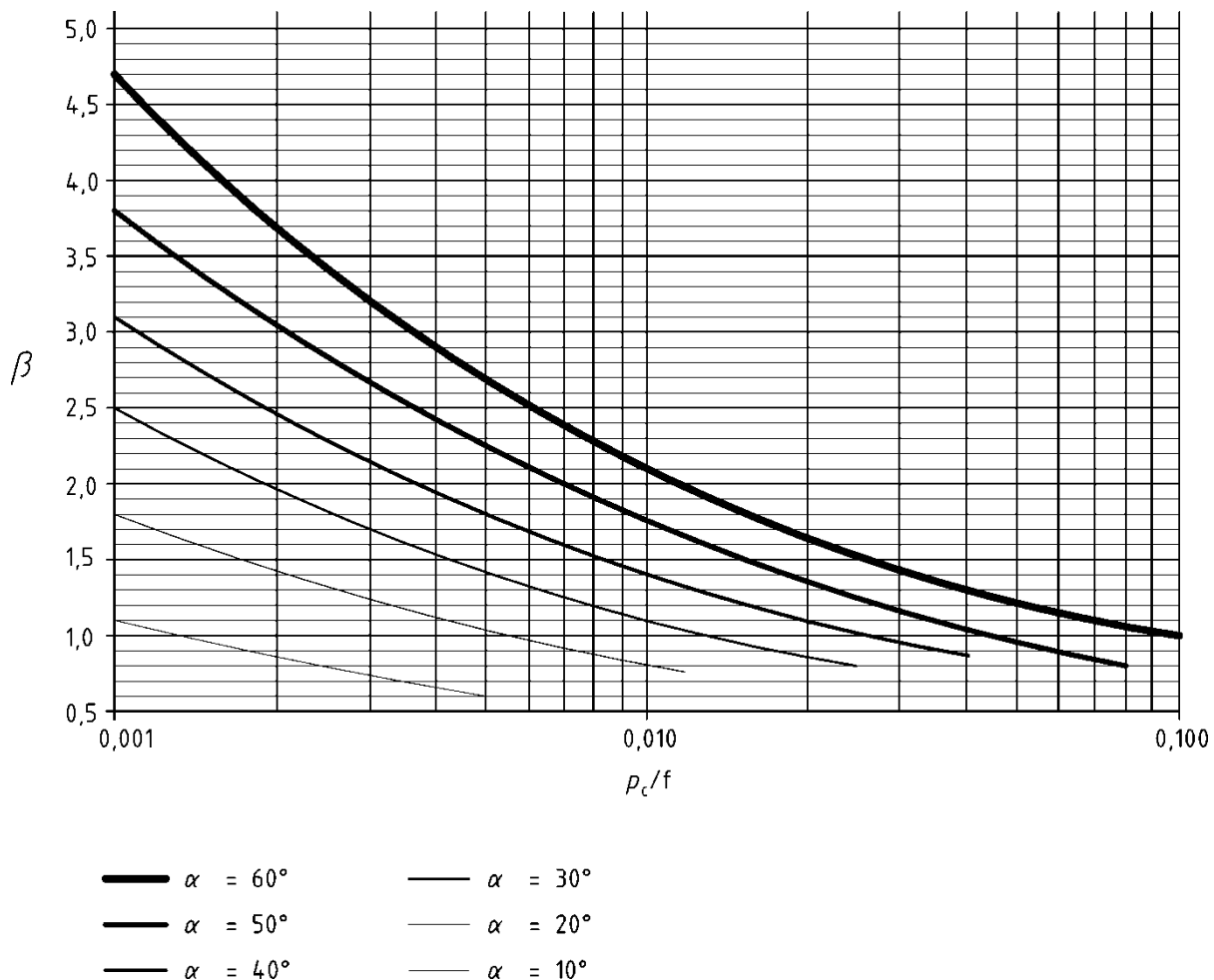


Bild 6.4.6-1 — Werte des Beiwerts β für Verbindungsstellen von Kegel und Zylinder ohne Krimpe

Die geforderte Wanddicke e_2 des Kegels an der Verbindungsstelle ist gleich dem größeren der Werte für e_{con} und e_j . Diese Dicke muss bis zu einem Abstand von der Verbindung von mindestens $1,4 l_2$ am Kegel beibehalten werden, siehe Bild 6.4.6-1.

