

Kamprath-Reihe

Dipl.-Ing. Walter Wagner

# Rohrleitungstechnik

9., überarbeitete und erweiterte Auflage

Vogel Buchverlag

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>Bedeutung der wichtigsten Formelzeichen</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Planungsgrundlagen</b> .....	<b>15</b>
1.1 Allgemeines .....	15
1.2 Rohrleitungen innerhalb der Druckgeräterichtlinie (DGRL) .....	17
1.2.1 Allgemeines .....	17
1.2.2 Einstufung des Druckgerätes .....	17
1.2.3 Konformitätsbewertungsverfahren .....	18
1.2.4 Gefahrenanalyse .....	23
1.2.5 Betriebsanleitung .....	23
1.2.6 Anzuwendendes Regelwerk .....	24
1.2.7 Werkstoffe .....	24
1.2.8 Dauerhafte Verbindungen (Schweißen) .....	25
1.2.9 Zerstörungsfreie Prüfung .....	25
1.2.10 Prüfungen und Abnahmen .....	25
1.2.11 Dokumentation .....	25
1.2.12 CE-Kennzeichnung .....	26
1.2.13 Konformitätserklärung .....	27
1.3 Betriebssicherheitsverordnung .....	27
1.3.1 Prüfung vor Inbetriebnahme .....	27
1.3.2 Wiederkehrende Prüfungen .....	28
1.4 Fließbilder .....	28
1.4.1 Bildzeichen für Anlagensysteme .....	28
1.4.2 Bezeichnung von Anlagenelementen .....	38
1.4.3 Bildzeichen für die gerätetechnische Darstellung .....	40
1.4.4 Fließbildausführung .....	42
<b>2 Kennzeichnung und Abmessungen von Rohrleitungselementen</b> .....	<b>49</b>
2.1 Rohrerstellung .....	49
2.1.1 Geschichtliche Entwicklung .....	49
2.1.2 Nahtlose Rohre .....	49
2.1.2.1 Schrägwalz-Pilgerschrittverfahren .....	49
2.1.3 Geschweißte Rohre .....	51
2.1.3.1 Pressgeschweißte Rohre .....	51
2.1.3.2 Schmelzgeschweißte Rohre .....	52
2.2 Nennweiten .....	54
2.3 Rohre .....	54
2.4 Nenndruckstufen .....	60
2.4.1 Begriffe .....	62
2.4.2 Zulässige Betriebsüberdrücke für Flanschverbindungen aus Stahl .....	62
2.5 Formstücke zum Einschweißen .....	68
2.5.1 Rohrbögen .....	68
2.5.2 Reduzierstücke .....	72
2.5.3 T-Stücke .....	78
2.5.4 Kappen .....	85
2.5.5 Zulässiger Ausnutzungsgrad .....	87
2.5.6 Werkstoffe .....	87
2.6 Rohrleitungsverbindungen .....	87
2.6.1 Flanschverbindungen .....	87
2.6.1.1 Flansche .....	89

