

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Chemie und Umwelt	11	4.3.6 Sonderbauarten von Kreiselpumpen	58
Sicherheit im Chemiebetrieb	12	4.3.7 Einsatz von Kreiselpumpen	58
Einführung in die Chemietechnik	14	4.3.8 Seitenkanalpumpe	59
Entwicklung eines Produktionsverfahrens	17	4.3.9 Propellerpumpe	59
I Die Chemieanlage	18	4.4 Betriebsverhalten von Kreiselpumpen	60
1 Rohrleitungen	19	4.4.1 Förderstrom und Förderhöhe einer Pumpe	60
1.1 Die Nennweite DN	19	4.4.2 Förderhöhe einer Anlage	60
1.2 Der Nenndruck PN	20	4.4.3 Leistungsbedarf und Wirkungsgrad einer Pumpe	61
1.3 Rohre und Rohrmaße für Rohrleitungen	21	4.4.4 Kennlinien einer Kreiselpumpe	61
1.4 Rohrformstücke	23	4.4.5 Anlagenkennlinie	61
1.5 Rohrverbindungen	23	4.4.6 Betriebspunkt einer Kreiselpumpe	62
1.6 Werkstoffe für Rohrleitungen	26	4.4.7 Zusammenschalten von Pumpen	62
1.7 Rohrleitungsklassen	27	4.4.8 Kennfelder von Kreiselpumpen	63
1.8 Rohrbefestigungen	28	4.4.9 Kavitation bei Kreiselpumpen	63
1.9 Kennzeichnung von Rohrleitungen	28	4.4.10 Berechnung des kavitationsfreien Pumpenbetriebs, NPSH-Wert	64
1.10 Rohrdehnungsausgleich	30	4.4.11 Anfahren und Abschalten von Kreiselpumpen	66
1.11 Rohrisolierungen	31	4.5 Hubkolbenpumpen	67
1.12 Grafische Darstellung der Rohrleitungen	32	4.5.1 Aufbau und Arbeitsweise von Hubkolbenpumpen	67
2 Armaturen	34	4.5.2 Merkmale und Verwendung	68
2.1 Schieber, Klappen, Hähne	34	4.6 Kolben-Membranpumpen	68
2.2 Ventile	35	4.7 Umlaufkolbenpumpen	69
2.2.1 Absperr- und Regelventile	35	4.7.1 Schraubenspindelpumpen	69
2.2.2 Stellantriebe für Armaturen	37	4.7.2 Exzenter-Schneckenpumpen	69
2.2.3 Geregelte Ventile	38	4.7.3 Zahnraddumpen	69
2.2.4 Darstellung der Armaturen im R&I-Fließbild	38	4.7.4 Impellerpumpen	70
2.3 Rohrleitungs-Einbauscheiben	38	4.7.5 Schlauchpumpen	70
2.4 Rückflussverhinderer	39	4.8 Strahlpumpe	70
2.5 Sicherheitsventile	40	4.9 Übersicht: Eigenschaften und Einsatzgebiete von Pumpen	71
2.6 Berstsicherungen	41	4.10 Dosieren von Flüssigkeiten	72
2.7 Druckminderventile (Druckminderer)	42	4.11 Dosieren und Reinigen durch Molchen	72
2.8 Kondensatableiter	43	5 Fördern und Verdichten von Gasen	75
2.9 Entlüfter	45	5.1 Gesetzmäßigkeiten bei Zustandsänderungen einer Gasportion	75
2.10 Schmutzfänger	45	5.2 Vorgänge beim Verdichten von Gasen	77
3 Strömungstechnische Vorgänge in Rohrleitungen	46	5.3 Fördereinrichtungen und Verdichter für Gase	77
3.1 Volumenstrom, Massenstrom, Strömungsgeschwindigkeit	46	5.4 Hubkolbenverdichter	78
3.2 Strömung in veränderten Rohrquerschnitten	47	5.5 Rotationskolbenverdichter	80
3.3 Druckänderung bei der Strömung in veränderten Rohrquerschnitten	47	5.6 Turboverdichter	81
3.4 Innere Reibung, Viskosität	48	5.7 Gebläse	82
3.5 Strömungsarten	49	5.8 Ventilatoren	82
3.6 Druckverlust in Rohrleitungen	50	6 Erzeugung von Unterdruck (Vakuumtechnik)	84
3.7 Rohrleitungskennlinie	51	6.1 Flüssigkeitsringvakuumpumpen	84
3.8 Druckverlauf in Rohrleitungen	52	6.2 Treibmittelvakuumpumpen	85
4 Fördern von Flüssigkeiten	53	6.3 Kombinierte Strahlpumpensysteme	85
4.1 Übersicht der Förderarten	53	6.4 Rotationsverdränger-Vakuumpumpen	86
4.2 Fördern mit Pumpen	54	6.5 Diffusionsvakuumpumpen	88
4.3 Kreiselpumpen	54	6.6 Turbo-Molekularpumpen	88
4.3.1 Aufbau und Wirkungsweise	54	6.7 Einsatz der geeigneten Vakuumpumpe	88
4.3.2 Pumpenlaufräder	55	6.7.1 Abpumpen von trockenen Gasen	89
4.3.3 Kreiselpumpen-Bauarten	56	6.7.2 Abpumpen von dampfhaltigen Gasen	89
4.3.4 Wellenabdichtung bei Kreiselpumpen	57		
4.3.5 Kreiselpumpenanlage	57		

	Seite		Seite
7 Fördern von Feststoffen	90	13.5.4 Erstickende Gase	141
7.1 Beschreibung von Schüttgütern	90	13.5.5 Lösemittel und giftige Flüssigkeiten	142
7.2 Mechanische Schüttgutförderer	91	13.5.6 Feste Giftstoffe	142
7.3 Pneumatische Schüttgutförderer	94	13.5.7 Langzeit-Schadstoffe	143
7.4 Schüttgutdosierer	95	13.5.8 Arbeitsplatzgrenzwerte	144
7.5 Förderanlagen für Stückgut	96	13.6 Vermeiden von Gesundheitsschäden durch physikalische Einwirkungen	145
7.6 Unstetigförderer	97	13.6.1 Lärmschutz	145
7.7 Handhabung: Schüttgüter und Stückgut	98	13.6.2 Strahlenschutz	145
8 Lagerung und Transport von Chemikalien	100	II Elektrotechnik im Chemiebetrieb	146
8.1 Lager für Schüttgüter	100	1 Elektrotechnische Grundlagen	146
8.2 Stückgutlagerung	102	1.1 Anwendungen der Elektrizität	146
8.3 Lagern von Flüssigkeiten	103	1.2 Grundbegriffe der Elektrotechnik	147
8.4 Handhabung und Transport brennbarer und giftiger Flüssigkeiten	106	1.3 Elektrische Grundgrößen	148
8.5 Lagerung von Gasen	107	1.4 Ohm'sches Gesetz	149
9 Übersicht der Maschinen und Apparate	110	1.5 Elektrische Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad	150
9.1 Elektromotoren und Getriebe	110	1.6 Elektrische Schaltung von Verbrauchern	151
