

# Inhalt

	<b>Teil I Werkstoffe und Grundelemente</b>	<b>1</b>
1	Werkstoffe	1
1.1	Theoretische Grundlagen	1
1.1.1	Themen und Lerninhalte	1
1.1.2	Metalle	2
1.1.2.1	Eisenmetalle	2
1.1.2.2	Nichteisenmetalle	5
1.1.2.3	Bezeichnung der Werkstoffe	7
1.1.3	Nichtmetalle	9
1.1.4	Verbundwerkstoffe	14
1.1.5	Korrosion	15
1.1.5.1	Ursache und Erscheinungsformen	15
1.1.5.2	Korrosionsschutz	17
1.1.6	Bearbeiten von Werkstoffen	18
1.1.6.1	Vorbereiten des Werkstücks	18
1.1.6.2	Formen von Werkstoffen	19
1.1.6.3	Bohren und Gewinde schneiden	21
1.1.6.4	Verbinden von Werkstücken	24
1.2	Arbeitsanweisungen	27
1.2.1	Herstellen von Testblechen	28
1.2.2	Herstellen einer Grundplatte	28
1.2.3	Herstellen von Schutzbacken	30
1.2.4	Herstellen einer Blindscheibe	31
1.2.5	Herstellen einer Rohrschelle	32
1.2.6	Herstellen eines Gehrungswinkels	33
1.2.7	Herstellen einer Muffenverbindung	34
1.2.8	Untersuchen des Korrosionsverhaltens von Werkstoffen	34
1.3	Fragen zum Thema	36
2	Rohrleitungssysteme	37
2.1	Theoretische Grundlagen	37
2.1.1	Themen und Lerninhalte	37
2.1.2	Kenngrößen der Rohrleitung	37
2.1.3	Strömungsverhalten in Rohrleitungen	39
2.1.4	Rohrleitungen	42
2.1.5	Rohrverbindungen	45
2.1.6	Dichtungen und Wellenabdichtungen	47
2.1.6.1	Dichtungslose Abdichtung	47
2.1.6.2	Abdichten mit Dichtungsmaterial	48
2.1.7	Einbauten in Rohrleitungen	52

VIII *Inhalt*

2.1.7.1	Allgemeines . . . . .	52
2.1.7.2	Nichtregelbare Absperrvorrichtungen . . . . .	52
2.1.7.3	Regelbare Absperrvorrichtungen . . . . .	54
2.1.7.4	Selbsttätige Absperr- und Reguliervorrichtungen . . . . .	57
2.1.7.5	Sicherheitseinrichtungen . . . . .	59
2.1.7.6	Einrichtungen bei Energieträgern . . . . .	62
2.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	63
2.2.1	Untersuchen des Druckverlaufs in einer Rohrleitung . . . . .	64
2.2.2	Montage von Glasverbindungen . . . . .	65
2.2.3	Montage einer Glasapparatur . . . . .	67
2.2.4	Demontage und Montage von Rohrverbindungen an einem Druckbehälter . . . . .	68
2.2.5	Abdichten einer Welle mit einer Stopfbuchse . . . . .	69
2.2.6	Demontage und Montage einer Kesselkaskade . . . . .	71
2.2.7	Montageübung an einem Druckbehälter . . . . .	73
2.2.8	Montage und Demontage eines Rohrleitungssystems mit nichtregelbaren Absperrvorrichtungen . . . . .	74
2.2.9	Demontage und Montage von regelbaren Absperrvorrichtungen . . . . .	75
2.2.10	Demontage und Montage von Kondensatableitern . . . . .	76
2.2.11	Demontage und Montage von Sicherheitsvorrichtungen . . . . .	76
2.2.12	Montage und Demontage eines Rohrleitungssystems . . . . .	77
2.3	Fragen zum Thema . . . . .	78
	<b>Teil II Mechanische Verfahren . . . . .</b>	<b>79</b>
3	Fördern und Lagern . . . . .	79
3.1	Fördern von Flüssigkeiten . . . . .	79
3.1.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	79
3.1.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	79
3.1.1.2	Physikalische Grundlagen . . . . .	79
3.1.1.3	Zentrifugalpumpen . . . . .	81
3.1.1.4	Verdrängerpumpen . . . . .	85
3.1.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	88
3.1.2.1	Demontage und Montage verschiedener Pumpen . . . . .	89
3.1.2.2	Bestimmen der Dosiereigenschaften einer Kolbenpumpe . . . . .	90
3.1.2.3	Vergleich der Fördereigenschaften einer Kreiselpumpe mit denen einer Membranpumpe . . . . .	91
3.1.2.4	Bestimmen des Volumenstromes einer Exzentrerschneckenpumpe in Abhängigkeit von der Drehzahl . . . . .	92
3.1.2.5	Untersuchen der Fördereigenschaften einer Schlauchquetschpumpe . . . . .	92
3.1.2.6	Untersuchen der Fördereigenschaften einer Membranpumpe in Abhängigkeit von Hubfrequenz und Hubhöhe . . . . .	93
3.1.3	Fragen zum Thema . . . . .	94
3.2	Fördern von Gasen . . . . .	94
3.2.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	94

