

Inhalt

Vorwort zur vierten Auflage	V
Vorwort zur dritten Auflage	VI
Vorwort zur zweiten Auflage	VII
Vorwort zur ersten Auflage	VIII
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
3. Werkstoffe	15
3.1 Eisenwerkstoffe	16
3.1.1 Eisenknetwerkstoffe	17
3.1.1.1 Einteilung und Bezeichnung von Stählen	17
3.1.1.2 Unlegierte Baustähle und Stähle für einfache Druckbehälter	18
3.1.1.3 Feinkornbaustähle	19
3.1.1.4 Nichtrostende Stähle	19
3.1.1.5 Warmfeste Stähle	21
3.1.1.6 Kaltzähe Stähle	21
3.1.1.7 Druckwasserstoffbeständige Stähle	22
3.1.2 Eisengusswerkstoffe	22
3.1.2.1 Gusseisen	22
3.1.2.2 Stahlguss	23
3.1.2.3 Temperguss	23
3.2 Nichteisenmetalle	24
3.2.1 Kupfer	24
3.2.2 Kupferlegierungen	25
3.2.3 Aluminium und Aluminiumlegierungen	26
3.2.4 Nickel und Nickellegierungen	26
3.2.5 Titan und Titanlegierungen	27
3.3 Kunststoffe	27
3.3.1 Thermoplaste	28
3.3.2 Duroplaste	29

4.	Rohrleitungs- und Apparateelemente	31
4.1	Rohrleitungselemente.....	32
4.1.1	Rohre	32
4.1.1.1	Stahlrohre	34
4.1.1.2	Gussrohre.....	37
4.1.1.3	Kupferrohre.....	38
4.1.1.4	Kunststoffrohre	39
4.1.2	Rohrverbindungen.....	41
4.1.2.1	Schweiß-, Löt- und Klebeverbindungen	41
4.1.2.2	Geschraubte Verbindungen	43
4.1.2.3	Gesteckte und verpresste Verbindungen.....	45
4.1.3	Formstücke	46
4.1.3.1	Bögen und Winkel.....	46
4.1.3.2	Abzweige.....	47
4.1.3.3	Reduzierungen und Erweiterungen	48
4.1.3.4	Abschlüsse.....	51
4.1.4	Halterungen	51
4.1.5	Kompensatoren	52
4.2	Apparatelemente	55
4.2.1	Mäntel.....	55
4.2.2	Böden.....	56
4.2.3	Stützen	57
4.2.4	Tragelemente	58
4.3	Armaturen.....	58
4.4	Überdrucksicherungen	62
5.	Zeichnerische Darstellung	63
5.1	Symbole	64
5.2	Darstellungsarten	66
5.3	Verfahrenstechnische Fließbilder	68
5.4	Computerunterstützte Planung und Darstellung.....	71
6.	Beanspruchungen von Druckbehälterwänden	73
6.1	Beanspruchungen aus Überdruck	74
6.1.1	Spannungsverlauf.....	74
6.1.2	Mittlere Spannungen	75
6.1.3	Vergleichsspannungen	76
6.2	Zusätzliche Beanspruchungen.....	79
6.2.1	Spannungen aus äußeren Krafteinwirkungen	79
6.2.2	Eigenspannungen.....	79
6.2.3	Wärmespannungen	79
6.3	Besonderheiten bei äußerem Überdruck	82
7.	Wanddickenberechnung von Druckbehältern	85
7.1	Grundlagen der Wanddickenberechnung	86
7.1.1	Regelwerke.....	86
7.1.2	Festigkeitsbedingung	86
7.2	Zylinder- und Kugelmäntel	87
7.2.1	Überwiegend statische Beanspruchung.....	88
7.2.2	Dynamische Beanspruchung	94
7.2.3	Zylindrische Behälter unter äußerem Überdruck	99