9.2 Rührbehälter (Rührkessel)	111	1.7 Messen elektrischer Größen	152
9.3 Zerkleinerungsmaschinen	112	1.8 Stromarten	153
9.4 Filterapparate	112	2 Stromversorgung und sicherer Umgang mit der Elektrizität	154
9.5 Wärmetauscher	113	2.1 Leitungsnetz und elektrischer Anschluss	154
9.6 Rektifikationskolonnen	113	2.2 Elektrische Installation und Anschlüsse	155
10 Zeichnerische Darstellung der Chemieanlage	114	2.3 Schutzmaßnahmen für elektrische Betriebsmittel	156
10.1 Grundfließbild	114	2.4 Mögliche Fehler an stromführenden Geräten	157
10.2 Verfahrensfließbild	115	2.5 Gefahren durch den elektrischen Strom	157
10.3 Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild (R&I-Fließbild)	117	2.6 Sicherer Umgang mit stromführenden Leitungen und Maschinen	158
10.4 Beispiele von R&I-Fließbildern technischer Anlagen	118	2.7 Bildzeichen auf elektrischen Geräten und Maschinen	158
10.5 Grafische Symbole in Fließbildern	120	3 Elektrische Antriebsmaschinen in Chemieanlagen	159
11 Betrieb und Instandhaltung	124	3.1 Elektromotoren	159
11.1 Betrieb einer Chemieanlage	124	3.1.1 Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren	159
11.2 Instandhaltung einer Chemieanlage	124	3.1.2 Gleichstrommotoren	162
11.2.1 Wartung	124	3.1.3 Motorschutzarten	164
11.2.2 Inspektionen	127	3.2 Getriebe für Elektromotoren	164
11.2.3 Instandsetzung	128	3.2.1 Keilriemengetriebe	164
12 Sicherheit von Chemieanlagen	129	3.2.2 Zahnrädergetriebe	165
12.1 Betriebssicherheitsverordnung	129	3.2.3 Kurvenscheiben-Getriebe	166
12.2 Sicherheitskonzept einer Chemieanlage	130	3.2.4 Stufenscheibengetriebe	167
12.3 Schutzmaßnahmen gegen Explosionsgefahr	132	3.2.5 Umschlingungsgetriebe	167
13 Unfallverhütung und Arbeitssicherheit	134	4 Elektrochemische Grundlagen	168
13.1 Gefährliche Arbeitsbereiche	134	4.1 Galvanische Elemente	168
13.2 Brand- und Explosionsschutz	136	4.2 Elektrolyse	170
13.2.1 Brand- und explosionsgefährliche Stoffe	136	4.2.1 Elektrolyse wässriger Lösungen	170
13.2.2 Vermeiden von Bränden und Explosionen	137	4.2.2 Faraday'sche Gesetze	171
13.2.3 Brandbekämpfung und Brandschutz	137	4.2.3 Technische Elektrolyse-Verfahren	171
13.3 Umgang mit gesundheitsschädlichen Stoffen	138	III Bauteile in Maschinen und Apparaten	173
13.4 Kennzeichnung von Gefahrstoffen	138	1 Elemente für drehende Bewegungen	173
13.4.1 Gefahrstoffpiktogramme nach GHS	138	1.1 Wellen, Achsen, Bolzen	173
13.4.2 H-Sätze und P-Sätze	139	1.2 Zahnräder	174
13.4.3 Alte Gefahrstoff-Kennzeichnung	138	1.3 Welle-Nabe-Verbindungen	175
13.5 Arten von Gefahrstoffen	149	1.4 Wellenkupplungen	176
13.5.1 Ätzende Stoffe	140		
13.5.2 Ätz- und Reizgase	141		
13.5.3 Atemgifte	141		

	Seite		Seite
2 Lager	177	6.5 Auswahl geeigneter Werkstoffe	215
2.1 Gleitlager	177	6.6 Korrosionsschutzmaßnahmen	218
2.2 Wälzlager	177	6.6.1 Korrosionsschutzanstriche	218
3 Dichtungen	178	6.6.2 Zinkbeschichtungen	218
3.1 Dichtungen an nicht bewegten Flächen	178	6.6.3 Korrosionsschutz von Apparaten aus	219
3.2 Wellendichtungen	178	nichtrostenden Stählen	
4 Fügeteile für Maschinen und Apparate	180	6.6.4 Verminderung der Aggressivität des	219
4.1 Schraubenverbindungen	180	einwirkenden Stoffes	
4.2 Schraubenarten	181	6.6.5 Vermeidung von Korrosionsstellen	219
4.3 Muttern	182	6.6.6 Katodischer Korrosionsschutz	220
4.4 Schraubensicherungen	182	6.6.7 Korrosionsschutz von Al-Bauteilen	220
4.5 Festigkeitsklassen von Schrauben und			
Muttern	182		
4.6 Stifte	182		
5 Deckelverschlüsse	183		
6 Schweiß- und Lötverbindungen	184		
6.1 Lichtbogenhandschweißen	184	7 Überwachung der Werkstoffe	221
6.2 Schutzgas-Schweißen (SG-Schweißen)	184	und Bauteile im Betrieb	
6.3 Gasschmelzschweißen	185	7.1 Fehlerortung in Chemieanlagen	221
6.4 Löten	185	7.2 Korrosionsüberwachung	223
7 Hydrauliksysteme in Maschinen	186		
8 Pneumatik im Chemiebetrieb	188		
IV Werkstofftechnik für Chemieanlagen	190		
1 Einteilung der Werk- und Hilfsstoffe	190	8 Kunststoffe	224
2 Eigenschaften der Werkstoffe	192	8.1 Eigenschaften und Verwendung	224
2.1 Physikalische Eigenschaften	192	8.2 Technologische Einteilung	224
2.2 Mechanische Eigenschaften	193	8.3 Thermoplastische Kunststoffe	225
2.3 Chemisch-technologische Eigenschaften	194	8.4 Duroplastische Kunststoffe	226
2.4 Fertigungstechnische Eigenschaften	195	8.5 Elastomere	227
2.5 Umweltverträglichkeit	195	8.6 Beständigkeitsverhalten und Alterung	228
3 Stähle	196	8.7 Verarbeitung von Kunststoffen	228
3.1 Baustähle für mechanische			
Beanspruchung	196	9 Verbundwerkstoffe	229
3.2 Baustähle für mechanische und			
thermische Belastung	199	10 Nichtmetallische anorganische	
3.3 Baustähle für chemische Belastung:		Werkstoffe	230
Die nichtrostenden Stähle	200	10.1 Chemieapparateglas	230