Es ist zulässig, die Verstärkung wie folgt umzuverteilen, sofern die Anforderungen an die Mindestwanddicke von 6.1 und 6.4.4 weiterhin erfüllt werden.

Die Wanddicke des Zylinders kann nahe der Verbindungsstelle erhöht und weiter davon entfernt verringert werden, sofern die Querschnittsfläche des Zylindermetalls bis zu einem Abstand von $1,4 l_1$ von der Verbindungsstelle nicht weniger als $1,4 e_1 l_1$ beträgt. Zusätzlich kann die Wanddicke des Kegels nahe der Verbindungsstelle erhöht und weiter davon entfernt verringert werden, sofern die Querschnittsfläche des Kegelmetalls bis zu einem Abstand von $1,4 l_2$ von der Verbindungsstelle nicht weniger als $1,4 e_2 l_2$ beträgt.

6.4.6.3 Bemessungsdaten

Der maximal zulässige Druck bei gegebener Geometrie wird wie folgt berechnet:

- a) Bei Zylindern ist Gleichung (6.4.6-3) anzuwenden;

$$P_{\text{max}} = \frac{2 f z e_a}{D_c} \quad (6.4.6-3)$$

- b) bei Kegeln ist Gleichung (6.4.4-3) anzuwenden;
 c) die Verstärkungswanddicke des Zylinders e_{1a} ist an der Verbindungsstelle zu bestimmen;
 d) die Verstärkungswanddicke des Kegels e_{2a} ist an der Verbindungsstelle zu bestimmen;
 e) Gleichung (6.4.4-3) ist mit der Dicke e_{2a} und dem Durchmesser D_m anzuwenden;
 f) e_j ist als der kleinere der beiden Werte e_{1a} und e_{2a} zu ermitteln;
 g) β ist nach Gleichung (6.4.6-1) zu berechnen, daraus ergibt sich:

$$P_{\text{max}} = \frac{2 f e_j}{\beta D_c} \quad (6.4.6-4)$$

- h) der maximal zulässige Druck ist der kleinste der nach a), b), e) und g) ermittelten Drücke.

ANMERKUNG Für die Bestimmung der Verstärkungswanddicke in c) und d) kann das folgende Verfahren angewendet werden:

- 1) Unter Annahme eines Wertes für e_{1a} (als Anfangswert sollte die Dicke an der Verbindungsstelle gewählt werden)
- 2) ist zu berechnen:

$$l_1 = 1,4 \sqrt{D_c e_{1a}} \quad (6.4.6-5)$$

- 3) Falls die Dicke innerhalb des Abstandes l_1 konstant ist, gilt e_{1a} als bestätigt;
- 4) falls nicht, ist die Fläche des Metalls A_1 innerhalb des Abstandes l_1 von der Verbindungsstelle zu berechnen.
- 5) Ein besserer Schätzwert ergibt sich aus:

$$e_{1a} = A_1 / l_1 \quad (6.4.6-6)$$

Das Ergebnis gilt als annehmbar, wenn es nicht größer als e_{1a} wie unter 1) angenommen ist.

- 6) Falls das Ergebnis nicht annehmbar ist, ist zu 1) zurückzukehren.
- 7) Für die Ermittlung von e_{2a} ist das gleiche Verfahren anzuwenden.

$$l_2 = 1,4 \sqrt{\frac{D_c \cdot e_{2a}}{\cos \alpha}} \quad (6.4.6-7)$$

6.4.7 Verbindungsstellen zwischen einem Zylinder mit Krempe und einem Kegel an dessen großem Durchmesserende

6.4.7.1 Gültigkeitsbedingungen

Dieser Abschnitt gilt, wenn die nachstehenden Bedingungen sämtlich erfüllt sind:

- a) die Krempe ist ringförmig und hat sanfte Übergänge zum benachbarten Kegel und Zylinder; und
- b) der innere Krümmungsradius der Krempe $r_i < 0,3 D_c$.

