

# Inhaltsverzeichnis

Chemie und Umwelt .....	Seite	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>Elektrotechnik im Chemiebetrieb</b> .....			90
<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 Motorenschutzarten .....	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 Grundsaltungen .....	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 Umschlingungsgetriebe .....	107
1.10 Fehler an stromführenden Geräten ..	97		
1.11 Schutzmaßnahmen .....	98	<b>3 Elektrochemische Grundlagen</b> .....	108
1.12 Umgang mit stromführenden Leitungen, Maschinen und Apparaten ..	99	3.1 Galvanische Elemente .....	108
1.13 Bildzeichen auf elektrischen Geräten und Maschinen .....	99	3.2 Technische galvanische Elemente .....	109
<b>2 Elektrische Antriebsmaschinen in Chemieanlagen</b> .....	100	3.3 Elektrolyse .....	111
2.1 Elektrische Stromnetze .....	100	3.3.1 Elektrolyse wäßriger Lösungen .....	111
		3.3.2 Schmelzflußelektrolyse .....	112
		3.3.3 Faradaysche Gesetze .....	112
		3.3.4 Technische Elektrolyse-Verfahren ..	113
<b>I Wichtige Bauteile in Maschinen und Apparaten</b> .....			114
<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>/ Werkstofftechnik für Chemieanlagen</b> .....			126
<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	5.4 Korrosionsschutzmaßnahmen .....	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

<b>11 Bestimmung von Bestandteilen in Flüssigkeiten</b> .....	191	<b>13 Rauch-, Staub- und Luftfeuchtigkeitsmessung</b> .....	195
11.1 Messung der elektrischen Leitfähigkeit wäßriger Lösungen .....	191	13.1 Rauch- und Staubkonzentrationsmessung .....	195
11.2 Messung des pH-Wertes .....	192	13.2 Luftfeuchtigkeitsmessungen .....	195
11.3 Messung des gelösten Sauerstoffs in Wasser .....	192	<b>14 Meßwerterfassung und Übertragung</b> .....	196
11.4 Messung der Trübung .....	193	<b>15 Meßwertverarbeitung</b> .....	196
<b>12 Gasanalyse</b> .....	193	<b>16 Meßwertausgeber</b> .....	197
12.1 Gasanalyse mit Infrarot-Absorptions-Meßgeräten .....	193	16.1 Anzeiger .....	197
12.2 Gasanalyse mit Wärmeleitfähigkeits-Meßgeräten .....	194	16.2 Grenzsinalgeber .....	198
12.3 Gaschromatographen .....	194	16.3 Registriergeräte, Datenspeicher .....	198
		<b>17 Darstellung und Benennung von Meßstellen</b> .....	199

## I Aufbereiten der Stoffe .....

200

<b>1 Zerkleinern von Feststoffen</b> .....	201	<b>4 Mischen (Stoffvereinigen)</b> .....	212
1.1 Physikalische Grundlagen .....	201	4.1 Mechanisches Rühren .....	213
1.2 Zerkleinerungsverfahren .....	202	4.1.1 Rührbehälter .....	213
1.3 Brecher .....	203	4.1.2 Hochdruck-Rührbehälter .....	214
1.4 Mühlen .....	204	4.1.3 Rührwerke .....	215
1.5 Granulatoren .....	206	4.1.4 Rührer .....	216
<b>2 Flüssigkeitszerteilung</b> .....	206	4.1.5 Strömungsverhältnisse im Rührbehälter .....	217
2.1 Berieselung .....	207	4.1.6 Verfahrenstechnische Operationen durch Rühren .....	218
2.2 Zerstäubung .....	207	4.2 Pneumatisches Rühren .....	220
<b>3 Agglomerieren (Zusammenfügen)</b> .....	208	4.3 Strömungsmischen .....	220
3.1 Aufbaugranulieren .....	208	4.4 Kneten, Anteigen .....	222
3.2 Formpressen .....	210	4.5 Mischen von Feststoffschüttungen .....	224
3.3 Sintern .....	211		

## II Heizen und Kühlen .....

226

<b>1 Wärme — eine Energieart</b> .....	226	<b>3 Wärmeübertragung</b> .....	236
1.1 Wärmeeinheiten .....	226	3.1 Wärmeübertragungsarten .....	236
1.2 Wärmemengen beim Erwärmen und Abkühlen .....	226	3.2 Wärmeleitung .....	237
1.3 Umwandlungswärmen .....	227	3.3 Wärmeübergang .....	238
1.4 Gesamtwärmemenge .....	228	3.4 Wärmedurchgang .....	239
1.5 Temperaturen von Mischungen .....	229	3.5 Stoffführung in Wärmetauschern .....	240
<b>2 Energieträger im Chemiebetrieb</b> .....	230	3.6 Wärmestrahlung .....	242
2.1 Brennstoffe .....	230	<b>4 Heizen und Kühlen in Rührbehältern</b> .....	243
2.2 Elektrischer Strom .....	231	4.1 Indirekte Wärmeübertragung .....	243
2.3 Wasserdampf .....	232	4.2 Direkte Wärmeübertragung .....	243
2.4 Heizflüssigkeiten .....	234	<b>5 Wärmetauscher</b> .....	244
2.5 Gasförmige und feste Wärmeträger .....	234	5.1 Rohrbündel-Wärmetauscher .....	244
2.6 Kältemittel .....	234	5.2 Doppelrohr-Wärmetauscher .....	246
2.7 Druckluft und Vakuum .....	235	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 Gasgemischtrennung ..... 280