3.4 Werkzeugstähle	202	10.2 Chemieapparate-Email	230
4 Gusseisen und Stahlguss	204	10.3 Keramische Werkstoffe	231
4.1 Gusseisen	204	10.4 Chemisch beständige Ausmauerungen	231
4.2 Stahlguss	205	10.5 Grafit und Kohlewerkstoffe	231
5 Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	206	11 Schmierstoffe	232
5.1 Aluminium und Aluminiumlegierungen	206	11.1 Schmieröle	232
5.2 Kupfer und Kupferlegierungen	207	11.2 Schmierfette	233
5.3 Nickel-Werkstoffe	208	11.3 Feste Schmierstoffe	233
5.4 Titan (Ti)	209		
5.5 Blei (Pb)	209		
5.6 Die Sondermetalle Zirkonium (Zr)			
und Tantal (Ta)	210	V Messtechnik in Chemieanlagen	234
5.7 Zink (Zn)	210	1 Temperaturmessung	236
5.8 Zinn (Sn)	210	1.1 Temperaturskalen	236
6 Korrosion und Korrosionsschutz	211	1.2 Mechanische Temperaturmessgeräte	237
6.1 Chemische Korrosion	211	1.3 Temperaturmessgeräte mit	
6.2 Elektrochemische Korrosion	211	elektrischem Ausgangssignal	238
6.3 Korrosionsarten und Erscheinungsbild	213		
6.4 Korrosionsbeständigkeit der			
metallischen Werkstoffe	215	2 Druckmessung	240
		2.1 Definition, Einheiten, Umrechnung	240
		2.2 Druckarten	240
		2.3 U-Rohr-Manometer	241
		2.4 Federmanometer	241
		2.5 Drucksensoren	242
		2.6 Druckdifferenzmessung	243
		2.7 Druckmittler, Druckwächter	243
		2.8 Besonderheiten der Druckmessung	244
		3 Füllstandsmessung	246
		3.1 Füllstandsmessgeräte für Flüssigkeiten	246
		3.1.1 Mechanische Füllstandsmessgeräte	246
		3.1.2 Hydrostatische Füllstandsmessung	247
		3.1.3 Ultraschall-Füllstandsmessung	248
		3.1.4 Kapazitive Füllstandsmessung	248
		3.1.5 Füllstandsmessung mit Radar	249

	Seite		Seite
3.2 Füllstand-Grenzwertschalter für Flüssigkeiten	249	4.2.1 Infrarot-Absorptions-Sensoren	285
3.3 Füllstandsmessgeräte und Grenzschalter für Schüttgüter	250	4.2.2 Wärmeleitfähigkeits-Sensoren	286
3.4 Rauminhalte von Behältern	252	4.2.3 Katalytische Wärmetönungs-Sensoren	286
3.5 Gasmengenbestimmung in Tanks	253	4.2.4 Elektrochemische Sensoren	286
4 Durchflussmessung und Mengenmessung	254	4.2.5 Technische Gasanalysegeräte	287
4.1 Durchflussmesser	255	5 Messung von Luftbestandteilen	287
4.1.1 Schwebekörper-Durchflussmesser	255	5.1 Sauerstoffgehalt und Luftschadstoffe	287
4.1.2 Durchflussmesser mit Messblende	255	5.2 Explosionsgrenzen	287
4.1.3 Wirbel-Durchflussmesser	256	5.3 Luftfeuchtigkeitsmessung	288
4.1.4 Schwingungs-Durchflussmesser	256	5.4 Rauch- und Staubkonzentrationsmessung	288
4.1.5 Ultraschall-Durchflussmesser	257	6 Qualitätssicherung im Chemiebetrieb	289
4.1.6 Magnetisch-induktiver Durchflussmesser	257	6.1 Qualitätsmanagement	289
4.1.7 Coriolis-Massedurchflussmesser	258	6.2 Qualitätsmanagementsysteme	289
4.1.8 Thermischer Durchflussmesser	258	6.3 Werkzeuge der Qualitätssicherung	291
4.1.9 Turbinenrad-Durchflussmesser	259	6.3.1 Checklisten	291
4.1.10 Flügelrad-Durchflussmesser	259	6.3.2 Histogramme	291
4.2 Mengenmesser für strömende Fluide	259	6.3.3 Verteilungskurve und statistische Kennwerte	292
4.3 Strömungsanzeiger, Durchflusswächter	261	6.3.4 Ischikawa-Diagramm	293
5 Messwerterfassung, Verarbeitung und Anzeige	262	6.3.5 Fehlersammelkarte	293
6 Darstellung und Benennung von Messstellen	265	6.3.6 Pareto-Analyse (ABC-Analyse)	294
VI Bestimmung von Stoff-, Produkt- und Umgebungseigenschaften	266	6.3.7 Prozessregelung mit Qualitätsregelkarte	294
1 Probenahme	266	VII Aufbereitungstechnik	297
1.1 Probenahme von Flüssigkeiten	267	1 Beschreibung von Schüttgütern	298
2.1 Probenahme von Feststoffen	267	1.1 Größe von Partikeln in Schüttgut	298
2 Bestimmen der Eigenschaften von Feststoffen	268	1.2 Oberflächen von Schüttgütern	298
2.1 Bestimmen der Masse	268	1.3 Charakterisierung eines Schüttguts	299
2.2 Bestimmen der Dichte	270	1.4 Verteilungsdichtekurven von Schüttgütern	300
2.3 Bestimmen der Feuchtigkeit	271	2 Zerkleinern von Feststoffen	301
2.4 Bestimmung der Partikelgrößen von Schüttgütern	272	2.1 Physikalische Grundlagen	301
2.4.1 Probenahme zur Siebanalyse	272	2.2 Zerkleinerungsverfahren	302
2.4.2 Siebanalyse	273	2.3 Brecher	302
2.4.3 Auswertung der Siebanalyse	274	2.4 Mühlen	304
2.4.4 RRSB-Körnungsnetz	276	2.5 Schniedermühlen, Granulatoren	306
3 Messung der Eigenschaften und Bestandteilen von Flüssigkeiten	278	2.6 Zerkleinerungsanlagen	306
3.1 Messung der Dichte von Flüssigkeiten	278	3 Flüssigkeitszerteilung	307
3.2 Viskositätsmessung	279	3.1 Berieseln, Versprühen	308
3.3 Messung der elektrischen Leitfähigkeit	280	3.2 Zerstäuben, Verdüsen	308
3.4 Messung des pH-Werts	280	4 Agglomerieren (Zusammenfügen)	309
3.5 Messung des Redox-Potentials	281	4.1 Aufbaugranulieren (Pelletieren)	309
3.6 Anwendungen der Leitfähigkeits- und pH-Wert-Messung	282	4.2 Formpressen	311