Inhalt	XI
7.2.4 Ausschnitte in zylindrischen und kugeligen Behälterwänden.....	100
7.3 Kegelförmige Mäntel	104
7.4 Gewölbte Böden	106
7.5 Ebene Böden.....	108
7.6 Besonderheiten bei Druckbehältern aus Kunststoffen	110
8. Lagerung und Dehnungsausgleich von Rohrleitungen	115
8.1 Rohrlagerung	116
8.2 Beanspruchungen durch Wärmedehnung	120
8.2.1 Wärmedehnung	120
8.2.2 Druck-Beanspruchung im geraden Rohr	120
8.2.3 Biegebeanspruchung in fest eingespannten Biegeschenkeln	122
8.2.4 Biegebeanspruchung in Formstücken	123
8.3 Ausgleich der Wärmedehnung durch Biegeschenkel	124
8.3.1 Anordnung von Biegeschenkeln	125
8.3.2 Berechnung der notwendigen Länge von Biegeschenkeln	125
8.3.2.1 Fest eingespannte Biegeschenkel	125
8.3.2.2 Nicht fest eingespannte Biegeschenkel.....	126
8.3.2.3 Vorspannung	126
8.3.3 Elastizität beliebig geformter Systeme.....	127
8.4 Ausgleich der Wärmedehnung mit Wellrohrkompensatoren.....	129
8.4.1 Anordnung von Kompensatoren	129
8.4.2 Rohrführung und -lagerung.....	129
8.4.3 Kompensatorauswahl.....	131
8.5 Festpunktbelastung bei kompensierter Wärmedehnung	132
9. Festigkeitsberechnung von Rohrleitungen.....	135
9.1 Wanddickenberechnung von geraden Rohren.....	136
9.1.1 Rohre aus Stahl.....	136
9.1.2 Rohre aus anderen metallischen Werkstoffen als Stahl.....	143
9.1.3 Rohre aus Kunststoff.....	143
9.2 Wanddickenberechnung von Formstücken	146
9.3 Gesamtbeanspruchung von Rohrleitungen	149
9.3.1 Gesamtbeanspruchung elastisch verlegter Rohrleitungen	149
9.3.2 Gesamtbeanspruchung eingerdeter Rohrleitungen	151
10. Strömungstechnische Auslegung von Rohrleitungen	155
10.1 Strömungsgeschwindigkeit	156
10.2 Druck und Energie.....	159
10.3 Druckverlust	161
10.3.1 Druckverlust in Flüssigkeitsströmungen	162
10.3.1.1 Flüssigkeitsströmung in geraden Rohrleitungen.....	162
10.3.1.2 Flüssigkeitsströmung durch Einzelwiderstände.....	166
10.3.1.3 Gesamtdruckverlust in Flüssigkeitsströmungen	169
10.3.2 Druckverlust in Gasströmungen.....	170
10.3.2.1 Gasströmung im geraden Rohr.....	172
10.3.2.2 Gasströmung durch Einzelwiderstände	174
10.3.2.3 Gesamtdruckverlust in Gasströmungen	174
10.3.3 Längenbezogene Druckverlustermittlung (Druckgefälle)	175
10.4 Strömung in Rohrnetzen	176
10.4.1 Serielle Strömungswiderstände	176
10.4.2 Parallele Strömungswiderstände	177

XII	Inhalt
10.4.3	Druckverlust in Rohrnetzen..... 178
10.4.4	Treibendes Druckgefälle..... 178
10.4.5	Anlagenkennlinie 181
10.5	Strömung im Vakuum..... 182
10.6	Druckstoß 186
11.	Pumpen und Verdichter 191
11.1	Funktionsprinzipien 192
11.1.1	Kreiselpumpen und -verdichter (Strömungsmaschinen)..... 193
11.1.2	Verdrängerpumpen und -verdichter 194
11.2	Betriebscharakteristika..... 195
11.2.1	Betriebsgrößen 196
11.2.2	Kennlinien und Betriebspunkt 200
11.2.3	Beeinflussung des Betriebspunktes..... 202
11.2.4	Einfluss der Pumpen- bzw. Verdichterdrehzahl 204
11.2.5	Parallel- und Serienschaltung 206
11.2.6	Kennzahlen..... 208
11.3	Flüssigkeitspumpen 210
11.3.1	Auswahl des Funktionsprinzips..... 211
11.3.2	Saugverhalten 213
11.3.2.1	Vermeidung von Kavitation 213
11.3.2.2	Selbst entlüftendes Ansaugen 216
11.3.3	Kennfelder und Kennlinien 216
11.4	Verdichter 218
11.4.1	Auswahl des Funktionsprinzips..... 220
11.4.2	Kennlinien und Kennfelder 221
11.5	Vakuumpumpen 223
12.	Literatur 227
ANHANG 229
A Anmerkungen 230
B Berechnungsbeispiele 236
Übersicht.....	236
Berechnungsbeispiele zu Kapitel 6.....	239
Berechnungsbeispiele zu Kapitel 7.....	245
Berechnungsbeispiele zu Kapitel 8.....	264
Berechnungsbeispiele zu Kapitel 9.....	271
Berechnungsbeispiele zu Kapitel 10.....	288
Berechnungsbeispiele zu Kapitel 11.....	312
Index 333