

---

# **APPARATE**

**TECHNIK - BAU - ANWENDUNG**

**2. Ausgabe**

Zusammenstellung und Bearbeitung  
Dipl.-Ing. B. Thier, Marl

**VULKAN-VERLAG ESSEN**

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	V
<b>Autoren</b> .....	VII
<b>1 Einführung</b> .....	1
B. Thier	
<b>2 Apparatebau</b> .....	5
<b>Entwicklung – Auslegung – Regelwerke</b>	
<b>Entwicklung Forschung auf den Gebieten des Apparate- und Anlagenbaues</b> .....	6
Th. Tellkamp	
1 Einführung .....	6
2 Strukturwandel, Produktionssorte, Strategien .....	6
3 Modularisierung, Standardisierung, Automatisierung .....	9
<b>Technische Regeln für Druckbehälter</b> .....	12
H. D. Gerlach	
1 Gesetzliche Aspekte .....	12
2 Schutzziele für den Betrieb von Druckbehältern .....	14
3 Technische Regeln für Druckbehälter (TRB) .....	14
4 AD-Merkblätter .....	15
5 Grundprinzipien der AD-Merkblätter .....	16
5.1 Werkstoffauswahl .....	16
5.2 Konstruktion und Berechnung .....	17
5.2.1 Design by rules .....	17
5.2.2 Festigkeitskennwert und Sicherheitsbeiwert .....	20
5.2.3 Design by analysis .....	21
5.2.4 Expertensysteme .....	21
5.2.5 Berechnungsgrundlagen .....	21
5.3 Wechselbeanspruchung .....	23
5.4 Herstellung und erstmalige Prüfung .....	23
5.5 Vorprüfung, Bau- und Druckprüfung .....	25
5.6 Regelmäßige Prüfungen .....	25
6 Europäische Entwicklung .....	26
7 Ausblick .....	26
8 Zusammenfassung .....	26

<b>Auslegung von Apparaten nach Regelwerk .....</b>	<b>28</b>	
<b>B. Jatzlau</b>		
1	Allgemeine Richtlinien .....	28
2	Werkstoffe .....	29
3	Berechnung bei innerem Überdruck .....	32
3.1	Zylindrische Mäntel und Kugeln .....	33
3.2	Gewölbte Böden .....	33
3.3	Ebene Böden .....	34
3.4	Ausschnitte in der Behälterwand .....	34
3.5	Kegelmäntel und Tellerböden .....	37
3.6	Äußerer Überdruck .....	37
3.6.1	Zylinderschalen .....	37
3.6.2	Gewölbte Böden .....	38
3.7	Dickwandige zylindrische Mäntel unter innerem Überdruck .....	38
3.8	Sonderfälle .....	39
3.8.1	Berechnung auf Wechselbeanspruchung .....	39
3.8.2	Stand sicherheitsnachweis .....	39
4	Zusammenfassung .....	40
5	Verwendete Formelzeichen .....	42

### **3 Berechnung, Konstruktion und Fertigung von Apparaten .....**

**43**

#### **Beanspruchungsgerechte Auslegung von Druckbehältern und Apparatekomponenten .....**

**44**

#### **K. Strohmeier u.a.**

1	Einleitung .....	44
2	Rechnergestützte Berechnung und Zeichnungserstellung von Druckbehältern .....	44
2.1	Vorschriftenrechnung .....	45
2.2	Bauteiloptimierung durch Strukturanalyse .....	46
2.3	Zeichnungserstellung .....	48
3	Auslegung von Bajonettverschlüssen .....	48
4	Sicherheitstechnische Betrachtung von Rohrleitungssystemen .....	50
4.1	Untersuchung einzelner Komponenten .....	50
5	Leckageberechnung an Flanschverbindungen .....	51
5.1	Spannungsanalyse an hydraulisch gefügten Rohr - Rohrplattenverbindungen .....	51
6	Schwingungssichere Auslegung von querangeströmten Rohrbündeln ..	53
6.1	Experimentelle Untersuchungen .....	53
6.2	Entwicklung numerischer Berechnungsverfahren .....	54