3.2.1.1	Themen und Lerninhalte	94
3.2.1.2	Vakuumpumpen	96
3.2.1.3	Ventilatoren	99
3.2.1.4	Gebläse	99
3.2.1.5	Kompressoren	101
3.2.2	Arbeitsanweisungen	102
3.2.2.1	Demontage und Montage verschiedener Vakuumpumpen	102
3.2.2.2	Untersuchen der Abhängigkeit des Druckes einer Drehschieber- vakuumpumpe vom Volumenstrom	103
3.2.3	Fragen zum Thema	104
3.3	Fördern von Feststoffen	104
3.3.1	Themen und Lerninhalte	104
3.3.2	Diskontinuierlicher Feststofftransport in Gebinden	105
3.3.3	Kontinuierlicher Feststofftransport mit mechanischen Einrichtun- gen	105
3.3.4	Kontinuierlicher Feststofftransport mit pneumatischen Einrichtun- gen	107
3.3.5	Fragen zum Thema	109
3.4	Lagern von Stoffen	110
3.4.1	Theoretische Grundlagen	110
3.4.1.1	Themen und Lerninhalte	110
3.4.1.2	Lagern von Feststoffen	110
3.4.1.3	Lagern von Flüssigkeiten	112
3.4.1.4	Lagern von Gasen	113
3.4.2	Arbeitsanweisungen	114
3.4.2.1	Handhaben von Kohlenstoffdioxidgas	114
3.4.3	Fragen zum Thema	116
4	Mischen und Agglomerieren	117
4.1	Mischen von Stoffen	117
4.1.1	Theoretische Grundlagen	117
4.1.1.1	Themen und Lerninhalte	117
4.1.1.2	Herstellen von gasförmigen und flüssigen Mischphasen	119
4.1.1.3	Herstellen von festen Mischungen	121
4.1.1.4	Herstellen von pastösen oder teigigen Mischungen	124
4.1.1.5	Hinweise zur Arbeitssicherheit	125
4.1.2	Arbeitsanweisungen	125
4.1.2.1	Herstellen einer Feststoffmischung und Überprüfen der Verteilung von Natriumchlorid in der Mischung	125
4.1.2.2	Herstellen einer Paste und Überprüfen der Verteilung der Kompo- nenten in der Paste	126
4.1.3	Fragen zum Thema	127
4.2	Agglomerieren	128
4.2.1	Theoretische Grundlagen	128
4.2.1.1	Themen und Lerninhalte	128
4.2.1.2	Herstellen von Agglomeraten	128

