

Inhalt

Vorwort zur dritten Auflage	V
Vorwort zur ersten Auflage	VI
Vorwort zur zweiten Auflage	VII
Inhalt	IX
Formelzeichen	XIII
1. Einleitung	1
2. Grundlegendes	5
2.1 Funktion und Form von Rohrleitungen	6
2.2 Funktion und Form von Apparaten	8
2.2.1 Behälter	8
2.2.2 Abscheider und Filter	9
2.2.3 Membran-Apparate	10
2.2.4 Wärmeaustauscher	10
2.2.5 Kolonnen	11
2.2.6 Reaktoren	12
2.3 Regelwerke und Richtlinien	12
3. Werkstoffe	17
3.1 Eisenwerkstoffe	18
3.1.1 Eisennetzwerkstoffe	19
3.1.1.1 Einteilung und Bezeichnung von Stählen	19
3.1.1.2 Unlegierte Baustähle und Stähle für einfache Druckbehälter	20
3.1.1.3 Feinkornbaustähle	21
3.1.1.4 Nichtrostende Stähle	21
3.1.1.5 Warmfeste Stähle	23
3.1.1.6 Kaltzähe Stähle	23
3.1.1.7 Druckwasserstoffbeständige Stähle	23
3.1.2 Eisengusswerkstoffe	24
3.1.2.1 Gusseisen	24
3.1.2.2 Stahlguss	25
3.1.2.3 Temperguss	25
3.2 Nichteisenmetalle	25
3.2.1 Kupfer	26
3.2.2 Kupferlegierungen	27
3.2.3 Aluminium und Aluminiumlegierungen	28
3.2.4 Nickel und Nickellegierungen	28
3.2.5 Titan und Titanlegierungen	29
3.3 Kunststoffe	29
3.3.1 Thermoplaste	30
3.3.2 Duroplaste	31

X	Inhalt	
4.	Rohrleitungs- und Apparateelemente	33
4.1	Rohrleitungselemente	34
4.1.1	Rohre	34
4.1.1.1	Stahlrohre	37
4.1.1.2	Gussrohre	39
4.1.1.3	Kupferrohre	41
4.1.1.4	Kunststoffrohre	41
4.1.2	Rohrverbindungen	43
4.1.2.1	Schweiß-, Löt- und Klebeverbindungen	44
4.1.2.2	Geschraubte Verbindungen	45
4.1.2.3	Gesteckte und verpresste Verbindungen	47
4.1.3	Formstücke	48
4.1.3.1	Bögen und Winkel	48
4.1.3.2	Abzweige	49
4.1.3.3	Reduzierungen und Erweiterungen	50
4.1.3.4	Abschlüsse	53
4.1.4	Halterungen	53
4.1.5	Kompensatoren	54
4.2	Apparateelemente	57
4.2.1	Mäntel	57
4.2.2	Böden	58
4.2.3	Stutzen	59
4.2.4	Tragelemente	60
4.3	Armaturen	60
4.4	Überdrucksicherungen	64
5.	Zeichnerische Darstellung	65
5.1	Symbole	66
5.2	Darstellungsarten	68
5.3	Verfahrenstechnische Fließbilder	70
5.4	Computerunterstützte Planung und Darstellung	73
6.	Beanspruchungen von Druckbehälterwänden	75
6.1	Beanspruchungen aus Überdruck	76
6.1.1	Spannungsverlauf	76
6.1.2	Mittlere Spannungen	77
6.1.3	Vergleichsspannungen	78
6.2	Zusätzliche Beanspruchungen	81
6.2.1	Spannungen aus äußeren Krafteinwirkungen	81
6.2.2	Eigenspannungen	81
6.2.3	Wärmespannungen	81
6.3	Besonderheiten bei äußerem Überdruck	84
7.	Wanddickenberechnung von Druckbehältern	87
7.1	Grundlagen der Wanddickenberechnung	88
7.1.1	Regelwerke	88
7.1.2	Festigkeitsbedingung	88
7.2	Zylinder- und Kugelmäntel	90
7.2.1	Überwiegend statische Beanspruchung	90
7.2.2	Dynamische Beanspruchung	96

