
Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Bedeutung der wichtigsten Formelzeichen	13
1 Planungsgrundlagen	17
1.1 Allgemeines	17
1.2 Rohrleitungen innerhalb der Druckgeräterichtlinie (DGRL)	19
1.2.1 Allgemeines	19
1.2.2 Einstufung des Druckgerätes	19
1.2.3 Konformitätsbewertungsverfahren	20
1.2.4 Gefahrenanalyse	25
1.2.5 Betriebsanleitung	25
1.2.6 Anzuwendendes Regelwerk	26
1.2.7 Werkstoffe	26
1.2.8 Dauerhafte Verbindungen (Schweißen)	27
1.2.9 Zerstörungsfreie Prüfung	27
1.2.10 Prüfungen und Abnahmen	27
1.2.11 Dokumentation	27
1.2.12 CE-Kennzeichnung	28
1.2.13 Konformitätserklärung	29
1.3 Betriebssicherheitsverordnung	29
1.3.1 Prüfung vor Inbetriebnahme	29
1.3.2 Wiederkehrende Prüfungen	30
1.4 Fließbilder	30
1.4.1 Bildzeichen für Anlagensysteme	30
1.4.2 Bezeichnung von Anlagenelementen	40
1.4.3 Bildzeichen für die gerätetechnische Darstellung	42
1.4.4 Fließbildausführung	44
2 Kennzeichnung und Abmessungen von Rohrleitungselementen	51
2.1 Rohrherstellung	51
2.1.1 Geschichtliche Entwicklung	51
2.1.2 Nahtlose Rohre	51
2.1.2.1 Schrägwalz-Pilgerschrittverfahren	51
2.1.3 Geschweißte Rohre	53
2.1.3.1 Pressgeschweißte Rohre	53
2.1.3.2 Schmelzgeschweißte Rohre	54
2.2 DN-Kenngrößensystem (Nennweite)	56
2.3 Rohre	56
2.4 Formstücke zum Einschweißen	64
2.4.1 Rohrbögen	67
2.5 PN-Kenngrößensystem (Nenndruck)	111
2.5.1 Begriffe	111
2.6 Rohrleitungsverbindungen	113
2.6.1 Flanschverbindungen	113
2.6.2 Flansche	113
2.6.2.1 Grundregeln für die Berechnung der Flanschverbindungen	114
2.6.2.2 Maße	115
2.6.2.3 Dichtflächen	115
2.6.2.4 Bestimmung der Druck-Temperatur-Zuordnung	132
2.6.3 Dichtungen	148
2.6.4 Schrauben und Muttern	149

2.6.5	Schraubverbindung	153
2.6.5.1	Schraubverbindungen mit Abdichtungen im Gewinde	154
2.6.5.2	Rohrverschraubungen	155
2.6.6	Schweißverbindungen	155
2.6.6.1	Konstruktive Gestaltung	155
2.6.6.2	Schweißverfahren	160
2.6.6.3	Abgrenzung und Kombination üblicher Schweißverfahren	160
2.6.6.4	Anpassen der Innendurchmesser für Rundnähte von Verbindungen an nahtlosen Rohren	162
2.6.6.5	Schweißenden an Armaturen	162
3	Rohrverlegung	165
3.1	Rohrdehnung	165
3.2	Natürlicher Rohrdehnungsausgleich	168
3.2.1	Vereinfachte Grundsysteme	168
3.2.1.1	Einfacher Winkelbogen	171
3.2.1.2	Gleichschenkliger Z-Bogen	173
3.2.1.3	Symmetrischer Umbogen	173
3.2.1.4	U-Bogen-Dehnungsausgleicher	174
3.2.1.5	Vorspannung	177
3.2.2	Dehnung eines beliebig geformten Systems	177
3.2.3	Elastizität ebener Rohrsysteme	179
3.2.4	Verformung gebogener Rohre	183
3.2.4.1	Rohrbogen-Verformung	183
3.2.4.2	Bogenrohre	184
3.2.5	Berechnungsgang	185
3.2.5.1	Ebene Systeme	185
3.2.5.2	Räumliche Systeme	192
3.2.6	Spannungsermittlung	193
3.2.7	Berechnung der Rohrschenkellänge nach der Spannung-Index-Methode	200
3.2.7.1	Annahmekriterien	200
3.2.7.2	Zulässige Spannungen	208
3.2.8	Elastizitätskriterium von Rohrsystemen	208
3.3	Künstlicher Dehnungsausgleich	213
3.3.1	Kompensatoren	213
3.3.1.1	Axial-Kompensatoren	213
3.3.1.2	Gelenk-Kompensatoren	222
3.3.1.3	Gelenk-Kompensatoren (Lateral-Kompensatoren)	223