2.6.1.2	Dichtungen	89
2.6.1.3	Schrauben und Muttern	102
2.6.2	Schraubverbindung	<b>106</b>
2.6.2.1	Schraubverbindung mit Abdichtung im Gewinde	106
2.6.2.2	Rohrverschraubungen	107
2.6.3	Schweißverbindungen	107
2.6.3.1	Konstruktive Gestaltung	107
2.6.3.2	Schweißverfahren	109
2.6.3.3	Abgrenzung und Kombination der üblichen Schweißverfahren	110
2.6.3.4	Anpassen der Innendurchmesser für Rundnähte an nahtlosen Rohren	112
2.6.3.5	Schweißenden an Armaturen	112
<b>3</b>	<b>Rohrverlegung</b>	<b>115</b>
3.1	Rohrdehnung	115
3.2	Natürlicher Rohrdehnungsausgleich	118
3.2.1	Vereinfachte Grundsysteme	118
3.2.1.1	Einfacher Winkelbogen	121
3.2.1.2	Gleichschenkliger Z-Bogen	123
3.2.1.3	Symmetrischer Umbogen	123
3.2.1.4	U-Bogen-Dehnungsausgleicher	125
3.2.1.5	Vorspannung	127
3.2.2	Dehnung eines beliebig geformten Systems	127
3.2.3	Elastizität ebener Rohrsysteme	129
3.2.4	Verformung gebogener Rohre	<b>133</b>
3.2.4.1	Rohrbogen-Verformung	133
3.2.4.2	Bogenrohre	134
3.2.5	Berechnungsgang	135
3.2.5.1	Ebene Systeme	135
3.2.5.2	Räumliche Systeme	142
3.2.6	Spannungsermittlung	143
3.2.7	Berechnung der Rohrschenkellänge nach der Spannung-Index-Methode	150
3.2.7.1	Annahmekriterien	150
3.2.7.2	Zulässige Spannungen	158
3.2.8	Elastizitätskriterium von Rohrsystemen	159
3.3	Künstlicher Dehnungsausgleich	163
3.3.1	Kompensatoren	163
3.3.1.1	Axial-Kompensatoren	163
3.3.1.2	Gelenk-Kompensatoren	172
3.3.1.3	Gelenk-Kompensatoren (Lateral-Kompensatoren)	173
3.3.2	Stopfbuchsen-Dehnungsausgleicher	174
3.3.2.1	Nicht entlasteter Stopfbuchsen-Dehnungsausgleicher	174
3.3.2.2	Entlasteter Stopfbuchsen-Dehnungsausgleicher	175
3.4	Rohrabstützungen und Befestigungen	176
3.4.1	Stützweiten	176
3.4.2	Rohrbefestigungen	189
3.4.3	Rohrunterstützungen	193
3.4.4	Rohraufhängungen	198
3.4.4.1	Federnde Aufhängungen	<b>198</b>
3.4.4.2	Konstant-Federhänger	199
3.4.5	Festpunkte	201
3.4.6	Dimensionierung von Haltetraversen	201
3.5	Rohrleitungsschwingungen	202
3.5.1	Stoßbremsen und Gelenkstreben	204
3.5.2	Beurteilung von Rohrleitungsschwingungen	204
3.5.2.1	Schwingungsentstehung infolge stationärer Strömung	205
3.5.2.2	Wirbelablösungen an Rohreinbauten	205
3.5.2.3	Druckstöße	205

	3.5.2.4	Druckpulsationen	205
	3.5.2.5	Fremdanregung	205
	3.5.2.6	Berechnung der Wechsellspannung	205
	3.5.2.7	Zulässige Spannung	207
3.6		Rohrleitungen aus Kunststoff	208
	3.6.1	Rohrverlegung	210
	3.6.2	Biegeschenkellänge $L_A$	211
	3.6.3	Aufnahme der Längenänderung durch Kompensatoren	211
3.7		Spannungsanalyse	212
	3.7.1	Spannungen aufgrund ständig wirkender Lasten	212
	3.7.2	Spannungen aufgrund gelegentlich oder außergewöhnlich wirkender Lasten	212
	3.7.3	Spannungsschwingbreite aufgrund Wärmedehnung und wechselnder Sekundärlasten	212
	3.7.4	Zusätzliche Bedingungen für den Zeitstandsbereich	212
	3.7.5	Spannungen aufgrund einmaliger Verschiebung von Rohrhaltern	212
<b>4</b>		<b>Strömungstechnik</b>	<b>215</b>
	4.1	Wahl der Strömungsgeschwindigkeit und des Rohrdurchmessers	215
	4.2	Druckabfallberechnung	217
	4.2.1	Inkompressible Medien (Flüssigkeiten)	217
	4.2.2	Kompressible Medien (Gase und Dämpfe)	220
4.3		Feststofftransport	220
	4.3.1	Gemische aus Gas und Feststoff (pneumatische Förderung)	220
	4.3.1.1	Wahl der Transportgasgeschwindigkeit	220
	4.3.1.2	Druckabfall	222
	4.3.2	Gemisch aus Flüssigkeit und Feststoff (hydraulische Förderung)	224
4.4		Rohrkennlinie (Anlagenkennlinie)	226
4.5		Kennlinien von Rohrsystemen	227
	4.5.1	Hintereinandergeschaltete Rohrleitungen	227
	4.5.2	Parallel geschaltete Rohrleitungen	230
	4.5.3	Beliebig geschaltete Rohrleitungen	234
4.6		Anwendungsgleichungen und Diagramme für die Druckverlustberechnung	235
	4.6.1	Basisgleichung der Druckverlustberechnung	235
	4.6.2	Bezugssysteme	237
	4.6.2.1	Gleichwertige Rohrleitungslängen der $f$ -Werte	237
	4.6.2.2	Rohrleitungen in $f$ -Werte umformen	237
	4.6.2.3	Druckverluste in $f$ -Werte umformen	237
	4.6.2.4	$f$ -Wert-Ermittlung bei $f_{c_v}$ -Wert-Vorgabe bei Armaturen	237
	4.6.2.5	Druckverlustberechnung mittels Bezugsquerschnitt	241
	4.6.3	Randbedingungen	241
	4.6.3.1	Strömungszustand (Gase und Flüssigkeiten)	241
	4.6.3.2	Maximale Strömungsgeschwindigkeit (Gase)	241
	4.6.3.3	Kavitationserscheinungen (Flüssigkeiten)	243
	4.6.4	Anwendungsgleichungen	243
	4.6.4.1	Wasserleitungen	243
	4.6.4.2	Luftleitungen	243
	4.6.4.3	Leistungsbedarf für die Überwindung des Druckverlustes	246
<b>5</b>		<b>Temperaturdämmung</b>	<b>249</b>
	5.1	Dämmstoffe	249
	5.1.1	Schaumstoffe	249
	5.1.2	Fasermaterialien	251
	5.1.2.1	Mineralfasern	251
	5.1.2.2	Keramikfasern	252
	5.1.3	Metallfolien	252
	5.1.4	Hilfsmaterialien	252