ANMERKUNG Dieser Abschnitt schreibt keinen Mindestwert für den Krümmungsradius der Krempe vor.

6.4.7.2 Auslegung

Der Wert von e_j ist nach folgendem Verfahren zu bestimmen:

Unter Annahme eines Wertes für e_j ist zu berechnen:

$$\beta = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{D_c}{e_j}} \cdot \frac{\tan \alpha}{1 + 1/\sqrt{\cos \alpha}} - 0,15 \quad (6.4.7-1)$$

$$\rho = \frac{0,028 r_i}{\sqrt{D_c e_j}} \frac{\alpha}{1 + 1/\sqrt{\cos \alpha}} \quad (6.4.7-2)$$

$$\gamma = 1 + \frac{\rho}{1,2 \left(1 + \frac{0,2}{\rho} \right)} \quad (6.4.7-3)$$

$$e_j = \frac{p_c D_c \beta}{2f \gamma} \quad (6.4.7-4)$$

Das Ergebnis gilt als annehmbar, wenn der nach Gleichung (6.4.7-4) erhaltene Wert nicht kleiner ist als angenommen.

Die geforderte Wanddicke e_1 des Zylinders an der Verbindungsstelle ist gleich dem größeren der Werte für e_{cyl} und e_j .

Diese Wanddicke muss entlang des Zylinders bis zu einem Abstand von der Verbindung von mindestens $1,4 l_1$ und bis zu einem Abstand von der Krempe/der Zylindertangente von $0,5 l_1$ beibehalten werden.

Die geforderte Wanddicke e_2 von Krempe und Kegel an der Verbindungsstelle ist gleich dem größeren der Werte für e_{con} und e_j . Diese Wanddicke muss entlang des Kegels bis zu einem Abstand von der Verbindungsstelle mindestens $1,4 l_2$ und bis zu einem Abstand von der Krempe/der Zylindertangente von $0,7 l_2$ beibehalten werden.

6.4.7.3 Bemessungsdaten

Der maximal zulässige Druck bei gegebener Geometrie wird wie folgt berechnet:

- Zu bestimmen sind die Dicke des Zylinders neben der Krempe e_{1a} und die Dicke der Krempe e_{2a} und des benachbarten Teils des Kegels;
- Es ist zu prüfen, ob die Einschränkungen von 6.4.7.1 eingehalten werden;
- Bei Zylindern ist Gleichung (6.4.6-3) mit $e_a = e_{1a}$ anzuwenden;
- bei Kegeln ist Gleichung (6.4.4-3) mit $e_{con} = e_{2a}$ anzuwenden;
- e_j ist als der kleinere der beiden Werte e_{1a} und e_{2a} zu ermitteln;
- β und γ sind nach den Gleichungen (6.4.7-1) und (6.4.7-3) zu berechnen, daraus ergibt sich:

$$P_{\max} = \frac{2f\gamma e_j}{\beta D_c} \quad (6.4.7-5)$$

- der maximal zulässige Druck ist der kleinste der nach c), d) und f) ermittelten Drücke.

6.4.8 Verbindungsstellen zwischen einem Zylinder und einem Kegel an dessen kleinem Durchmesserende

6.4.8.1 Gültigkeitsbedingungen

Die Anforderungen von 6.4.8.2 und 6.4.8.3 gelten, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die geforderte Dicke des Zylinders e_1 wird bis zu einem Abstand von l_1 und die des Kegels e_2 bis zu einem Abstand von l_2 von der Verbindungsstelle beibehalten (siehe Bild 6.4.8-1); und
- die Dicken erfüllen die Anforderungen von 6.1 und 6.4.4.