3.3.2	Stopfbuchsen-Dehnungsausgleicher	224
3.3.2.1	Nicht entlasteter Stopfbuchsen-Dehnungsausgleicher	224
3.3.2.2	Entlasteter Stopfbuchsen-Dehnungsausgleicher	225
3.4	Rohrabstützungen und Befestigungen	226
3.4.1	Stützweiten	226
3.4.2	Rohrbefestigungen	239
3.4.3	Rohrunterstützungen	243
3.4.4	Rohraufhängungen	248
3.4.4.1	Federnde Aufhängungen	248
3.4.4.2	Konstant-Federhänger	249
3.4.5	Festpunkte	251
3.4.6	Dimensionierung von Haltetraversen	251
3.5	Rohrleitungsschwingungen	252
3.5.1	Stoßbremsen und Gelenkstreben	254
3.5.2	Beurteilung von Rohrleitungsschwingungen	254
3.5.2.1	Schwingungsentstehung infolge stationärer Strömung	255
3.5.2.2	Wirbelablösungen an Rohreinbauten	255
3.5.2.3	Druckstöße	255
3.5.2.4	Druckpulsationen	255

	3.5.2.5 Fremdanregung	255
	3.5.2.6 Berechnung der Wechselspannung	255
	3.5.2.7 Zulässige Spannung	257
3.6	Rohrleitungen aus Kunststoff	258
3.6.1	Rohrverlegung	260
3.6.2	Biegeschenkellänge L_A	261
3.6.3	Aufnahme der Längenänderung durch Kompensatoren	261
3.7	Spannungsanalyse	262
3.7.1	Spannungen aufgrund ständig wirkender Lasten	262
3.7.2	Spannungen aufgrund gelegentlich oder außergewöhnlich wirkender Lasten	262
3.7.3	Spannungsschwingbreite aufgrund Wärmedehnung und wechselnder Sekundärlasten	262
3.7.4	Zusätzliche Bedingungen für den Zeitstandsbereich	262
3.7.5	Spannungen aufgrund einmaliger Verschiebung von Rohralterungen	262
3.8	CAE in der Rohrleitungstechnik	263
3.8.1	CAD-unterstützte Rohrleitungsplanung	263
	3.8.1.1 Rohrklassenbezogene Verrohrung	263
	3.8.1.2 Armaturen	264
	3.8.1.3 Rohralterungen	264
	3.8.1.4 Zeichnungsableitungen und Auswertungen	264
3.8.2	Rechnergestützte Analyse	264
	3.8.2.1 Nennweiten und Wanddicken	265
	3.8.2.2 Druckverlustberechnung	265
	3.8.2.3 Modellierung	266
	3.8.2.4 Lastfalldefinition	266
	3.8.2.5 Berechnung	266
	3.8.2.6 Ergebnisse und Dokumentation der Druckverlustberechnung	267
	3.8.2.7 Optimierung und Anpassung der Berechnung	268
3.8.3	Elastizitätsberechnung	268
	3.8.3.1 Modellierung	269
	3.8.3.2 Lastfalldefinition	269
	3.8.3.3 Berechnung	270
	3.8.3.4 Ergebnisse und Dokumentation	270
	3.8.3.5 Optimierung und Systemanpassung	271
	3.8.3.6 Geltungsbereich und Berechnungsgrenzen	271
	3.8.3.7 Beispielberechnung	273
4	Strömungstechnik	277
4.1	Wahl der Strömungsgeschwindigkeit und des Rohrrinnendurchmessers	277
4.2	Druckabfallberechnung	279
	4.2.1 Inkompressible Medien (Flüssigkeiten)	279
	4.2.2 Kompressible Medien (Gase und Dämpfe)	282
4.3	Feststofftransport	282
	4.3.1 Gemische aus Gas und Feststoff (pneumatische Förderung)	282
	4.3.1.1 Wahl der Transportgasgeschwindigkeit	282
	4.3.1.2 Druckabfall	284
	4.3.2 Gemisch aus Flüssigkeit und Feststoff (hydraulische Förderung)	286
4.4	Rohrkennlinie (Anlagenkennlinie)	288
4.5	Kennlinien von Rohrssystemen	289
	4.5.1 Hintereinandergeschaltete Rohrleitungen	289
	4.5.2 Parallel geschaltete Rohrleitungen	292
	4.5.3 Beliebig geschaltete Rohrleitungen	296
4.6	Anwendungsgleichungen und Diagramme für die Druckverlustberechnung	297
