



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Chemieberufe

# CHEMIETECHNIK

von

Dr.-Ing. Eckhard Ignatowitz

**6. Auflage**

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co.,  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Grünten

Europa-Nr.: 70415

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Chemie und Umwelt .....	11
Sicherheit im Chemiebetrieb .....	12
Einführung in die Chemietechnik .....	14
Entwicklung eines Produktionsverfahrens .....	16

Seite	Seite
-------	-------

<b>I Die chemische Anlage .....</b>	<b>17</b>
<b>1 Rohrleitungen .....</b>	<b>18</b>
1.1 Nennweite DN .....	18
1.2 Nenndruck PN .....	19
1.3 Werkstoffe für Rohrleitungen .....	20
1.4 Rohr-Formstücke .....	20
1.5 Rohrleitungsverbindungen .....	21
1.6 Rohrdehnung und Dehnungsausgleich .....	25
1.7 Rohrbefestigungen .....	26
1.8 Kennzeichnung von Rohrleitungen ..	26
1.9 Rohrisolierungen .....	28
1.10 Darstellung von Rohrleitungen .....	29
<b>2 Armaturen .....</b>	<b>30</b>
2.1 Schieber, Klappen, Hähne .....	30
2.2 Ventile .....	31
2.2.1 Absperr- und Regelventile .....	31
2.2.2 Stellantriebe für Regelventile ..	32
2.2.3 Geregelte Ventile .....	33
2.2.4 Armaturen im RI-Fließbild .....	33
2.3 Blindscheiben, Lochscheiben .....	33
2.4 Rückflußverhinderer .....	34
2.5 Sicherheitsventile .....	35
2.6 Berstscheiben .....	35
2.7 Druckminderventile .....	36
2.8 Kondensatableiter .....	37
2.9 Entlüfter .....	39
2.10 Schmutzfänger .....	39
<b>3 Strömungstechnische Vorgänge in Rohrleitungen .....</b>	<b>40</b>
3.1 Volumenstrom, Massenstrom, Strömungsgeschwindigkeit .....	40
3.2 Strömungsgeschwindigkeit in Rohrverengungen .....	41
3.3 Druckänderung bei Rohrverengungen ..	39
3.4 Innere Reibung, Viskosität .....	42
3.5 Strömungsarten .....	42
3.6 Druckverlust in Rohrleitungen .....	43
3.7 Die Rohrleitungskennlinie .....	44
3.8 Druckverlauf in Rohrleitungen .....	45
<b>4 Fördern von Flüssigkeiten .....</b>	<b>46</b>
4.1 Förderstrom und Förderhöhe einer Pumpe .....	46
4.2 Förderhöhe einer Anlage .....	46
4.3 Pumpenbauarten .....	47
4.4 Kreiselpumpen .....	47
4.4.1 Aufbau und Wirkungsweise ..	47
4.4.2 Laufräder .....	48
4.4.3 Kreiselpumpenanlage .....	48
4.4.4 Saug- und Druckhöhe von Kreiselpumpen .....	49
4.4.5 Kennlinie einer Kreiselpumpe ..	49
4.4.6 Anlagenkennlinie .....	49
4.4.7 Betriebspunkt einer Pumpe .....	50
4.4.8 Kennfelder von Kreiselpumpen ..	50
4.4.9 Kreiselpumpen-Bauarten .....	51
4.4.10 Einsatz von Kreiselpumpen .....	52
4.5 Hubkolbenpumpen .....	52
4.5.1 Aufbau und Arbeitsweise .....	52
4.5.2 Merkmale und Verwendung .....	53
4.5.3 Membranpumpen .....	53
4.6 Umlaufkolbenpumpen .....	54
4.6.1 Zahnradpumpen .....	54
4.6.2 Kreiskolbenpumpen .....	54
4.6.3 Einspindelpumpen .....	54
4.6.4 Schraubepumpen .....	55
4.6.5 Schlauchpumpen .....	55
4.7 Strahlpumpen .....	55
<b>5 Fördern von Gasen .....</b>	<b>56</b>
5.1 Gesetzmäßigkeiten bei Zustandsänderungen von Gasportionen .....	56
5.2 Zustandsänderungen im $p/V$ -Diagramm ..	56
5.3 Verdichten von Gasen .....	57
5.4 Fördereinrichtungen für Gase .....	58
5.5 Hubkolbenverdichter .....	58
5.6 Rotationskolbenverdichter .....	60
5.7 Turboverdichter .....	61
5.8 Gebläse .....	62
5.9 Vakuumpumpen .....	62
5.10 Ventilatoren .....	63
<b>6 Fördern von Feststoffen .....</b>	<b>64</b>
6.1 Stetigförderer .....	64
6.1.1 Mechanische Schüttgutförderer ...	64
6.1.2 Pneumatische Förderer .....	67
6.2 Unstetigförderer .....	68
6.3 Dosierer für Schüttgüter .....	69
<b>7 Lagereinrichtungen in Chemieanlagen .....</b>	<b>70</b>
7.1 Lager für Schüttgüter .....	70
7.2 Stückgutlagerung .....	71
7.3 Tanklager für Flüssigkeiten .....	72
7.4 Lagerung und Transport brennbarer und giftiger Flüssigkeiten .....	73
7.5 Lagerung von Gasen .....	74