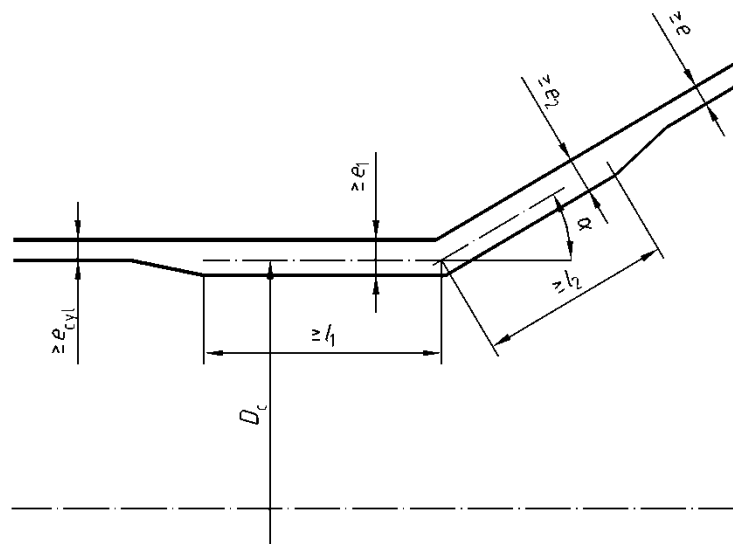


**Bild 6.4.8.1-1 — Geometrische Gestalt der Kegel/Zylinder-Verbindung:
 Kleines Durchmesserende**

6.4.8.2 Auslegung

Die geforderten Dicken e_1 und e_2 sind nach folgendem Verfahren zu bestimmen:

Unter Annahme jeweils eines Wertes für e_1 und e_2 ist zu berechnen:

$$s = \frac{e_2}{e_1} \quad (6.4.8-1)$$

Wenn $s < 1$ dann gilt

$$\tau = s \sqrt{\frac{s}{\cos \alpha}} + \sqrt{\frac{1+s^2}{2}} \quad (6.4.8-2)$$

Wenn $s \geq 1$ dann gilt

$$\tau = 1 + \sqrt{s \left\{ \frac{1+s^2}{2 \cos \alpha} \right\}} \quad (6.4.8-3)$$

$$\beta_H = 0,4 \sqrt{\frac{D_c}{e_1}} \frac{\tan \alpha}{\tau} + 0,5 \quad (6.4.8-4)$$

Falls

$$p_c \leq \frac{2 f z e_1}{D_c \beta_H} \quad (6.4.8-5)$$

dann gelten die Ergebnisse für e_1 und e_2 als annehmbar.

ANMERKUNG Das oben angegebene Verfahren liefert Werte für e_1 und e_2 , die voneinander abhängen. die Werte können frei gewählt werden, um den Erfordernissen der Auslegung gerecht zu werden, z. B. um einen gewünschten Wert für l_1 oder l_2 zu erzielen.

Sofern die Anforderungen von 6.1 und 6.4.4 weiterhin erfüllt werden, ist es zulässig, die Auslegung nach der obigen Regel wie folgt zu ändern:

- Ist $e_1 = e_2$, kann eine Krempe gleicher Wanddicke eingefügt werden. l_1 und l_2 sind weiterhin von der Verbindungsstelle (d. h. dem Schnittpunkt der Waddickenmittellinien von Kegel und Zylinder) aus zu messen;
- Die Wanddicke des Zylinders kann nahe der Verbindungsstelle erhöht und weiter davon entfernt verringert werden, sofern die Querschnittsfläche des Zylindermetalls bis zu einem Abstand von l_1 von der Verbindungsstelle nicht weniger als $l_1 e_1$ beträgt. Zusätzlich kann die Wanddicke des Kegels nahe der Verbindungsstelle erhöht und weiter davon entfernt verringert werden, sofern die Querschnittsfläche des Kegelmetalls bis zu einem Abstand von l_2 von der Verbindungsstelle nicht weniger als $e_2 l_2$ beträgt.