	4.6.1 Basisgleichung der Druckverlustberechnung	297
	4.6.2 Bezugssysteme	299
	4.6.2.1 Gleichwertige Rohrleitungslängen der ζ -Werte	299

4.6.2.2	Rohrleitungen in ζ -Werte umformen	299
4.6.2.3	Druckverluste in ζ -Werte umformen	299
4.6.2.4	ζ -Wert-Ermittlung bei k_v -Wert-Vorgabe bei Armaturen	299
4.6.2.5	Druckverlustberechnung mittels Bezugsquerschnitt	303
4.6.3	Randbedingungen	303
4.6.3.1	Strömungszustand (Gase und Flüssigkeiten)	303
4.6.3.2	Maximale Strömungsgeschwindigkeit (Gase)	303
4.6.3.3	Kavitationserscheinungen (Flüssigkeiten)	305
4.6.4	Anwendungsgleichungen	305
4.6.4.1	Wasserleitungen	305
4.6.4.2	Luftleitungen	305
4.6.4.3	Leistungsbedarf für die Überwindung des Druckverlustes	308
5	Temperaturdämmung	311
5.1	Dämmstoffe	311
5.1.1	Schaumstoffe	311
5.1.2	Fasermaterialien	313
5.1.2.1	Mineralfasern	313
5.1.2.2	Keramikfasern	314
5.1.3	Metallfolien	314
5.1.4	Hilfsmaterialien	314
5.2	Unterkonstruktion	314
5.3	Äußere Verkleidung	315
5.4	Ausführungen	316
5.4.1	Ausführung für Wärmedämmung	316
5.4.2	Ausführung für Kälte­dämmung	323
5.5	Bemessung der Dämmdicken	323
5.5.1	Wärme­verlustberechnung	323
5.5.2	Temperaturabfall im Rohr	326
5.5.3	Wirtschaftliche Dämmdicke	326
5.5.4	Minimal zulässige Dämmdicke (Berührungsschutz)	330
5.5.5	Ungedämmte Stellen im System	330
5.6	Kondensatanfall in Rohrleitungen	334
5.7	Schutz vor Taupunkt-Temperaturunterschreitung	335
6	Bauvorschriften und Prüfungen	337
6.1	Herstellung von Rohrleitungen aus Stahl	337
6.1.1	Anforderungen an Schweißverbindungen	339
6.2	Rohrleitungskennzeichnung	349
7	Konstruktions- und Planungsrichtlinien	351
7.1	Projektbearbeitungsschema	351
7.2	Auslegung	352
7.2.1	Lastfälle	352
7.2.2	Berechnung	352
7.2.3	Planungsabstände, Zwischenräume	352
7.2.4	Maßtoleranzen	353
7.2.5	Rohrleitungshalterungen	354
7.2.6	Rohrleitungsunterstützungen	355
7.2.7	Flanschverbindungen	355
7.2.8	Druckhaltende Ausrüstungsteile	356
7.2.9	Rohrleitungen an Pumpen und anderen Maschinen	356
7.2.10	Dampf- und Kondensatleitungen	356
7.2.11	Druckluft- und Steuerluftleitungen (getrocknete Luft mit 4,0...6,0 bar Überdruck)	357
7.2.12	Mantelrohrleitungen	357
7.2.13	Dokumentation, Protokolle, Prüfungen	357

7.3	Typische Konstruktionsrichtlinien	358
7.3.1	Entlüftungen	358
7.3.2	Entleerungen	359
7.3.3	Kondensatableitung	359
7.3.4	Sicherheits-Abblaseeinrichtungen	359
7.3.5	Warmgehende Rohrleitungen	359
7.3.6	Kaltgehende Rohrleitungen	361
7.3.7	Begleitheizung	361
7.4	Anschlüsse an Aggregaten und Apparaten	363
7.4.1	Kraft- und Arbeitsmaschinen	363
7.4.2	Apparate	363
7.5	Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR)	365
7.5.1	Regelarmaturen	365
7.5.2	Messstellen	365
7.6	Rohrleitungsverlegung	365
7.6.1	Verlegung im Gebäude	365
7.6.2	Verlegung auf einer Rohrbrücke	366
7.7	Druckanstieg bei Wärmeeinwirkung auf eine eingeschlossene Flüssigkeit	367
7.8	Kondensatableitung	367
8	Kostenermittlung	373
8.1	Preiskalkulation	373
8.2	Vorausbestimmung der Montagedauer	374
9	Zusammenfassung der wichtigsten Gleichungen	377
	Literaturverzeichnis	383
	Stichwortverzeichnis	385