	Seite		Seite
<b>8 Apparate</b> .....	76	<b>9 Zeichnerische Darstellung der Chemieanlage</b>	80
8.1 Rührbehälter (Rührkessel) .....	76	9.1 Grundfließbild .....	80
8.2 Wärmeaustauscher .....	78	9.2 Verfahrensfließbild .....	81
8.3 Filtrierapparate .....	78	9.3 Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild ..	83
8.4 Destillierapparate .....	79	9.4 RI-Fließbilder technischer Anlagen .....	84
8.5 Öfen .....	79	9.5 Grafische Symbole verfahrenstechnischer Anlagen .....	86
<b>II Elektrotechnik im Chemiebetrieb</b> .....			<b>90</b>
<b>1 Elektrotechnische Grundlagen</b> .....	90	2.2 Elektromotoren .....	101
1.1 Anwendungen des Elektrizität .....	90	2.2.1 Drehstrom-Kurzschlußläufermotoren .....	101
1.2 Gefahren durch elektrischen Strom ..	91	2.2.2 Gleichstrommotoren .....	102
1.3 Grundbegriffe der Elektrotechnik ....	91	2.2.3 Motorschutzarten .....	104
1.4 Elektrische Grundgrößen .....	92	2.3 Getriebe für Elektromotore .....	104
1.5 Ohmsches Gesetz .....	93	2.3.1 Keilriemengetriebe .....	104
1.6 Elektrische Grundschaltungen .....	94	2.3.2 Zahnradgetriebe .....	105
1.7 Elektrische Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad .....	95	2.3.3 Cyclogetriebe .....	106
1.8 Stromarten .....	96	2.3.4 Stufenscheibengetriebe .....	107
1.9 Messen elektrischer Größen .....	96	2.3.5 Umschlingungsetriebe .....	107
1.10 Fehler an stromführenden Geräten ..	97	<b>3 Elektrochemische Grundlagen</b> .....	108
1.11 Schutzmaßnahmen .....	98	3.1 Galvanische Elemente .....	108
1.12 Umgang mit stromführenden Leitungen, Maschinen und Apparaten ..	99	3.2 Technische galvanische Elemente .....	109
1.13 Bildzeichen auf elektrischen Geräten und Maschinen .....	99	3.3 Elektrolyse .....	111
<b>2 Elektrische Antriebsmaschinen in Chemieanlagen</b> .....	100	3.3.1 Elektrolyse wäßriger Lösungen ....	111
2.1 Elektrische Stromnetze .....	100	3.3.2 Schmelzflußelektrolyse .....	112
		3.3.3 Faradaysche Gesetze .....	112
		3.3.4 Technische Elektrolyse-Verfahren ..	113
<b>III Wichtige Bauteile in Maschinen und Apparaten</b> .....			<b>114</b>
<b>1 Maschinenelemente für drehende Bewegungen</b> .....	114	<b>4 Fügeteile für Maschinen und Apparate</b> ....	121
1.1 Wellen, Achsen, Bolzen .....	114	4.1 Schraubverbindungen .....	121
1.2 Zahnräder .....	115	4.2 Schraubenarten .....	122
1.3 Wellen-Naben-Verbindungen .....	116	4.3 Muttern .....	123
1.4 Wellenkupplungen .....	117	4.4 Schraubensicherungen .....	123
<b>2 Lager</b> .....	118	4.5 Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern .....	123
<b>3 Dichtungen</b> .....	119	4.6 Stifte und Splinte .....	123
3.1 Dichtungen an ruhenden Flächen ...	119	<b>5 Deckelverschlüsse</b> .....	124
3.2 Dichtungen an beweglichen Flächen .	120	<b>6 Unlösbare Verbindungen</b> .....	125
<b>IV Werkstofftechnik für Chemieanlagen</b> .....			<b>126</b>
<b>1 Einteilung der Werk- und Hilfsstoffe</b> ..	126	2.3 Chemisch-technologische Eigenschaften .....	130
<b>2 Eigenschaften der Werkstoffe</b> .....	128	2.4 Fertigungstechnische Eigenschaften ....	131
2.1 Physikalische Eigenschaften .....	128	2.5 Umweltverträglichkeit .....	131
2.2 Mechanische Eigenschaften .....	129		