4.2.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	131
4.2.2.1	Untersuchen der Abhängigkeit des Preßvolumens vom Preßdruck beim Brikettieren von Papier . . . . .	132
4.2.2.2	Agglomerieren mit einem Wirbelschicht-Sprühgranulator . . . . .	134
4.2.3	Fragen zum Thema . . . . .	136
5	Trennen und Zerkleinern . . . . .	137
5.1	Mechanisches Trennen von Feststoffgemischen . . . . .	137
5.1.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	137
5.1.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	137
5.1.1.2	Sortieren . . . . .	137
5.1.1.3	Klassieren durch Sieben . . . . .	139
5.1.1.4	Siebanalyse . . . . .	142
5.1.1.5	Klassieren durch Sichten . . . . .	145
5.1.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	147
5.1.2.1	Analyse der Korngrößenverteilung durch Sieben mit einer Labor- siebmaschine . . . . .	147
5.1.2.2	Klassieren von Kalkstein mit einem Luftstrahlsieb . . . . .	148
5.1.3	Fragen zum Thema . . . . .	148
5.2	Mechanisches Trennen von Suspensionen und Emulsionen . . . . .	149
5.2.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	149
5.2.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	149
5.2.1.2	Sedimentieren und Dekantieren . . . . .	149
5.2.1.3	Physikalische Grundlagen des Filtrierens . . . . .	151
5.2.1.4	Filtrierapparate . . . . .	155
5.2.1.5	Physikalische Grundlagen des Zentrifugierens . . . . .	159
5.2.1.6	Zentrifugen . . . . .	160
5.2.1.7	Hinweise zur Arbeitssicherheit . . . . .	163
5.2.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	163
5.2.2.1	Untersuchen der Absetzgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Teilchengröße . . . . .	163
5.2.2.2	Filtration mit einer Handfilterplatte unter Verwendung verschiede- ner Filtertücher zur Auslegung eines Trommelzellenfilters . . . . .	164
5.2.2.3	Herstellen und Trennen einer Suspension mit unterschiedlichen Fil- trationsapparaten . . . . .	166
5.2.2.4	Trennen einer Suspension mit einer Laborsiebzentrifuge . . . . .	174
5.2.2.5	Trennen einer Emulsion durch Zentrifugieren . . . . .	174
5.2.3	Fragen zum Thema . . . . .	176
5.3	Zerkleinern von Stoffen . . . . .	176
5.3.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	176
5.3.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	176
5.3.1.2	Brechen und Mahlen . . . . .	177
5.3.1.3	Brecher . . . . .	178
5.3.1.4	Mühlen . . . . .	179
5.3.1.5	Hinweise zur Arbeitssicherheit . . . . .	183
5.3.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	184

5.3.2.1	Brechen von Kalkstein und Klassieren des entstandenen Haufwerks . . . . .	184
5.3.2.2	Mahlen mit verschiedenen Mahlapparaten und Bestimmen der Korngrößenverteilung . . . . .	185
5.3.2.3	Untersuchen der Abhängigkeit der Korngrößenverteilung von der Mahldauer bei einer Kugelmühle . . . . .	186
5.3.2.4	Untersuchen der Abhängigkeit der Korngrößenverteilung vom Mahlkörperfüllgrad bei einer Kugelmühle . . . . .	187
5.3.2.5	Untersuchen der Abhängigkeit der Korngrößenverteilung von der Mahlkörperart bei einer Kugelmühle . . . . .	188
5.3.2.6	Untersuchen der Abhängigkeit der Korngrößenverteilung von der Drehzahl bei einer Kugelmühle . . . . .	188
5.3.2.7	Untersuchen der Abhängigkeit der Korngrößenverteilung von der Größe der Mahlkörper bei einer Schwingmühle . . . . .	189
5.3.2.8	Mahlen mit einer Mörsermühle und Klassieren des Haufwerks mit einem Luftstrahlsieb . . . . .	190
5.3.3	Fragen zum Thema . . . . .	191
	<b>Teil III Thermische Verfahren . . . . .</b>	<b>193</b>
6	Wärmeübertragung . . . . .	193
6.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	193
6.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	193
6.1.2	Physikalische Grundlagen . . . . .	193
6.1.3	Energieträger . . . . .	195
6.1.4	Wärmeübertragungsverfahren . . . . .	195
6.1.5	Apparate zur Wärmeübertragung . . . . .	197
6.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	200
6.2.1	Direktes Heizen und indirektes Kühlen an einer Kesselanlage . . . . .	201
6.2.2	Direktes Heizen mit Dampf und indirektes Kühlen mit Kühlsole . . . . .	203
6.2.3	Direktes und indirektes Heizen und Kühlen an einer Kesselanlage . . . . .	204
6.2.4	Indirektes Heizen und Kühlen an einer Kesselanlage . . . . .	205
6.2.5	Indirektes Heizen und Kühlen mit Einsatz eines Reglers und einer Ablaufsteuerung . . . . .	205
6.2.6	Herstellen und Mischen von Salzlösungen unterschiedlicher Temperatur . . . . .	207
6.2.7	Untersuchen des Kühlverhaltens eines Doppelrohrwärmeübertragers . . . . .	208
6.2.8	Untersuchen des Kühlverhaltens eines Rohrschlangenwärmeübertragers . . . . .	209
6.3	Fragen zum Thema . . . . .	210
7	Verdampfen, Trocknen, Kristallisieren . . . . .	211
7.1	Verdampfen . . . . .	211
7.1.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	211
7.1.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	211