<b>Ermüdungsfestigkeitsnachweis von Behälter-Stutzen-Verbindungen unter Innendruck und Rohrlasten .....</b>	<b>56</b>
E. Weiß und J. Rudolph	
1 Einleitung .....	56
2 Beeinflussung der Ermüdungsfestigkeit durch konstruktive Maßnahmen .....	57
3 Konzeptionelle Gestaltung des Ermüdungsfestigkeitsnachweises .....	59
4 Methodisches Vorgehen bei der parametrisierten Beanspruchungsanalyse .....	62
5 Auswertung der Ergebnisse .....	65
6 Berücksichtigung der Mikrostützwirkung .....	68
7 Ausblick .....	70
<b>Auslegung von Vertikalschneckendosierern für die Schüttgutdosierung ....</b>	<b>73</b>
G. Vetter und R. Flügel	
1 Einleitung .....	73
2 Versuchseinrichtungen und Methodik .....	74
3 Kontinuierlicher Schneckenbetrieb .....	76
3.1 Einflußgrößen auf den Dosierstrom .....	76
3.2 Verifizierung der Modellierung .....	87
4 Diskontinuierlicher Schneckenbetrieb (Abfüllung) .....	88
5 Auslegungsstrategie .....	90
<b>Konstruktive und fertigungstechnische Gesichtspunkte eines HYBRID-Plattenwärmetauschers .....</b>	<b>95</b>
O. Nasser	
1 Allgemeine Beschreibung .....	95
2 Schweißtechnik .....	96
3 Festigkeitsberechnung .....	97
4 Werkstoffe .....	98
5 Konstruktive und fertigungstechnische Details .....	100
<b>4 Werkstoffe für Apparate – Korrosionsschutz .....</b>	<b>107</b>
<b>4.1 Metallische Werkstoffe .....</b>	<b>107</b>
<b>Hochlegierte Stähle für den Apparatebau .....</b>	<b>108</b>
H. Richter	
1 Chrom .....	108
2 Nickel .....	109
3 Kohlenstoff .....	111
4 Sonstige Elemente .....	111

<b>Nichteisenwerkstoffe im Apparatebau – Al, Cu, Pb – .....</b>	<b>124</b>
<b>E. Wendler-Kalsch</b>	
1 Einleitung .....	124
2 Aluminiumwerkstoffe .....	124
3 Kupferwerkstoffe .....	128
3.1 Kupfer DIN 1787 .....	128
3.2 Kupferlegierungen .....	132
3.2.1 CuZn-Legierungen DIN 17660 .....	132
3.2.2 CuAl-Werkstoffe DIN 17665 .....	134
3.2.3 CuSn-Werkstoffe DIN 17662 .....	136
3.2.4 CuNi-Werkstoffe DIN 17664 und DIN 17658 .....	136
3.3 Korrosionsschutzmaßnahmen .....	137
4 Bleiwerkstoffe .....	138
4.1 Blei .....	138
4.2 Bleilegierungen .....	139
4.2.1 PbSb-Werkstoffe (Hartblei) .....	142
4.2.2 PbCu-, PbCuSn- und Pb-Mehrstofflegierungen .....	142
4.3 Anwendungsbereich von Bleiwerkstoffen .....	145
<b>Unlegierte und niedriglegierte Stähle für den Apparatebau .....</b>	<b>147</b>
<b>P. Drodten</b>	
1 Einleitung .....	147
2 Einfluß von Legierungselementen und Herstellungsbedingungen auf die mechanische-technologischen Eigenschaften und das Verarbeitungsverhalten .....	148
2.1 Festigkeit .....	148
2.2 Zähigkeit .....	149
2.3 Schweißbeignung .....	150
2.3.1 Terrassenbruchsicherheit .....	150
2.3.2 Kaltrißverhalten .....	151
2.3.3 Zähigkeit in der Wärmeeinflußzone .....	152
4 Einfluß von Legierungselementen und Herstellungsbedingungen auf das Korrosionsverhalten .....	153
4.1 Stähle mit erhöhter Beständigkeit gegen wasserstoffinduzierte Rißbildung .....	153
4.2 Druckwasserstoffbeständige Stähle .....	154
4.3 Interkristalline Spannungsrißkorrosion .....	155
<b>Hochkorrosionsbeständige Nickellegierungen für Anlagenkomponenten ..</b>	<b>159</b>
<b>M. Rockel</b>	
1 Einleitung .....	159
2 Nickelwerkstoffe für die Naßkorrosion .....	159
2.1 Rein-Nickel, Nickel-Kupfer-, Nickel-Molybdän-Legierungen .....	159
2.1.1 Rein-Nickel .....	159
2.1.2 Nickel-Kupfer-Legierungen .....	161