6.4.8.3 Bemessungsdaten

Der maximal zulässige Druck bei gegebener Geometrie wird wie folgt berechnet:

$$P_{\max} = \frac{2 f z e_{1a}}{D_c \beta_H} \quad (6.4.8-6)$$

β_H wird nach den Gleichungen (6.4.8-1) bis (6.4.8-4) berechnet, wobei e_1 und e_2 durch e_{1a} bzw. e_{2a} zu ersetzen sind.

ANMERKUNG 1 Für die Ermittlung von e_{1a} und e_{2a} ist das in der Anmerkung zu 6.4.6.3 angegebene Verfahren anzuwenden.

ANMERKUNG 2 Die ermittelten Wanddicken können gegebenenfalls die geforderte Wanddicke überschreiten, ohne zu einer Erhöhung von l_1 oder l_2 zu führen.

6.4.9 Reduzierstücke mit Mittellinienversatz

Dieser Abschnitt gilt für Reduzierstücke mit Mittellinienversatz (siehe Bild 6.4.9-1). Die zylindrischen Teile müssen parallele Mittellinien haben, wobei der Versatz zwischen den Mittellinien d_{off} nicht größer sein darf als die Differenz ihrer Radien. Die Wanddicken für die Verbindungsstelle am großen Durchmesserende müssen nach 6.4.6 oder 6.4.7 berechnet werden, Die Mindestwanddicken für die Verbindung am kleinen Durchmesserende müssen nach 6.4.8 berechnet werden. Der größere dieser Werte ist auf das gesamte Reduzierstück anzuwenden. Für den Winkel α wird der größte Winkel zwischen konischem und zylindrischem Teil eingesetzt.

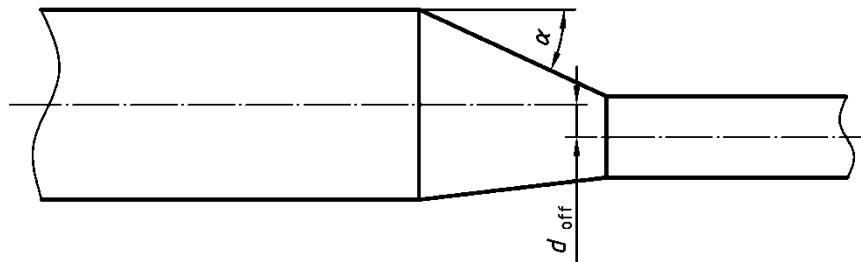


Bild 6.4.9-1 — Reduzierstück mit Mittellinienversatz

6.4.10 Geschmiedete Spezialreduzierstücke

Geschmiedete Spezialreduzierstücke, z. B. für sehr hohe Temperaturen und/oder sehr hohe Innendrucke, die nicht in Produktnormen enthalten sind, können wie in Bild 6.4.10-1 dargestellt ausgelegt werden; dabei gilt:

$$l_1 \geq \sqrt{\frac{D_1 e_1}{\cos \alpha}} \quad (6.4.10-1)$$

$$l_s \geq \sqrt{\frac{D_s e_s}{\cos \alpha}} \quad (6.4.10-2)$$

$$r \geq 10 \text{ mm} \quad (6.4.10-3)$$

$$r' \geq 100 \text{ mm} \quad (6.4.10-4)$$

$$e_r = \max \{e_{\text{cyl}}; e_j\} \quad (6.4.10-5)$$

Dabei entspricht e_{cyl} den Festlegungen in Abschnitt 6.1 und e_j Gleichung (6.4.7-4).

Werden diese Gleichungen erfüllt, ist eine zusätzliche Berechnung nicht erforderlich.

Für Reduzierstücke anderer Auslegung ist die Eignung nachzuweisen.