	Seite		Seite
<b>3 Eisen/Stahl-Werkstoffe</b>	132	<b>5.4 Korrosionsschutzmaßnahmen</b>	151
3.1 Baustähle für mechanische Beanspruchung	132	5.4.1 Auswahl geeigneter Werkstoffe	151
3.2 Baustähle für mechanische und thermische Belastung	134	5.4.2 Korrosions-Schutzschichten	154
3.3 Baustähle für chemische Belastung: die nichtrostenden Stähle	136	5.4.3 Verminderung der Aggressivität des einwirkenden Stoffes	155
3.4 Eisen- und Stahl-Gußwerkstoffe	138	5.4.4 Korrosionsschutzgerechte Konstruktion	155
3.5 Werkzeugstähle	140	5.4.5 Katodischer Korrosionsschutz von Stahl-Bauteilen	155
<b>4 Nichteisenmetalle (NE-Metalle)</b>	142	<b>6 Kunststoffe</b>	156
4.1 Aluminium und Aluminiumlegierungen	142	6.1 Eigenschaften und Verwendung	156
4.2 Kupfer und Kupferlegierungen	143	6.2 Technologische Einteilung	156
4.3 Nickel-Werkstoffe	144	6.3 Thermoplastische Kunststoffe in der Chemieindustrie	157
4.4 Titan (Ti)	145	6.4 Duroplastische Kunststoffe in der Chemieindustrie	158
4.5 Blei (Pb)	145	6.5 Elastomere in der Chemieindustrie	159
4.6 Die Sondermetalle Zirkonium (Zr) und Tantal (Ta)	146	6.6 Beständigkeitsverhalten und Alterung der Kunststoffe	160
4.7 Zink (Zn)	146	<b>7 Verbundwerkstoffe</b>	161
4.8 Zinn (Sn)	146	<b>8 Nichtmetallische anorganische Werkstoffe</b>	162
<b>5 Korrosion und Korrosionsschutz</b>	147	<b>9 Schmierstoffe</b>	164
5.1 Ursachen der Korrosion	147	<b>10 Überwachung der Werkstoffe und Bauteile im Chemiebetrieb</b>	165
5.1.1 Elektrochemische Korrosionsvorgänge	147	10.1 Fehlerortung in Chemieanlagen	165
5.1.2 Chemische Korrosionsvorgänge	149	10.2 Korrosionsüberwachung	167
5.2 Korrosionsarten und ihr Erscheinungsbild	149		
5.3 Das Korrosionsverhalten der metallischen Werkstoffe	150		