3.7 Messung des gelösten Sauerstoffs in Wasser	283	4.3 Sintern	312
3.8 Messung der Trübung in Flüssigkeiten	283	5 Mischen (Stoffvereinigen)	313
4 Analysenverfahren für Gase und Flüssigkeiten	284	5.1 Mechanisches Rühren von Flüssigkeiten	314
4.1 Chromatografische Analyse	284	5.1.1 Rührbehälter	314
4.2 Analyse mit Sensoren	285	5.1.2 Rührwerk	316
		5.1.3 Rührer	317
		5.1.4 Strömungsvorgänge im Rührbehälter	318
		5.1.5 Verfahrenstechnische Operationen durch Rühren	319
		5.2 Pneumatisches Rühren	321
		5.3 Strömungsmischer	321
		5.4 Kneten, Anteigen	323
		5.5 Mischen von Feststoffschüttungen	325

	Seite		Seite
VIII Heiz- und Kühltechnik	327		
1 Wärme – eine Energieart	327	2.2.2 Absatzweise betriebene Filterapparate	369
1.1 Wärmeeinheiten	327	2.2.3 Kontinuierlich arbeitende Filterapparate	371
1.2 Wärmemengen	327	2.3 Auspressen	373
1.3 Umwandlungswärmen	328	2.4 Zentrifugieren	374
1.4 Gesamtwärmemenge	329	2.4.1 Wirkprinzip	374
1.5 Temperaturen von Mischungen	330	2.4.2 Absatzweise Filtrierzentrifugen	375
2 Energieträger im Chemiebetrieb	331	2.4.3 Kontinuierliche Filtrierzentrifugen	376
2.1 Brennstoffe	331	2.4.4 Sedimentierzentrifugen	376
2.2 Elektrischer Strom	332	2.4.5 Industrielle Zentrifugieranlage	379
2.3 Wasserdampf	333		
2.4 Heizflüssigkeiten	335	3 Mechanische Trennung von Emulsionen	380
2.5 Gasförmige und feste Wärmeträger	335	3.1 Dekantieren	380
2.6 Kühl- und Kältemittel	335	3.2 Zentrifugieren	380
2.7 Druckluft und Vakuum	336	3.3 Ultrafiltration	381
3 Wärmeübertragung	337		
3.1 Physikalische Grundlagen	337	X Entstaubung und Abgasreinigung	382
3.2 Wärmeübertragung in der Chemietechnik	338	1 Entstaubung	383
3.3 Wärmeleitung	338	1.1 Mechanische Entstaubung	384
3.4 Wärmeübergang	339	1.2 Nassentstaubung	387
3.5 Wärmedurchgang	340	1.3 Filtrationsentstaubung	387
3.6 Wärmestrahlung	341	1.4 Elektroentstaubung	388
3.7 Stoffführung in Wärmetauschern	342	1.5 Entstaubungsanlage	389
4 Wärmetauscher	344		
4.1 Rohrbündel-Wärmetauscher	344	2 Abscheidung feinverteilter Flüssigkeitströpfchen	390
4.2 Rohrschlangen-Wärmetauscher	345	3 Abscheidung von Fremdgasen	391
4.3 Doppelrohr-Wärmetauscher	346	3.1 Fremdgasabscheidung durch Kondensation	391
4.4 Spiral-Wärmetauscher	346	3.2 Gasreinigung durch Absorption	392
4.5 Platten-Wärmetauscher	346	3.3 Gasreinigung durch Adsorption	396
5 Kondensatoren	347	3.4 Gasreinigung durch Dampfpermeation	399
5.1 Oberflächenkondensatoren	347	3.5 Katalytische Gasreinigung	400
5.2 Mischkondensatoren	348	3.6 Abluftreinigung durch Verbrennung	401
6 Heizen und Kühlen von Rührbehältern	349		
6.1 Indirekte Wärmeübertragung	349	XI Thermische Trennverfahren	402
6.2 Direkte Wärmeübertragung	349	1 Trocknen	403
6.3 Heiz-/Kühl-Systeme bei Rührbehältern	350	1.1 Physikalische Grundlagen	403
7 Energieeinsparung bei Wärmeaustauschverfahren	351	1.2 <i>h-X</i> -Diagramm der Trocknung	406
8 Kühlen mit Luft und Rieselwasser	352	1.3 Trocknungsverfahren	408
IX Mechanische Trennverfahren	355	1.4 Trockner für Feststoffschüttungen	409
1 Mechanische Trennverfahren für Feststoff-Gemische	355	1.5 Trockner für Flüssigkeiten und Suspensionen	411
1.1 Sortieren	357	1.6 Vakuumgefriertrocknung	413
1.1.1 Dichtesortieren	357	1.7 Industrielle Trocknungsanlage	414
1.1.2 Flotieren	358		
1.1.3 Magnetsortieren	359	2 Thermische Trennung von Lösungen	416
1.2 Klassieren	360	2.1 Verdampfen	416
1.2.1 Sieben	360	2.1.1 Verdampfen reiner Lösemittel	416
1.2.2 Sichten (Windsichten)	362	2.1.2 Eindampfen von Lösungen	417
1.2.3 Stromklassieren (Hydroklassieren)	364	2.1.3 Vorgänge im Verdampfer	417
2 Mechanische Trennverfahren für Feststoff/Flüssigkeits-Gemische	365	2.1.4 Absatzweise und kontinuierliche Eindampfung	418
2.1 Absetzen, Sedimentieren, Flockung	365	2.1.5 Verdampferbauarten	419
2.2 Filtrieren	368	2.1.6 Verdampferanlagen	421
2.2.1 Wirkprinzip	368	2.2 Kristallisieren aus Lösungen	423

Seite	Seite
3 Thermische Trennung von Flüssigkeitsgemischen	430
3.1 Physikalische Grundlagen	430
3.1.1 Siedeverhalten von Flüssigkeiten	430
3.1.2 Siedeverhalten von Flüssigkeitsgemischen	430
3.1.3 Dampfdruck von Flüssigkeitsgemischen	431
3.1.4 Siedediagramm	433
3.1.5 Gleichgewichtsdiagramm	433
3.2 Destillieren	434
3.2.1 Absatzweise einfache Destillation	434
3.2.2 Destillierverhalten verschiedener Flüssigkeitsgemische	435
3.2.3 Absatzweise fraktionierte Destillation	436
3.2.4 Kontinuierliche einfache Destillation	436
3.2.5 Wasserdampfdestillation	437
3.3 Rektifizieren	439
3.3.1 Vorgänge beim Rektifizieren	439
3.3.2 Rektifikationskolonnen mit Austauschböden	441
3.3.3 Änderung der Zusammensetzung in einer Rektifikationskolonne	442
3.3.4 Theoretische Trennstufenzahl	443
3.3.5 Bodenwirkungsgrad und erforderliche Anzahl der Austauschböden	443
3.3.6 Rücklaufverhältnis	444