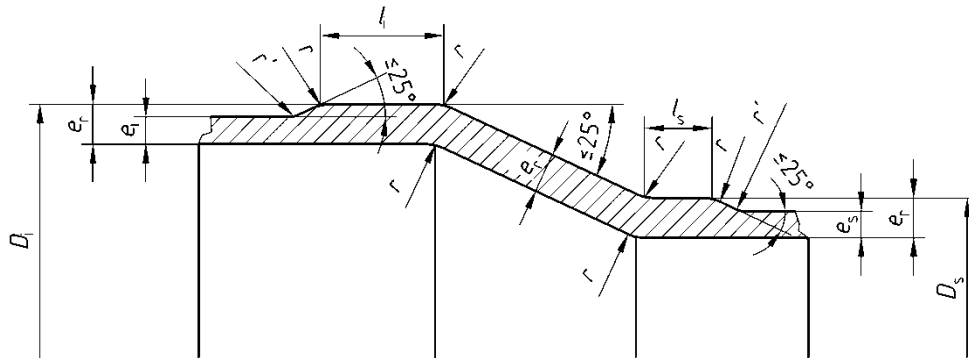


Bild 6.4.10-1 — Geschmiedete Spezialreduzierstücke

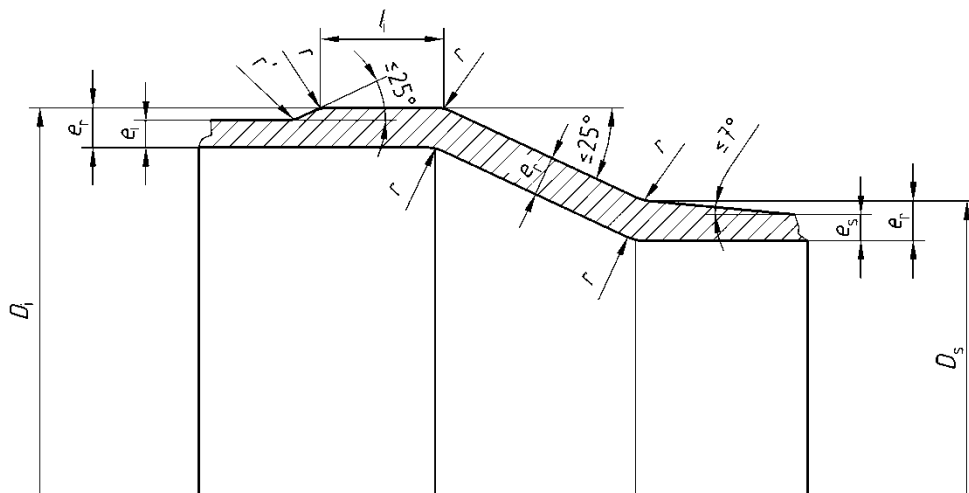


Bild 6.4.10-2 — Geschmiedete Spezialreduzierstücke (alternative Lösung)

6.5 Flexible Rohrleitungselemente

6.5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt befasst sich mit Kompensatoren und umflochtenen Wellschläuchen, die einerseits den Zweck haben, Relativbewegungen und Verschiebungen von Rohrleitungen oder Anlagenbauteilen zu absorbieren und andererseits dazu dienen, Kräfte und Momente, d. h. Spannungen, in Rohren und ihren Anschlüssen zu vermindern.

Die Hersteller derartiger Bauteile tragen die Verantwortung für deren ordnungsgemäße Auslegung und Fertigung.

6.5.2 Kompensatoren

Die Funktion von Rohrleitungssystemen mit Kompensatoren hängt in hohem Maße von der ordnungsgemäßen Kombination aller Bauteile ab. Dies macht es erforderlich, das System, seine Unterstützungen und Festpunkte sowie deren Wechselwirkung mit den Kompensatoren in allen Einzelheiten zu betrachten. Die Kompensatoren sollten nicht als Gebrauchsgüter angesehen werden.

Für die Konstruktion und den Einbau von Kompensatoren siehe Anhang C.

Für die Auslegung und Konstruktion von Kompensatoren müssen folgende Angaben vorliegen:

- Kompensatortyp (Axial-, Angular-, Lateral- oder Universalkompensator);
- Anschlussteil (Anschweißende, Flansch);
- Nenndurchmesser DN oder Abmessungen der Anschlussteile (z. B. Rohrdurchmesser, Wanddicke);
- Betriebs- oder Berechnungsdruck;
- Betriebs- oder Berechnungstemperatur;
- Bewegungen des Kompensators;
 - Gesamtaxialbewegung;
 - Gesamtangularbewegung;
 - Gesamtlateralbewegung;
- Vorspannung (Betrag, Richtung);
- Lastspielzahl (Bewegung, Druck);
- Fluid (Art, Dichte, Additive);
- Strömungsgeschwindigkeit des Fluids;
- Anforderungen an den Werkstoff;
- Zusatzlasten (siehe 4.2.4).