## **V Meßtechnik in Chemieanlagen** ..... 168

<b>1 Temperaturmessung</b>	169	<b>4 Füllstandmessung</b>	180
1.1 Temperaturskalen	169	4.1 Füllstandmeßgeräte für Flüssigkeiten	180
1.2 Mechanische Temperaturmeßgeräte	169	4.2 Füllstandmeßgeräte für Schüttgüter	181
1.3 Temperaturmeßgeräte mit elektrischem Ausgangssignal	170	4.3 Rauminhalte von Behältern	182
<b>2 Druckmessung</b>	172	<b>5 Gasmengenbestimmung in Tanks</b>	183
2.1 Definition, Einheiten, Umrechnung	172	<b>6 Durchflußmessung</b>	184
2.2 Druckarten	172	6.1 Physikalische Grundlagen	184
2.3 Druckmeßgeräte mit Sperrflüssigkeit	173	6.2 Wirkdruck-Durchflußmeßgeräte	184
2.4 Druckmeßgeräte mit federelastischem Meßglied	174	6.3 Schwebekörper-Durchflußmesser	186
2.5 Druckmeßumformer	175	6.4 Magnetisch-induktive Durchflußmesser	186
2.6 Besonderheiten der Druckmessung	175	<b>7 Volumenmessung und Massebestimmung</b>	187
2.7 Druckmessung in strömenden Medien	176	7.1 Volumenzähler für Gase	187
2.8 Druckverlauf in Rohrleitungen	177	7.2 Volumenzähler für Flüssigkeiten	187
<b>3 Druckdifferenzmessung</b>	178	<b>8 Messen der Dichte</b>	188
3.1 Druckdifferenzmeßgeräte mit Sperrflüssigkeit	178	<b>9 Viskositätsmessung</b>	189
3.2 Druckdifferenzmeßgeräte mit federelastischem Meßglied	178	<b>10 Wägung</b>	190
3.3 Druckdifferenzmeßgeräte mit Meßumformern	179	10.1 Mechanische Waagen	190
		10.2 Elektromagnetische Waagen	190
		10.3 Wiegen mit Kraftmeßdosen	190

	Seite
<b>11 Bestimmung von Bestandteilen in Flüssigkeiten</b> .....	191
11.1 Messung der elektrischen Leitfähigkeit wäßriger Lösungen .....	191
11.2 Messung des pH-Wertes .....	192
11.3 Messung des gelösten Sauerstoffs in Wasser .....	192
11.4 Messung der Trübung .....	193
<b>12 Gasanalyse</b> .....	193
12.1 Gasanalyse mit Infrarot-Absorptions-Meßgeräten .....	193
12.2 Gasanalyse mit Wärmeleitfähigkeits-Meßgeräten .....	194
12.3 Gaschromatographen .....	194

	Seite
<b>13 Rauch-, Staub- und Luftfeuchtigkeitsmessung</b> .....	195
13.1 Rauch- und Staubkonzentrationsmessung .....	195
13.2 Luftfeuchtigkeitsmessungen .....	195
<b>14 Meßwerterfassung und Übertragung</b> .....	196
<b>15 Meßwertverarbeitung</b> .....	196
<b>16 Meßwertausgeber</b> .....	197
16.1 Anzeiger .....	197
16.2 Grenzsinalgeber .....	198
16.3 Registriergeräte, Datenspeicher .....	198
<b>17 Darstellung und Benennung von Meßstellen</b> .....	199

## **VI Aufbereiten der Stoffe** ..... 200

<b>1 Zerkleinern von Feststoffen</b> .....	201
1.1 Physikalische Grundlagen .....	201
1.2 Zerkleinerungsverfahren .....	202
1.3 Brecher .....	203
1.4 Mühlen .....	204
1.5 Granulatoren .....	206
<b>2 Flüssigkeitszerteilung</b> .....	206
2.1 Berieselung .....	207
2.2 Zerstäubung .....	207
<b>3 Agglomerieren (Zusammenfügen)</b> .....	208
3.1 Aufbaugranulieren .....	208
3.2 Formpressen .....	210
3.3 Sintern .....	211