7.2.3	Zylindrische Behälter unter äußerem Überdruck	101
7.2.4	Ausschnitte in zylindrischen und kugeligen Behälterwänden	102
7.3	Kegelförmige Mäntel	107
7.4	Gewölbte Böden	109
7.5	Ebene Böden	111
7.6	Besonderheiten bei Druckbehältern aus Kunststoffen	113
8.	Lagerung und Dehnungsausgleich von Rohrleitungen	117
8.1	Rohrlagerung	118
8.2	Beanspruchungen durch Wärmedehnung	122
8.2.1	Wärmedehnung	122
8.2.2	Druck-Beanspruchung im geraden Rohr	122
8.2.3	Biegebeanspruchung in fest eingespannten Biegeschickenkeln	124
8.2.4	Biegebeanspruchung in Formstücken	125
8.3	Ausgleich der Wärmedehnung durch Biegeschikenkel	126
8.3.1	Anordnung von Biegeschikenkeln	126
8.3.2	Berechnung der notwendigen Länge von Biegeschikenkeln	127
8.3.2.1	Fest eingespannte Biegeschikenkel	128
8.3.2.2	Nicht fest eingespannte Biegeschikenkel	128
8.3.2.3	Vorspannung	129
8.3.3	Elastizität beliebig geformter Systeme	130
8.4	Ausgleich der Wärmedehnung mit Wellrohrkompenatoren	131
8.4.1	Anordnung von Kompenatoren	131
8.4.2	Rohrführung und -lagerung	133
8.4.3	Kompenatorauswahl	133
8.5	Festpunktbelastung bei Wärmedehnung	135
9.	Festigkeitsberechnung von Rohrleitungen	137
9.1	Wanddickenberechnung von geraden Rohren	138
9.1.1	Rohre aus Stahl	138
9.1.2	Rohre aus anderen metallischen Werkstoffen als Stahl	145
9.1.3	Rohre aus Kunststoff	145
9.2	Wanddickenberechnung von Formstücken	148
9.3	Gesamtbeanspruchung von Rohrleitungen	151
9.3.1	Gesamtbeanspruchung elastisch verlegter Rohrleitungen	151
9.3.2	Gesamtbeanspruchung eingearbeiteter Rohrleitungen	153
10.	Strömungstechnische Auslegung von Rohrleitungen	157
10.1	Strömungsgeschwindigkeit	158
10.2	Druck und Energie	161
10.3	Druckverlust	163
10.3.1	Druckverlust in Flüssigkeitsströmungen	164
10.3.1.1	Flüssigkeitsströmung in geraden Rohrleitungen	164
10.3.1.2	Flüssigkeitsströmung durch Einzelwiderstände	168
10.3.1.3	Gesamtdruckverlust in Flüssigkeitsströmungen	171
10.3.2	Druckverlust in Gasströmungen	172
10.3.2.1	Gasströmung im geraden Rohr	174
10.3.2.2	Gasströmung durch Einzelwiderstände	176
10.3.2.3	Gesamtdruckverlust in Gasströmungen	176
10.3.3	Längenbezogene Druckverlustermittlung (Druckgefälle)	177
10.4	Strömung in Rohrnetzen	178

	Inhalt	
10.4.1	Serielle Strömungswiderstände	178
10.4.2	Parallele Strömungswiderstände	179
10.4.3	Druckverlust in Rohrnetzen	180
10.4.4	Treibendes Druckgefälle	180
10.4.5	Anlagenkennlinie	183
10.5	Auswahl von Pumpen und Verdichtern	184
10.6	Druckstoß	184
11.	Literatur	189
ANHANG		192
Anmerkungen		192
Berechnungsbeispiele		197
	Übersicht	197
	Beispiele zu Kapitel 6	200
	Beispiele zu Kapitel 7	206
	Beispiele zu Kapitel 8	226
	Beispiele zu Kapitel 9	233
	Beispiele zu Kapitel 10	250
Index		269