3.3.7 Rektifikationskolonnen mit Füllkörpern und Packungen	444
3.4 Rektifikationsverfahren	446
3.4.1 Absatzweise Rektifikation	446
3.4.2 Kontinuierliche Rektifikation	447
3.4.3 Arten des Gemischzulaufs	448
3.4.4 Bestimmung der Trennstufenzahl in kontinuierlichen Rektifikationskolonnen	449
3.5 Rektifizieren von Mehrstoffgemischen	450
3.6 Rektifizieren temperaturempfindlicher Gemische	451
3.7 Raffinierung des Erdöls	452
3.8 Rektifikation azeotroper und eng siedender Gemische	454
3.8.1 Siedeverhalten azeotroper Gemische	454
3.8.2 Zweidruck-Rektifikationsverfahren	455
3.8.3 Azeotrop-Rektifikation	456
3.8.4 Extraktiv-Rektifikation	457
3.9 Kombinierte Rektifikationsverfahren	458
3.10 Wärmeenergieeinsparung beim Betrieb von Rektifikationsanlagen	459
3.11 Regelung von Rektifikationsanlagen	459
XII Physikalisch-chemische Trennverfahren	460
1 Feststoffextraktion	461
1.1 Vorgänge und Begriffe	461
1.2 Industrieller Extraktionsprozess	461
1.3 Lösemittel für die Extraktion	462
1.4 Physikalische Grundlagen	462
1.5 Stoffführung beim Feststoff-Extrahieren	463
1.6 Absatzweise Feststoff-Extraktoren	464
1.7 Kontinuierliche Feststoff-Extraktoren	466
2 Flüssig/Flüssig-Extraktion	468
2.1 Physikalische Grundlagen	468
2.2 Absatzweise arbeitende Flüssig/Flüssig-Extraktionsanlagen	469
2.3 Kontinuierliche Flüssig-Flüssig-Extraktionsanlagen	470
2.4 Extraktionsleistung von Kolonnen	472
3 Ionenaustausch-Verfahren	473
3.1 Physikalisch-chemische Grundlagen	473
3.2 Wasser-Vollentsalzung	474
3.3 Wasserenthärtung	475
3.4 Abwasserentgiftung	475
3.5 Ionenaustauscheranlagen	475
4 Membran-Trenntechnologie	477
4.1 Einteilung der Flüssig/Flüssig-Membran-Trennverfahren	477
4.2 Flüssig/Flüssig-Membran-Trennverfahren	478
4.2.1 Umkehrosmose	478
4.2.2 Nanofiltration	478
4.2.3 Ultrafiltration	479
4.2.4 Mikrofiltration	479
4.3 Apparate der Membran-Trennverfahren	479
4.4 Anlagen mit Membran-Trennverfahren	481
4.5 Pervaporation	482
4.6 Dampfpermeation	483
XIII Steuerungs-, Regelungs- und Prozessleittechnik	484
1 Übersicht und Begriffe	484
2 Regelungstechnik	486
2.1 Grundlagen	486
2.2 Darstellung und Bezeichnung von Mess-, Steuer- und Regelstellen	488
2.3 Beispiele für EMSR-Stellen in Chemieanlagen	490
2.4 Regelstrecken	492
2.4.1 Statisches Verhalten	492
2.4.2 Dynamisches Verhalten	493
2.5 Darstellung der Funktionselemente von Regeleinrichtungen	494
2.6 Regler	496
2.6.1 Zeitverhalten stetiger Reglertypen	496
2.6.2 Vergleich und Einsatz der Reglertypen	498
2.6.3 Unstetige Regler	499
2.6.4 Regelgeräte	500
2.6.5 Regler ohne Hilfsenergie	501
2.7 Regelaufgaben in Chemieanlagen	502
2.7.1 Temperaturregelungen	502
2.7.2 Druckregelungen	503
2.7.3 Durchflussregelungen	505
2.7.4 Mengenregelung	505
2.7.5 Füllstandsregelungen	506
2.7.6 Regelung von Analysewerten	506
2.7.7 Regelung einer Rektifikationsanlage	507
2.8 Regelkreisverhalten und Regler-einstellung	508

	Seite		Seite																																																																																																																				
3 Steuerungstechnik	509	3 Chargenbetrieb	544																																																																																																																				
3.1 Steuerungstechnische Grundbegriffe	509	3.1 Reaktionsbehälter	544																																																																																																																				
3.2 Steuerungsarten	510	3.2 Charakteristisches des Chargenbetriebs	545																																																																																																																				
3.3 Beschreibungsarten für Steuerungsvorgänge	511	4 Fließbetrieb	546																																																																																																																				
3.3.1 Beschreibung mit Text und Skizze	511	4.1 Reaktionsapparate für Fließbetrieb	546																																																																																																																				
3.3.2 Darstellung von Verknüpfungen	511	4.2 Charakteristisches des Fließbetriebs	546																																																																																																																				
3.3.3 Steuerzeitplan und Schaltfolgediagramm	512	4.3 Fließbetrieb mit Kreislaufführung im Reaktor	547																																																																																																																				
3.3.4 Ablaufsteuerung eines Chargenreaktors im Schaltfolgediagramm	512	5 Reaktorkombinationen	548																																																																																																																				
3.4 Grundfunktionen der binären Signalverarbeitung	514	6 Hochdruck-Reaktionsapparate	548																																																																																																																				