5.2	Unterkonstruktion .....	252
5.3	Äußere Verkleidung .....	253
5.4	Ausführungen .....	2^A3
5.4.1	Ausführung für Wärmedämmung .....	253
5.4.2	Ausführung für Kälteedämmung .....	257
5.5	Bemessung der Dämmdicken .....	261
5.5.1	Wärmeverlustberechnung .....	261
5.5.2	Temperaturabfall im Rohr .....	261
5.5.3	Wirtschaftliche Dämmdicke .....	262
5.5.4	Minimal zulässige Dämmdicke (Berührungsschutz) .....	266
5.5.5	Ungedämmte Stellen im System .....	266
5.6	Kondensatanfall in Rohrleitungen .....	268
5.7	Schutz vor Taupunkt-Temperaturunterschreitung .....	269
<b>6</b>	<b>Bauvorschriften und Prüfungen .....</b>	<b>271</b>
6.1	Herstellung von Rohrleitungen aus Stahl .....	271
6.1.1	Anforderungen an Schweißverbindungen .....	273
6.2	Rohrleitungskennzeichnung .....	279
<b>7</b>	<b>Konstruktion- und Planungsrichtlinien .....</b>	<b>281</b>
7.1	Typische Konstruktionsrichtlinien .....	281
7.1.1	Entlüftungen .....	281
7.1.2	Entleerungen .....	282
7.1.3	Kondensatableitung .....	282
7.1.4	Sicherheits-Abblaseeinrichtungen .....	282
7.1.5	Warmgehende Rohrleitungen .....	284
7.1.6	Kaltgehende Rohrleitungen .....	284
7.1.7	Begleitheizung .....	284
7.2	Anschlüsse an Aggregaten und Apparaten .....	286
7.2.1	Kraft- und Arbeitsmaschinen .....	286
7.2.2	Apparate .....	286
7.3	Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR) .....	288
7.3.1	Regelarmaturen .....	288
7.3.2	Messstellen .....	288
7.4	Rohrleitungsverlegung .....	288
7.4.1	Verlegung im Gebäude .....	288
7.4.2	Verlegung auf einer Rohrbrücke .....	289
7.5	Druckanstieg bei Wärmeeinwirkung auf eine eingeschlossene Flüssigkeit .....	289
7.6	Kondensatableitung .....	289
7.7	Projektbearbeitungsschema .....	295
<b>8</b>	<b>Kostenermittlung .....</b>	<b>2^A^A</b>
8.1	Preiskalkulation .....	297
8.2	Vorausbestimmung der Montagedauer .....	298
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung der wichtigsten Gleichungen .....</b>	<b>299</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>		<b>305</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>		<b>^07</b>