Die einzelnen Bewegungen können auch als Lastkollektive festgelegt werden, für die der Hersteller die Auslegungsdaten festlegt.

ANMERKUNG Die Wellen von Kompensatoren aus Metall haben üblicherweise eine wesentlich geringere Wanddicke als die Rohrleitungsbauteile, an die sie angeschlossen werden. Es ist daher unbedingt erforderlich, sie aus einem Werkstoff zu fertigen, der in der Lage ist, dem Angriff der bei der jeweiligen Anwendung zu erwartenden korrosiven Medien zu widerstehen.

Die Hersteller von Kompensatoren müssen auf Anfrage folgende Angaben für die Systemanalyse bereitstellen:

- Größe der Verstellkräfte in allen Bewegungsrichtungen;
- Größe der Verstellmomente um alle Drehachsen;
- Kräfte und Momente aus Reibung in den Lagern der Gelenke;
- Axiale Druckkraft, die auf die Festpunkte einwirkende druckinduzierte Axialkraft unverspannter Kompensatoren.

6.5.3 Well Schlauchleitungen

Druck-Wellschläuche sind in sich axial verspannt und übertragen keine Druckkräfte auf die benachbarten Rohrleitungen.

Für axiale Bewegungen sollen keine geraden Schlauchleitungen verwendet werden. Bewegungen sollten lateral oder durch Verwendung von Schlauchbögen, als 90°-Bogen oder 180°-Bogen, aufgenommen werden (siehe Bilder 6.5.3-1, 6.5.3-2, 6.5.3-3).

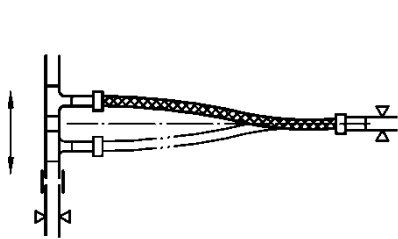


Bild 6.5.3-1

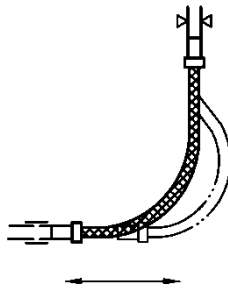


Bild 6.5.3-2

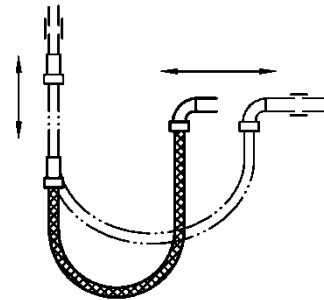


Bild 6.5.3-3

Dem Hersteller müssen für die Auslegung von Schlauchleitungen folgende Angaben zur Verfügung gestellt und berücksichtigt werden:

- Beschreibung der vorgesehenen Anwendung;
- Nennweite der Schlauchleitung;
- maximal zulässiger Betriebsdruck (Innen- und/oder Außendruck);
- Unterdruck, falls zutreffend;
- Umgebungstemperatur und maximal zulässige Betriebstemperatur;
- Werkstoffspezifikation;
- Durchflußmedium;
- Angaben zur möglichen Korrosion, Erosion und Abrasion;
- Strömungsgeschwindigkeit des Mediums;
- Bewegungen und/oder Schwingungen (einschließlich eventuell auftretender Torsion);
- vorgesehene Lebensdauer (z. B. Lastspielzahl);
- Art der Anschlussteile für die Schlauchleitung;
- äußere und innere Schutzmaßnahmen, falls erforderlich;
- besondere Anforderungen an Wärmebehandlung und/oder Reinigung;