3.5 Funktionspläne von Ablaufsteuerungen mit GRAFCET	516	7 Reaktionsöfen	550																																																																																																																				
3.5.1 Ablaufsteuerung einer Mischanlage	518	8 Elektrolyseapparate	551																																																																																																																				
3.5.2 Ablaufsteuerung einer Reaktionsanlage	519	9 Beurteilungsgrößen für Reaktoren	551																																																																																																																				
3.5.3 Ablaufsteuerung einer Zentrifugieranlage	521	XV Umwelttechnik im Chemiebetrieb	554																																																																																																																				
3.6 Technische Ausführung von Steuerungen	522	1 Chemieproduktion und Umweltschutz	555																																																																																																																				
3.6.1 Mechanische Steuerungen	522	2 Umweltschutzbereich Wasser	557																																																																																																																				
3.6.2 Elektrische Steuerungen	522	2.1 Gesetzliche Bestimmungen zum Abwasser	557	3.6.3 Elektronische Steuerungen	525	2.2 Reinigungsverfahren für Abwasser	558	3.6.4 Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS	525	2.3 Auswahl des geeigneten Abwasser-Reinigungsverfahrens	562	4 Prozessleittechnik	526	2.4 Anlage zur Reinigung von Chemieabwasser	563	4.1 Vergleich: Konventionelle EMSR-Technik – Prozessleittechnik	526	2.5 Mechanisch-biologische Abwasserreinigung in einer kommunalen Kläranlage	564	4.2 Aufbau von Prozessleitsystemen	528	2.6 Biologische Abwasserreinigung in Hochbau-Reaktoren	566	4.2.1 Komponenten eines Prozessleitsystems	528	3 Umweltschutzbereich Luft	567	4.2.2 Prozessleitsystem einer großen Chemieanlage	529	3.1 Gesetzliche Bestimmungen zu Abgasen	567	4.2.3 Automatisierungseinheiten	530	3.2 Kombinierte Abgasverbrennung und Abluftreinigung	567	4.2.4 Eingabe/Ausgabe-Einheiten	530	3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568	4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 	
2.1 Gesetzliche Bestimmungen zum Abwasser	557																																																																																																																						
3.6.3 Elektronische Steuerungen	525	2.2 Reinigungsverfahren für Abwasser	558	3.6.4 Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS	525	2.3 Auswahl des geeigneten Abwasser-Reinigungsverfahrens	562	4 Prozessleittechnik	526	2.4 Anlage zur Reinigung von Chemieabwasser	563	4.1 Vergleich: Konventionelle EMSR-Technik – Prozessleittechnik	526	2.5 Mechanisch-biologische Abwasserreinigung in einer kommunalen Kläranlage	564	4.2 Aufbau von Prozessleitsystemen	528	2.6 Biologische Abwasserreinigung in Hochbau-Reaktoren	566	4.2.1 Komponenten eines Prozessleitsystems	528	3 Umweltschutzbereich Luft	567	4.2.2 Prozessleitsystem einer großen Chemieanlage	529	3.1 Gesetzliche Bestimmungen zu Abgasen	567	4.2.3 Automatisierungseinheiten	530	3.2 Kombinierte Abgasverbrennung und Abluftreinigung	567	4.2.4 Eingabe/Ausgabe-Einheiten	530	3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568	4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 					
2.2 Reinigungsverfahren für Abwasser	558																																																																																																																						
3.6.4 Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS	525	2.3 Auswahl des geeigneten Abwasser-Reinigungsverfahrens	562	4 Prozessleittechnik	526	2.4 Anlage zur Reinigung von Chemieabwasser	563	4.1 Vergleich: Konventionelle EMSR-Technik – Prozessleittechnik	526	2.5 Mechanisch-biologische Abwasserreinigung in einer kommunalen Kläranlage	564	4.2 Aufbau von Prozessleitsystemen	528	2.6 Biologische Abwasserreinigung in Hochbau-Reaktoren	566	4.2.1 Komponenten eines Prozessleitsystems	528	3 Umweltschutzbereich Luft	567	4.2.2 Prozessleitsystem einer großen Chemieanlage	529	3.1 Gesetzliche Bestimmungen zu Abgasen	567	4.2.3 Automatisierungseinheiten	530	3.2 Kombinierte Abgasverbrennung und Abluftreinigung	567	4.2.4 Eingabe/Ausgabe-Einheiten	530	3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568	4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 									
2.3 Auswahl des geeigneten Abwasser-Reinigungsverfahrens	562																																																																																																																						