<b>1 Entstaubung</b> .....	281	<b>3 Gasgemischtrennung und Abscheidung von Fremdgasen</b> .....	289
1.1 Mechanische Entstaubung .....	282	3.1 Gasgemischtrennung durch Kondensation ..	289
1.2 Naßentstaubung .....	284	3.2 Gasgemischtrennung 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 Vakuumgefrietrocknen .....	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	Rektifikationssäulen 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 Feststoffextraktion</b> .....	336	<b>2.2</b> Diskontinuierliche Flüssig-Flüssig- Extraktoren .....	343
1.1 Grundlagen .....	336	<b>2.3</b> Kontinuierliche Flüssig-Flüssig- Extraktoren .....	344
1.2 Lösungsmittel .....	337	<b>3 Ionenaustausch</b> .....	346
1.3 Einflüsse auf die Extraktionsleistung .	337	3.1 Physikalisch-chemische Grundlagen ....	346
1.4 Stoffführung beim Extrahieren .....	338	3.2 Wasser-Vollentsalzung .....	347
1.5 Diskontinuierliche Feststoff-Extraktoren .....	339	3.3 Wasserenthärtung .....	348
1.6 Kontinuierlich arbeitende Feststoff- Extraktoren .....	340	3.4 Abwasserentgiftung .....	348
<b>2 Flüssig-Flüssig-Extraktion</b> .....	342	3.5 Ionenaustauscheranlagen .....	348
2.1 Physikalische Grundlagen .....	342		

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

<b>1 Übersicht und Begriffe</b> .....	350	<b>2.8</b> Regelkreisverhalten .....	376
<b>2 Regelungstechnik</b> .....	352	<b>2.9</b> Anfahren und Hochfahren einer Chemieanlage .....	376
2.1 Grundlagen .....	354	<b>2.10</b> Einstellen des Reglers .....	377
2.2 Darstellung und Bezeichnung von Meß- und Regelstellen .....	358	<b>3 Steuerungstechnik</b> .....	378
2.3 Regelstrecken .....	358	3.1 Steuerungstechnische Grundbegriffe ....	378
2.3.1 Statisches Verhalten .....	359	3.2 Steuerungsarten .....	379
2.3.2 Dynamisches Verhalten .....	360	3.3 Beschreibung eines Steuerungs- vorgangs .....	380
2.4 Elemente der Regeleinrichtung .....	360	3.4 Unterscheidungsmerkmale von Steuerungen .....	381
2.5 Regler .....	360	3.5 Signalarten in Steuerungen .....	382
2.5.1 Zeitverhalten stetiger Reglertypen .....	360	3.6 Grundfunktionen der binären Signalverarbeitung .....	383
2.5.2 Vergleich und Einsatz der Reglertypen .....	362	3.7 Technische Ausführung von Steuerungen .....	385
2.5.3 Unstetige Regler .....	363	3.7.1 Mechanische Steuerungen .....	385
2.6 Bauformen von Regelgeräten .....	364	3.7.2 Elektrische Steuerungen .....	385
2.6.1 Pneumatische Regelgeräte ....	364	3.7.3 Elektronische Steuerungen .....	386
2.6.2 Elektrische Regelgeräte .....	366	3.7.4 Speicherprogrammierbare Steuerungen .....	386
2.6.3 Leitgeräte, Kompaktregler ....	368	<b>3.8</b> Beispiele ausgeführter Steuerungen ....	389
2.6.4 Regler ohne Hilfsenergie ....	369	3.8.1 Ablaufsteuerung eines Chargenreaktors .....	389
2.7 Regelaufgaben in Chemieanlagen ...	370	3.8.2 Steuerung einer absatzweise arbeitenden Zentrifugieranlage .....	390
2.7.1 Temperaturregelungen .....	370		
2.7.2 Druckregelungen .....	371		
2.7.3 Durchflußregelungen .....	373		
2.7.4 Mengenregelungen .....	374		
2.7.5 Füllstandsregelungen .....	374		
2.7.6 Regelung von Analysenwerten	374		
2.7.7 Regelung einer Rektifikationsanlage .....	375		

	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** .....

<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** .....

<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** .....

<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		

**Sachwortverzeichnis** .....

**Danksagung, Quellenverzeichnis** .....