2.1.3	Nickel-Molybdän .....	161
2.2	Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen .....	162
2.3	Nickel-Chrom-Molybdän-Legierungen .....	163
2.3.1	Nickel-Chrom-Eisen-Molybdän-Kupfer-Legierungen .....	163
2.3.2	Ni-Legierungen der sogenannten C-Reihe .....	164
3	Nickellegierungen für die Hochtemperaturanwendung .....	165
3.1	NiCrFe-Legierungen .....	166
3.2	NiCrFe mit weiteren Legierungszusätzen .....	167
3.3	Neuentwickelte Hochtemperaturwerkstoffe .....	167
3.3.1	AC66 (X5NiCrNbCe3227; 1.4877) .....	168
3.3.2	Alloy 45 TM (NiCr28FeSiCe; 2.4889) .....	168
3.3.3	Alloy 602 CA (NiCr25FeAlY; 2.4633) .....	168
4	Verarbeitung .....	170
4.1	Kalt- und Warmformgebung, Wärmebehandlung .....	170
4.2	Schweißen .....	171
4.3	Einsatz von Plattierungen .....	173
5	Resumé und Ausblick .....	174
<b>4.2</b>	<b>Kunststoffe .....</b>	<b>175</b>
	<b>Kunststoffe im chemischen Apparatebau .....</b>	<b>176</b>
	E. Weiß und A. Lietzmann	
1	Einleitung .....	176
2	Schädigungsverhalten der Thermoplaste .....	176
3	Dimensionierung von Kunststoffkonstruktionen .....	177
4	Fertigung im Apparatebau .....	180
4.1	Schweißen .....	180
4.1.1	Warmgasschweißen .....	181
4.1.2	Heizelementschweißen .....	182
5	Kunststoffgerechtes Konstruieren .....	182
5.1	Zylinder/Boden-Verbindung bei stehenden, runden Kunststofftanks .....	182
5.2	Stutzenverbindungen im Apparatebau .....	183
6	Zusammenfassung .....	187
	<b>Einsatz von Phenolharzwerkstoffen im Apparatebau .....</b>	<b>191</b>
	B. Gibbesch und D. Schedlitzki	
1	Einleitung .....	191
2	Rohstoffe .....	191
3	Physikalische und chemische Eigenschaften .....	192
3.1	Mechanische Eigenschaften .....	192
3.2	Chemische Tauglichkeit .....	192
3.3	Thermische Eigenschaften .....	194
3.4	Elektrische Eigenschaften .....	195
4	Dimensionierung .....	195
5	Bauteilfertigung .....	196
6	Anwendungen .....	197
7	Zusammenfassung .....	201

<b>Apparate aus Thermoplast-GFK-Verbundkonstruktionen .....</b>	<b>202</b>	
B. Gibbesch und D. Schedlitzki		
1	Einleitung .....	202
2	Rohstoffe und Halbzeuge .....	202
3	Physikalische und chemische Eigenschaften .....	203
3.1	Mechanische Eigenschaften .....	203
3.2	Chemische Tauglichkeit .....	206
3.3	Thermische Tauglichkeit .....	207
3.4	Elektrische Eigenschaften .....	208
3.5	Permeation .....	209
4	Dimensionierung .....	209
4.1	Behälter .....	209
4.2	Stützenanbauten .....	211
5	Fertigung .....	211
5.1	Thermoplastverarbeitung .....	211
5.2	GFK-Armierung .....	212
5.3	Stützenanbauten .....	212
5.4	Reparaturen .....	213
6	Qualitätssicherung .....	213
7	Anwendungen .....	213
8	Zusammenfassung .....	214
<b>4.3</b>	<b>Glas, Email, Graphit .....</b>	<b>217</b>
<b>Glasapparate- und Anlagenbau .....</b>	<b>218</b>	
W. Wedel		
1	Bauprogramm .....	218
1.1	Normen .....	220
2	Werkstoffeigenschaften .....	222
2.1	Chemische Resistenz .....	222
2.2	Mechanische Festigkeit .....	222
2.3	Wärmespannungen .....	224
3	Borosilicatglas und Kombinationswerkstoffe .....	224
3.1	Ganzglasapparate .....	224
3.2	Kombinationswerkstoff-Auswahl .....	224
3.3	Kombinierte Apparate .....	226
3.3.1	Naturumlaufverdampfer .....	226
3.3.2	Stahl-Email-Kessel als Rührreaktor .....	226
4	Anwendungen in Produktion und Umweltschutz .....	227
5	Sicherheit .....	227
5.1	Apparatekonstruktion und -montage .....	227
5.2	Primäre Sicherheitsmaßnahmen .....	228
5.3	Sekundäre Sicherheitsmaßnahmen .....	228
5.4	Vermeidung elektrostatischer Aufladung .....	229
6	Zusammenfassung .....	229