4 Prozessleittechnik	526	2.4 Anlage zur Reinigung von Chemieabwasser	563	4.1 Vergleich: Konventionelle EMSR-Technik – Prozessleittechnik	526	2.5 Mechanisch-biologische Abwasserreinigung in einer kommunalen Kläranlage	564	4.2 Aufbau von Prozessleitsystemen	528	2.6 Biologische Abwasserreinigung in Hochbau-Reaktoren	566	4.2.1 Komponenten eines Prozessleitsystems	528	3 Umweltschutzbereich Luft	567	4.2.2 Prozessleitsystem einer großen Chemieanlage	529	3.1 Gesetzliche Bestimmungen zu Abgasen	567	4.2.3 Automatisierungseinheiten	530	3.2 Kombinierte Abgasverbrennung und Abluftreinigung	567	4.2.4 Eingabe/Ausgabe-Einheiten	530	3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568	4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 													
2.4 Anlage zur Reinigung von Chemieabwasser	563																																																																																																																						
4.1 Vergleich: Konventionelle EMSR-Technik – Prozessleittechnik	526	2.5 Mechanisch-biologische Abwasserreinigung in einer kommunalen Kläranlage	564	4.2 Aufbau von Prozessleitsystemen	528	2.6 Biologische Abwasserreinigung in Hochbau-Reaktoren	566	4.2.1 Komponenten eines Prozessleitsystems	528	3 Umweltschutzbereich Luft	567	4.2.2 Prozessleitsystem einer großen Chemieanlage	529	3.1 Gesetzliche Bestimmungen zu Abgasen	567	4.2.3 Automatisierungseinheiten	530	3.2 Kombinierte Abgasverbrennung und Abluftreinigung	567	4.2.4 Eingabe/Ausgabe-Einheiten	530	3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568	4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																	
2.5 Mechanisch-biologische Abwasserreinigung in einer kommunalen Kläranlage	564																																																																																																																						
4.2 Aufbau von Prozessleitsystemen	528	2.6 Biologische Abwasserreinigung in Hochbau-Reaktoren	566	4.2.1 Komponenten eines Prozessleitsystems	528	3 Umweltschutzbereich Luft	567	4.2.2 Prozessleitsystem einer großen Chemieanlage	529	3.1 Gesetzliche Bestimmungen zu Abgasen	567	4.2.3 Automatisierungseinheiten	530	3.2 Kombinierte Abgasverbrennung und Abluftreinigung	567	4.2.4 Eingabe/Ausgabe-Einheiten	530	3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568	4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																					
2.6 Biologische Abwasserreinigung in Hochbau-Reaktoren	566																																																																																																																						
4.2.1 Komponenten eines Prozessleitsystems	528	3 Umweltschutzbereich Luft	567																																																																																																																				
4.2.2 Prozessleitsystem einer großen Chemieanlage	529	3.1 Gesetzliche Bestimmungen zu Abgasen	567	4.2.3 Automatisierungseinheiten	530	3.2 Kombinierte Abgasverbrennung und Abluftreinigung	567	4.2.4 Eingabe/Ausgabe-Einheiten	530	3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568	4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																													
3.1 Gesetzliche Bestimmungen zu Abgasen	567																																																																																																																						
4.2.3 Automatisierungseinheiten	530	3.2 Kombinierte Abgasverbrennung und Abluftreinigung	567	4.2.4 Eingabe/Ausgabe-Einheiten	530	3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568	4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																																	
3.2 Kombinierte Abgasverbrennung und Abluftreinigung	567																																																																																																																						
4.2.4 Eingabe/Ausgabe-Einheiten	530	3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568	4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																																					
3.3 Abluftreinigung durch Adsorption und Nachverbrennung	568																																																																																																																						
4.2.5 Beobachtungs- und Bedienstationen	531	3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569	4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570	4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																																									
3.4 Reinigung der Abgase von Verbrennungskraftwerken	569																																																																																																																						
4.2.6 Bussysteme	531	4 Beseitigung von Chemieabfällen	570																																																																																																																				
4.2.7 Managementstation	531	4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570	4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																																																	