<b>4 Mischen (Stoffvereinigen)</b> .....	212
4.1 Mechanisches Rühren .....	213
4.1.1 Rührbehälter .....	213
4.1.2 Hochdruck-Rührbehälter .....	214
4.1.3 Rührwerke .....	215
4.1.4 Rührer .....	216
4.1.5 Strömungsverhältnisse im Rührbehälter .....	217
4.1.6 Verfahrenstechnische Operationen durch Rühren .....	218
4.2 Pneumatisches Rühren .....	220
4.3 Strömungsmischen .....	220
4.4 Kneten, Anteigen .....	222
4.5 Mischen von Feststoffschüttungen .....	224

## **VII Heizen und Kühlen** ..... 226

<b>1 Wärme – eine Energieart</b> .....	226
1.1 Wärmeeinheiten .....	226
1.2 Wärmemengen beim Erwärmen und Abkühlen .....	226
1.3 Umwandlungswärmen .....	227
1.4 Gesamtwärmemenge .....	228
1.5 Temperaturen von Mischungen .....	229
<b>2 Energieträger im Chemiebetrieb</b> .....	230
2.1 Brennstoffe .....	230
2.2 Elektrischer Strom .....	231
2.3 Wasserdampf .....	232
2.4 Heizflüssigkeiten .....	234
2.5 Gasförmige und feste Wärmeträger .....	234
2.6 Kältemittel .....	234
2.7 Druckluft und Vakuum .....	235

<b>3 Wärmeübertragung</b> .....	236
3.1 Wärmeübertragungsarten .....	236
3.2 Wärmeleitung .....	237
3.3 Wärmeübergang .....	238
3.4 Wärmedurchgang .....	239
3.5 Stoffführung in Wärmetauschern .....	240
3.6 Wärmestrahlung .....	242
<b>4 Heizen und Kühlen in Rührbehältern</b> .....	243
4.1 Indirekte Wärmeübertragung .....	243
4.2 Direkte Wärmeübertragung .....	243
<b>5 Wärmetauscher</b> .....	244
5.1 Rohrbündel-Wärmetauscher .....	244
5.2 Doppelrohr-Wärmetauscher .....	246
5.3 Spiral-Wärmetauscher .....	246
5.4 Platten-Wärmetauscher .....	246
<b>6 Apparate und Anlagen zum Kühlen</b> .....	247

Übersicht über die Trennverfahren .....	248
---	-----

## VIII Mechanische Trennverfahren ..... 250

<b>1 Mechanische Trennverfahren für Feststoffgemische</b> .....	250	<b>2 Mechanische Trennverfahren für Feststoff/ Flüssigkeits-Gemische</b> .....	264
1.1 Sortieren .....	251	2.1 Absetzen, Sedimentieren .....	264
1.1.1 Dichtesortieren .....	251	2.2 Apparate zum Sedimentieren .....	265
1.1.2 Flotieren .....	252	2.3 Zentrifugieren .....	267
1.1.3 Magnetsortieren .....	253	2.4 Sedimentierzentrifugen .....	268
1.2 Klassieren .....	254	2.5 Filtrierzentrifugen .....	269
1.2.1 Sieben (Siebklassieren) .....	254	2.6 Trennen mit dem Hydrozyklon .....	271
1.2.2 Sichten (Windsichten) .....	257	2.7 Filtrieren .....	272
1.2.3 Stromklassieren (Hydroklassieren) .....	258	2.8 Absatzweise betriebene Filterapparate ..	273
1.3 Bestimmung der Partikelgrößenverteilung (Körnungsanalyse) .....	259	2.9 Kontinuierlich arbeitende Filterapparate ..	275
1.3.1 Probennahme .....	259	2.10 Auspressen .....	277
1.3.2 Körnungsanalyseverfahren .....	259	<b>3 Mechanische Trennung von Flüssigkeitsgemischen</b> .....	278
1.3.3 Siebanalyse .....	259	3.1 Trennen von Emulsionen durch Sedimentation .....	278
1.3.4 Auswertung der Siebanalyse ..	260	3.2 Ultrafiltration verunreinigter Flüssigkeiten ..	279
1.3.5 RRSB-Körnungsnetz .....	262		