<b>Graphit-Apparatebau</b> .....	230
J. Künzel	
1 Einleitung .....	230
2 Der Werkstoff .....	230
2.1 Herstellungsverfahren .....	230
2.2 Physikalische und chemische Eigenschaften von Apparatebaugraphit .	231
2.3 Verbindungstechnik .....	233
2.4 Konstruieren mit Apparatebaugraphit .....	234
2.5 Verbundwerkstoffe aus Graphit mit Carbonfasern sind Stand der Technik .....	234
3 Apparate aus kunstharzimprägniertem Graphit .....	236
3.1 Wärmeaustauscher .....	236
3.1.1 Rohrbündelwärmeaustauscher .....	237
3.1.2 Blockwärmeaustauscher .....	237
3.1.3 Ringnutwärmeaustauscher .....	239
3.1.4 Plattenwärmeaustauscher .....	240
3.2 Kolonnen .....	242
3.3 Syntheseeinheiten .....	242
3.4 Sonderapparate .....	242
4 Anwendungsbeispiele .....	243
5 Zusammenfassung .....	244
<b>Korrosionsschutzmaßnahmen im Chemie-Apparatebau</b> .....	246
D. Kuron	
1 Einleitung .....	246
2 Korrosionsschutzmaßnahmen .....	248
2.1 Werkstoffe .....	250
2.1.1 Stähle und NE-Werkstoffe .....	254
2.1.1.1 Stähle .....	255
2.1.1.2 NE-Werkstoffe .....	258
2.2 Medium .....	259
3 Korrosionsschutzmaßnahmen an metallischen Werkstoffen .....	261
3.1 Plattierungen und Überzüge .....	261
3.2 Auskleidungen, Gummierungen, Beschichtungen .....	267
4 Zusammenfassung .....	270
<b>5 Apparative Baugruppen</b> .....	273
<b>Kristallisationsapparate</b> .....	274
W. Wöhlk	
1 Einleitung .....	274
2 Chemisch-technologische Grundlagen der Kristallisation .....	274
3 Kinetische und hydrodynamische Grundlagen .....	275
4 Kristallisatorbauarten .....	278

4.1	Diskontinuierliche Kristallisatoren .....	278
4.2	Kontinuierliche Kristallisatoren .....	280
5	Zusammenfassung .....	284
<b>Flüssiggasdruckbehälter-Lageranlagen .....</b>		<b>286</b>
H. Backhaus		
1	Einleitende Anmerkungen .....	286
2	Technische Regeln zur Druckbehälterverordnung .....	287
2.1	Grundsätzliche Anmerkungen zur TRB 801, ANr. 25 .....	287
2.2	Druckbehälter .....	288
2.3	Rohrleitungen .....	289
2.4	Sicherheitssysteme .....	290
3	Abschließende Bemerkungen .....	291
<b>Hydrozyklone: Klassische Anwendungen und neuere Verfahrensentwicklungen .....</b>		<b>293</b>
G. Hörber		
1	Grundlagen .....	293
2	Beschreibung des Trennerfolges .....	297
3	Klassische Anwendungen .....	300
4	Neuere Verfahrensentwicklungen .....	303
4.1	Rauchgasentschwefelung .....	303
4.2	Waschen und Klassieren kontaminierter Böden .....	303
4.3	Aufbereitung von Schlick aus Häfen, Flüssen und Seen .....	305
4.4	Werkstoffliches Recycling von Kunststoffen .....	308
5	Ausblick .....	308
<b>Entspannungs- und Abscheidesysteme .....</b>		<b>310</b>
S. Muschelknautz		
1	Einleitung .....	310
2	Geschlossene Entspannungssysteme .....	312
3	Abscheidesysteme .....	314
3.1	Flüssigkeitsabscheidung .....	314
3.2	Wäscher .....	318
3.3	Verbrennung .....	318
<b>6</b>	<b>Filter .....</b>	<b>323</b>
<b>Modultypen für die Umkehrosmose, Nanofiltration, Ultrafiltration und Pervaporation .....</b>		<b>324</b>
R. Günther, F. Beyer und J. Hapke		
1	Einleitung .....	324
2	Grundlagen .....	325