4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Abfallentsorgung	570																																																																																																																						
4.3 Darstellung des Prozessgeschehens auf dem Bildschirm	532	4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570	4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																																																					
4.2 Behandlungsverfahren für Abfälle	570																																																																																																																						
4.3.1 Fließbildendarstellungen	532	4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571	4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																																																									
4.3 Entsorgung der Abfälle eines Chemiebetriebs	571																																																																																																																						
4.3.2 Konfektionierte Bilder	533	4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572	4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																																																													
4.4 Großanlage zur Verbrennung industrieller und kommunaler Abfälle	572																																																																																																																						
4.3.3 Kurvenbilder	534	4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573	4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574	4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 		4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 		4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576	4.5.2 Regelfunktionen	536	 		4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 		4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581	4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 		4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607	4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 		XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 		1 Reaktionsverfahren	543	 		2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																																																																	
4.5 Ablagerung auf Sondermülldeponien	573																																																																																																																						
4.3.4 Einblendbilder (Windows)	534	5 Produktionsintegrierter Umweltschutz	574																																																																																																																				
4.4 Bedienung eines Prozessleitsystems	535	 																																																																																																																					
4.5 Funktionsumfang eines Prozessleitsystems	536	 																																																																																																																					
4.5.1 Messwertaufbereitungsfunktionen	536	Lernfelder des KMK-Lehrplans für Chemikanten und Zuordnung der Buchinhalte	576																																																																																																																				
4.5.2 Regelfunktionen	536	 																																																																																																																					
4.5.3 Steuerungsfunktionen	537	 																																																																																																																					
4.5.4 Rezeptursteuierung von Chargenprozessen	538	Sachwortverzeichnis (mit englischer Übersetzung)	581																																																																																																																				
4.5.5 Steuerung von Rohrleitungsnetzen	540	 																																																																																																																					
4.5.6 Überwachungsfunktionen	540	Bildnachweise und Quellenverzeichnis	607																																																																																																																				
4.5.7 Instandhaltungs-Management	541	 																																																																																																																					
XIV Chemische Reaktionstechnik	542	 																																																																																																																					
1 Reaktionsverfahren	543	 																																																																																																																					
2 Einflussgrößen auf die Reaktion	543	 																																																																																																																					