## IX Gasreinigung und Gasmischentrennung ..... 280

<b>1 Entstaubung</b> .....	281	<b>3 Gasmischentrennung und Abscheidung von Fremdgasen</b> .....	289
1.1 Mechanische Entstaubung .....	282	3.1 Gasmischentrennung durch Kondensation ..	289
1.2 Naßentstaubung .....	284	3.2 Gasmischtrennung durch Absorption ..	290
1.3 Filtrationsentstaubung .....	285	3.3 Gasreinigung durch Adsorption .....	292
1.4 Elektroentstaubung .....	286	<b>4 Katalytische Gasreinigung</b> .....	294
1.5 Entstaubungsanlage .....	287	<b>5 Abluftreinigung und Abgasentsorgung durch Verbrennung</b> .....	295
<b>2 Abscheidung feinverteilter Flüssigkeitströpfchen</b> .....	288		

## X Thermische Trennverfahren ..... 296

<b>1 Trocknen</b> .....	296	<b>3 Thermische Trennung von Flüssigkeitsgemischen</b> .....	314
1.1 Physikalische Grundlagen .....	296	3.1 Physikalische Grundlagen .....	314
1.2 Trocknungsverfahren .....	298	3.1.1 Dampfdruck homogener Zweistoffgemische .....	314
1.3 Trocknerbauarten .....	299	3.1.2 Siede-/Tau-Diagramm .....	315
1.4 Vakuumtrocknung .....	301	3.1.3 Gleichgewichtsdiagramm .....	316
1.5 Vakuumgefriertrocknen .....	302	3.2 Destillieren .....	316
1.6 Technische Trocknungsanlage .....	302	3.2.1 Absatzweise einfache Destillation .....	317
<b>2 Thermische Trennung von Lösungen</b> ..	304	3.2.2 Absatzweise fraktionierte Destillation .....	318
2.1 Verdampfen .....	304	3.2.3 Kontinuierliche einfache Destillation .....	318
2.1.1 Physikalische Grundlagen .....	304	3.2.4 Wasserdampfdestillation .....	319
2.1.2 Verdampferbauarten .....	305	3.3 Rektifizieren .....	320
2.1.3 Mehrkörperverdampferanlage ..	306	3.3.1 Grundlagen .....	320
2.1.4 Verdampferanlage mit Brüdenkompression .....	307	3.3.2 Vorgänge in einer Rektifikations-säule mit Austauschböden .....	322
2.2 Kristallisieren .....	308		
2.2.1 Physikalische Grundlagen .....	308		
2.2.2 Kristallisationsapparate .....	309		
2.3 Aussalzen und Ausfällen .....	312		
2.4 Ausfrieren (Kaltkonzentrieren) .....	312		

	Seite		Seite
3.3.3	Theoretische Trennstufenzahl .	323	
3.3.4	Verstärkungsverhältnis, Bodenwirkungsgrad .....	323	
3.3.5	Rücklaufverhältnis .....	323	
3.3.6	Bestimmung der Trennstufenzahl .....	324	
3.3.7	Austauschböden .....	325	
3.3.8	Rektifikationsssäulen mit Füllkörpern und Packungen ...	326	
3.4	Rektifikationsverfahren .....	328	
3.4.1	Absatzweise Rektifikation ....	328	
			3.4.2 Kontinuierliche Rektifikation von Zweistoffgemischen .....
			329
			3.4.3 Rektifizieren von Mehrstoff- und Vielstoffgemischen .....
			330
			3.4.4 Rektifizieren temperatur- empfindlicher Gemische .....
			331
			3.4.5 Raffinierung des Erdöls .....
			332
			3.4.6 Rektifizieren azeotroper Gemische .
			334
			3.4.7 Rektifikation engsiedender Gemische .....
			335