3	Module für RO, NF und UF .....	327
3.1	Plattenmodule .....	328
3.1.1	Plattenmodul ohne Druckrohr .....	328
3.1.2	Plattenmodul mit Druckrohr .....	329
3.2	Kassettenmodul (K-Modul) .....	331
3.3	Wickelmodul .....	332
3.4	Rohrmodul .....	334
3.5	Kapillarmodul .....	335
3.6	Hohlfasermodule (HF-Modul) .....	335
4	Module für PV .....	337
5	Zusammenfassung .....	339

## **Muscheln, Muschellarven und andere Feststoffe in Kühlwasserkreisläufen .....**

**341**

J.-U. Upatel

1	Allgemeines .....	341
2	Die DPP-Larve .....	341
3	Die DPP-Muschel .....	342
4	Die Bekämpfung der Muschel .....	343
5	Die Bekämpfung der Larve .....	343

## **Heißgasfilter .....**

**357**

W. Peukert

1	Aufbau von Heißgasfiltern .....	357
2	Grundlagen der Partikelabscheidung .....	358
3	Filtermedien .....	362
4	Regenerierung .....	363
5	Hinweise zur Dimensionierung .....	36

## **7 Wärmeaustauscher .....**

**369**

### **Dichtungslose Plattenwärmeübertrager .....**

**370**

M. Wersel

1	Einleitung .....	370
2	Semigeschweißter Plattenwärmeübertrager .....	371
2.1	Doppelwand-Plattenwärmeübertrager .....	372
2.2	Gelöteter Plattenwärmeübertrager CB .....	372
2.3	Vollverschweißter Plattenwärmeübertrager AlfaRex .....	374
2.4	Rolls-Laval Plate Fin Heat Exchanger PFHE .....	377

<b>Mischer-Wärmeaustauscher</b> .....	379
A. Heierle	
1 Einführung und Definition .....	379
2 Konstruktive Ausführungsformen .....	379
2.1 Mischer-Wärmeaustauscher in Doppelmantelausführung, Aufbau und Funktionsweise .....	379
2.2 Mischer-Wärmeaustauscher in Rohrbündelausführung .....	383
2.3 Mischer-Wärmeaustauscher SMR, Mischreaktor SMR .....	384
3 Mischer-Wärmeaustauscher im Einsatz in der Prozeßindustrie .....	386
3.1 Wärmeaustauscher für viskose Produkte .....	386
3.1.1 Produkterwärmer für viskose Produkte .....	389
3.1.2 Aufkonzentrierung und Entgasung viskoser Lösungen und Schmelzen .....	389
3.2 Produktkühler .....	391
3.3 Temperaturkontrollierte Reaktionsführung .....	392
3.3.1 Schaltungen, Betriebsweise für Reaktionsführungen .....	392
<b>Langzeitverhalten und Kosten von industriell eingesetzten Wirbelschicht-Wärmeaustauschern</b> .....	397
R. Rautenbach, T. Katz und J. Hederich	
1 Einleitung .....	397
2 Funktionsweise eines Wirbelschicht-Wärmeaustauschers .....	397
3 Wärmeübergang bei der Wirbelschicht .....	399
4 Verhinderung von Fouling .....	401
5 Ausgeführte Anlagen .....	403
6 Betriebserfahrungen .....	404
7 Kosten .....	407
8 Zusammenfassung .....	409
<b>8 Trockner</b> .....	413
<b>Trocknungsverfahren und Apparate</b> .....	414
U. Boltendahl, K.-H. Steppuhn und H. Blawatt	
1 Einführung .....	414
2 Einteilung der Trocknungsverfahren .....	414
3 Konvektionstrockner .....	415
3.1 Bandtrockner .....	415
3.2 Hordentrockner .....	416
3.3 Kammertrockner .....	416
3.4 Prallstrahlrockner .....	416
3.5 Sprühtrockner .....	417
3.6 Stromtrockner .....	417
3.7 Trommeltrockner .....	417
3.8 Wirbelschichttrockner .....	418

4	Kontaktrockner .....	419
4.1	Walzentrockner .....	420
4.2	Dünnschichtrockner .....	421
4.3	Schaufel- und Schneckenrockner .....	421
4.4	Tellerrockner .....	421
4.5	Drallrohrrockner .....	422
5	Adsorptionstrockner .....	422
6	Strahlungstrockner .....	424
7	Mikrowellentrockner .....	424
8	Marktübersicht von Trocknungsapparaten .....	425
9	Zusammenfassung .....	425

**Der Misch-Trockner MT  
ein diskontinuierlicher Trockner für hochwertige Produkte .....** 439

F. Thurner und J. Oess

1	Einleitung .....	439
2	Beschreibung des Trocknungsapparates .....	439
3	Beschreibung des Trocknungssystems .....	442
4	Arbeitsweise .....	444
5	Anwendungsbeispiel .....	444
6	Einsatzgebiete .....	445
7	Zusammenfassung .....	446

**9 Destillations-, Rektifikations-Extraktionsan-  
lagen .....** 447

**Trennkolonnen mit geordneten Packungen für die Rektifikation und  
Absorption .....** 448

L. Spiegel

1	Einleitung .....	448
2	Geordnete Packungen .....	448
2.1	Mellapak .....	451
2.2	Optiflow .....	454
3	Kolonneneinbauten .....	455
3.1	Flüssigkeits-Verteiler .....	458
3.2	Gasverteiler .....	462
4	Anwendungen für die Rektifikation .....	462
4.1	Chemische Industrie .....	462
4.2	Petrochemie .....	464
5	Anwendungen für die Absorption .....	466
5.1	Gastrocknung und -reinigung .....	466
5.2	Abgasreinigung und Lösungsmittelrückgewinnung .....	467
5.3	Weitere Anwendungen in Absorptionsanlagen .....	469
6	Zusammenfassung .....	469

<b>10</b>	<b>Anlagenkomponenten für Apparate .....</b>	<b>473</b>
	<b>Heiz- und Kühlanlagen für den Niedertemperatur-Bereich .....</b>	<b>474</b>
	B. Thier	
1	Einführung .....	474
2	Anforderungen an Prozeßführung .....	474
3	Heiz- und Kühlverfahren .....	475
3.1	Temperiersysteme mit Wasser .....	475
3.1.1	Einzelanlagen .....	475
3.2	Temperiersysteme mit Wasser-Glykol .....	480
3.2.1	Einzelanlagen .....	480
3.3	Heiz- und Kühlanlagen (Zentrale Anlagen) .....	482
3.3.1	Zwei Energiesysteme .....	482
3.3.2	Zwei-Energiesysteme mit integrierter Kälteanlage .....	484
3.3.3	Heiz- und Kühlsysteme (drei Energiesysteme) .....	484
3.3.4	Zyklische Steuerung der Ausgangs-Stellventile am Sekundärkreislauf ..	487
4	Kälte/Sole-Systeme .....	489
4.1	Einbindung in Kühlkreisläufe .....	489
4.2	Anforderungen an Kältesysteme .....	489
4.3	Schaltungen: Kalte-Sole-Systeme .....	490
4.3.1	Temperiersystem Sulzer .....	490
4.3.2	Kühlsystem mit integriertem NH <sub>3</sub> -Verdampfer .....	492
	<b>Erhitzer für Wärmeträgeranlagen – Systemtechnische Überlegungen und Beispiele aus der Praxis .....</b>	<b>494</b>
	D. Hunold	
1	Einleitung .....	494
2	Prinzipieller Aufbau von Wärmeübertragungsanlagen .....	494
3	Elektrisch beheizter Erhitzer .....	500
3.1	Aufbau eines Elektro-Erhitizers .....	500
3.2	Wärmeübergang an einem Hezelement eines Elektro-Erhitizers .....	502
3.3	Druckverlustbetrachtung .....	504
3.4	Aufbau von Widerstands-Hezelementen .....	505
4	Befeuerte Wärmeträgererhitzer .....	506
4.1	Einsatzgebiete und Bauformen .....	506
4.2	Auslegung von befeuerten Erhitzern .....	508
5	Einige Beispiele aus der Praxis .....	510
5.1	Befuertes Erhitzer mit höchstem Wirkungsgrad und geringsten Schadstoff-Emissionen .....	510
5.2	Feststoffbefeuerte Erhitzer .....	512
5.3	Befuertes Erhitzer in "Chemie-Ausführung" .....	513
5.4	Heiz-Kühl-Tiefkühlanlagen .....	513
5.5	Indirekt beheizte und gekühlte Hochdruck-Wasser/Dampf-Anlage .....	515