## XI Physikalisch-chemische Trennverfahren ..... 336

<b>1</b>	<b>Feststoffextraktion</b> .....	336			
1.1	Grundlagen .....	336		2.2	Diskontinuierliche Flüssig-Flüssig- Extraktoren .....
1.2	Lösungsmittel .....	337			343
1.3	Einflüsse auf die Extraktionsleistung .	337		2.3	Kontinuierliche Flüssig-Flüssig- Extraktoren .....
1.4	Stoffführung beim Extrahieren .....	338			344
1.5	Diskontinuierliche Feststoff-Extraktoren .....	339		<b>3</b>	<b>Ionenaustausch</b> .....
1.6	Kontinuierlich arbeitende Feststoff- Extraktoren .....	340		3.1	Physikalisch-chemische Grundlagen ....
<b>2</b>	<b>Flüssig-Flüssig-Extraktion</b> .....	342		3.2	Wasser-Vollentsalzung .....
2.1	Physikalische Grundlagen .....	342		3.3	Wasserenthärtung .....
				3.4	Abwasserentgiftung .....
				3.5	Ionenaustauscheranlagen .....
					348

## XII Steuerungs-, Regelungs- und Prozeßleittechnik ..... 350

<b>1</b>	<b>Übersicht und Begriffe</b> .....	350		2.8	Regelkreisverhalten .....
<b>2</b>	<b>Regelungstechnik</b> .....	352			376
2.1	Grundlagen .....	354		2.9	Anfahren und Hochfahren einer Chemieanlage .....
2.2	Darstellung und Bezeichnung von Meß- und Regelstellen .....	358			376
2.3	Regelstrecken .....	358		2.10	Einstellen des Reglers .....
2.3.1	Statisches Verhalten .....	359			377
2.3.2	Dynamisches Verhalten .....	360		<b>3</b>	<b>Steuerungstechnik</b> .....
2.4	Elemente der Regeleinrichtung .....	360		3.1	Steuerungstechnische Grundbegriffe ....
2.5	Regler .....	360		3.2	Steuerungsarten .....
2.5.1	Zeitverhalten stetiger Reglertypen .....	360		3.3	Beschreibung eines Steuerungs- vorgangs .....
2.5.2	Vergleich und Einsatz der Reglertypen .....	362			380
2.5.3	Unstetige Regler .....	363		3.4	Unterscheidungsmerkmale von Steuerungen .....
2.6	Bauformen von Regelgeräten .....	364			381
2.6.1	Pneumatische Regelgeräte ....	364		3.5	Signalarten in Steuerungen .....
2.6.2	Elektrische Regelgeräte .....	366			382
2.6.3	Leitgeräte, Kompaktregler ....	368		3.6	Grundfunktionen der binären Signalverarbeitung .....
2.6.4	Regler ohne Hilfsenergie ....	369			383
2.7	Regelaufgaben in Chemieanlagen ...	370		3.7	Technische Ausführung von Steuerungen .....
2.7.1	Temperaturregelungen .....	370			385
2.7.2	Druckregelungen .....	371		3.7.1	Mechanische Steuerungen .....
2.7.3	Durchflußregelungen .....	373			385
2.7.4	Mengenregelungen .....	374		3.7.2	Elektrische Steuerungen .....
2.7.5	Füllstandsregelungen .....	374			386
2.7.6	Regelung von Analysenwerten	374		3.7.3	Elektronische Steuerungen .....
2.7.7	Regelung einer Rektifikationsanlage .....	375			386
				3.7.4	Speicherprogrammierbare Steuerungen .....
					386
				3.8	Beispiele ausgeführter Steuerungen ....
					389
				3.8.1	Ablaufsteuerung eines Chargenreaktors .....
					389
				3.8.2	Steuerung einer absatzweise arbeitenden Zentrifugieranlage .....
					390

	Seite		Seite
<b>4 Prozeßleittechnik</b> .....	392	4.3.2 Konfektionierte Bilder .....	399
4.1 Vergleich: konventionelle MSR-Technik – Prozeßleittechnik .....	392	4.3.3 Kurvenbilder .....	400
4.2 Aufbau eines Prozeßleitsystems .....	394	4.3.4 Einblendbilder (Windows) .....	400
4.2.1 Übersicht .....	394	4.4 Bedienung eines Prozeßleitsystems .....	401
4.2.2 Automatisierungseinheiten .....	395	4.5 Funktionsumfang eines Prozeßleitsystems .....	402
4.2.3 Bussysteme .....	396	4.5.1 Signalaufbereitungsfunktionen ....	402
4.2.4 Beobachtungs- und Bedieneinheiten	396	4.5.2 Regelfunktionen .....	402
4.2.5 Managementstationen .....	397	4.5.3 Steuerungsfunktionen .....	403
4.3 Darstellung des Prozeßgeschehens auf dem Bildschirm .....	398	4.5.4 Rezeptursteuerung bei Chargenprozessen .....	404
4.3.1 Anlagenspezifische Grafikbilder ...	398	4.5.5 Überwachungsfunktionen .....	405

### **XIII Chemische Reaktionstechnik** ..... 406

<b>1 Reaktionsverfahren</b> .....	406	<b>7 Idealisierte Reaktorgrundtypen</b> .....	412
<b>2 Einflußgrößen auf die Reaktion</b> .....	407	<b>8 Reaktionskolonnen</b> .....	414
<b>3 Reaktionsbehälter für Chargenbetrieb</b> .....	408	<b>9 Hochdruck-Reaktionsapparate</b> .....	415
<b>4 Chargenbetrieb</b> .....	409	<b>10 Reaktionsöfen</b> .....	416
<b>5 Reaktionsapparate für Fließbetrieb</b> .....	410	<b>11 Elektrolyseapparate</b> .....	417
<b>6 Fließbetrieb</b> .....	411		

### **XIV Umwelttechnik im Chemiebetrieb** ..... 418

<b>1 Chemieproduktion und Umweltbelastung</b> .....	419	4.4 Reinigung stark belasteter Chemieabwässer .....	425
<b>2 Gesetzliche Bestimmungen zum Umweltschutz</b> .....	420	<b>5 Umweltschutzbereich Luft</b> .....	428
<b>3 Produktionsrückstände in der Chemieindustrie</b> .....	420	5.1 Abgasverwertung und Abluftreinigung durch Verbrennung .....	428
<b>4 Umweltschutzbereich Wasser</b> .....	421	5.2 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken .....	429
4.1 Wasseraufbereitung .....	421	<b>6 Beseitigung von Chemieabfällen</b> .....	430
4.2 Mechanisch-biologische Abwasserreinigung .....	422	6.1 Verbrennung von Abfällen .....	430
4.3 Biologische Abwasserreinigung in Hochbau-Reaktoren .....	424	6.2 Sondermülldeponie .....	430
		6.3 Kompostierung .....	431
		<b>7 Produktionsintegrierter Umweltschutz</b> ....	432

### **XV Unfallverhütung und Arbeitssicherheit** ..... 434

<b>1 Gefährliche Arbeitsbereiche</b> .....	434	3.4 Erstickende Gase .....	439
<b>2 Brand- und Explosionsschutz</b> .....	436	3.5 Lösungsmittel und giftige Flüssigkeiten ..	440
2.1 Brand- und explosionsgefährliche Stoffe	436	3.6 Feste Giftstoffe .....	440
2.2 Vermeiden von Bränden und Explosionen	437	3.7 Langzeit-Schadstoffe .....	441
2.3 Brandbekämpfungsmöglichkeiten .....	438	3.8 Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen ...	442
<b>3 Umgang mit gesundheitsschädlichen Stoffen</b> .....	438	<b>4 Vermeiden von Gesundheitsschäden durch physikalische Einwirkungen</b> .....	443
3.1 Ätzende Stoffe .....	438	4.1 Lärmschutz .....	443
3.2 Ätz- und Reizgase .....	439	4.3 Strahlenschutz .....	443
3.3 Atemgifte .....	439		

<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	445
----------------------------------	-----

<b>Danksagung, Quellenverzeichnis</b> .....	454
---	-----