<b>Heiz- und Kühltechnik emaillierter Apparate .....</b>	<b>519</b>
<b>B. Sauckel</b>	
1 Einleitung .....	519
2 Emaillierter Rührkessel .....	519
2.1 Wärmedurchgangszahl .....	519
2.1.1 Wärmeleitwiderstand .....	520
2.1.2 Wärmeübergang Produktseite .....	521
2.1.3 Wärmeübergang Mantelseite .....	522
2.1.4 Berechnungsbeispiel .....	527
2.2 Einsatz von Kennzahlen .....	528
3 Lagerbehälter und Vorlagen .....	530
4 Wärmetauscher .....	531
5 Thermische Einsatzgrenzen .....	531
5.1 Emailschock .....	531
5.2 Heizen und Kühlen über den Mantel .....	531
6 Zusammenfassung .....	533
<b>Statische Dichtungen im Apparatebau .....</b>	<b>536</b>
<b>R. Rödel</b>	
1 Vorwort .....	536
2 Übersicht über die wichtigsten statischen Dichtungen .....	536
3 Die Entwicklung asbestfreier Dichtungsmaterialien .....	537
3.1 Asbestfreie Faserstoffdichtungen (FA) .....	537
3.2 Werkstoffe auf Basis von expandiertem Graphit (GR) .....	538
3.3 Werkstoffe auf Basis von PTFE (TF) .....	538
4 Die wesentlichen Unterschiede zwischen den asbestfreien Dichtungswerkstoffen und den It-Materialien .....	538
4.1 Dichtungswerkstoffe auf Faserbasis (FA) .....	538
4.1.1 Negativ .....	538
4.1.2 Positiv .....	539
4.2 Werkstoffe auf Basis Graphit (GR) .....	539
4.2.1 Negativ .....	539
4.2.2 Positiv .....	540
4.3 Dichtungswerkstoffe auf PTFE-Basis (TF) .....	540
4.3.1 Negativ .....	540
4.3.2 Positiv .....	540
5 Die Funktion der Dichtung im Dichtverbund .....	540
5.1 Was ist dicht? (Leckkriterium) .....	542
5.2 Was heißt standfest? .....	544
5.2.1 Der Einfluß von sogenannten Dichthilfsmitteln .....	545
5.3 Die Dichtungscharakteristik .....	547
6 Die neuen Normen für Dichtungen .....	547

---

<b>11</b>	<b>Sicherheitstechnische Ausrüstung .....</b>	<b>549</b>
	<b>Sicherheitskonzept bei der Lagerung von chemischen Stoffen in Behältern .....</b>	<b>550</b>
	G. Harms	
1	Einleitung und Grundsätzliches zur Vorgehensweise .....	550
2	Strategie zur Erarbeitung eines Sicherheitskonzeptes .....	558
2.1	Vermeiden von Gefahrenpotentialen .....	558
2.2	Verhindern des Wirksamwerdens von Gefahrenpotentialen .....	560
2.3	Begrenzen der Auswirkungen bei Gefahreneintritt .....	563
3	Beispiel einer Sicherheitsbetrachtung .....	564
4	Zusammenfassung .....	570
	<b>Absichern von Behältern mit Armaturen .....</b>	<b>572</b>
	V. Stichler	
1	Einleitung .....	572
2	Füllen und Entleeren des Behälters .....	572
3	Absicherung gegen Überdruck .....	576
4	Flüssiggasbehälter .....	577
5	Behälter mit staubförmigen Medien .....	578
6	Zusätzliche Armaturen bei unterschiedlichen Behälterarten .....	578
7	Zusammenfassung .....	581
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>583</b>
	<b>Inserentenverzeichnis .....</b>	<b>589</b>
	<b>Inserenten-, Lieferungs- und Leistungsverzeichnis .....</b>	<b>594</b>