XII *Inhalt*

7.1.1.2	Verdampfer . . . . .	211
7.1.1.3	Mehrkörperverdampfer . . . . .	215
7.1.2	Fragen zum Thema . . . . .	215
7.2	Trocknen . . . . .	216
7.2.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	216
7.2.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	216
7.2.1.2	Trockenverfahren . . . . .	217
7.2.1.3	Trockner . . . . .	218
7.2.2	Arbeitsanweisung . . . . .	221
7.2.2.1	Untersuchen des Trocknungsverhaltens eines Wirbelschichttrockners bei unterschiedlicher Beladung . . . . .	221
7.2.3	Fragen zum Thema . . . . .	223
7.3	Kristallisieren . . . . .	224
7.3.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	224
7.3.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	224
7.3.1.2	Kühlkristallisation . . . . .	225
7.3.1.3	Verdampfungskristallisation . . . . .	227
7.3.2	Fragen zum Thema . . . . .	227
8	Destillieren und Rektifizieren . . . . .	229
8.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	229
8.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	229
8.1.2	Gleichstromdestillation . . . . .	229
8.1.2.1	Physikalische Grundlagen . . . . .	229
8.1.2.2	Destillierverfahren . . . . .	231
8.1.3	Gegenstromdestillation . . . . .	234
8.1.3.1	Physikalische Grundlagen . . . . .	234
8.1.3.2	Apparatetechnik . . . . .	237
8.1.3.3	Rektifizierverfahren . . . . .	240
8.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	241
8.2.1	Rektifikation von Ethanol-Wasser-Gemisch mit einer Glockenbodenkolonne bei Normaldruck . . . . .	242
8.2.2	Rektifikation von Ethanol-Wasser-Gemisch mit einer Füllkörperkolonne bei Normaldruck . . . . .	244
8.2.3	Reinigung von Decahydronaphthalin durch Vakuumrektifikation . . . . .	246
8.2.4	Reinigung von Chlorbenzol durch Wasserdampfdestillation . . . . .	248
8.3	Fragen zum Thema . . . . .	249
9	Extrahieren . . . . .	251
9.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	251
9.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	251
9.1.2	Physikalische Grundlagen . . . . .	251
9.1.3	Feststoffextraktion . . . . .	252
9.1.4	Flüssigkeitsextraktion . . . . .	255
9.1.4.1	Allgemeines . . . . .	255
9.1.4.2	Flüssigkeitsextraktoren . . . . .	257

9.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	259
9.2.1	Reinigung von Decahydronaphthalin durch diskontinuierliche Extraktion mit Schwefelsäure . . . . .	260
9.2.2	Entsorgung von Abfallschwefelsäure durch Umsetzung mit Calciumcarbonat . . . . .	262
9.2.3	Reinigung von Bayol-Öl durch kontinuierliche Extraktion mit Wasser . . . . .	263
9.3	Fragen zum Thema . . . . .	264
	<b>Teil IV Produktionstechnik . . . . .</b>	<b>265</b>
10	Präparative Arbeitstechniken . . . . .	265
10.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	265
10.1.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	265
10.1.2	Disposition von Arbeitsabläufen . . . . .	265
10.1.3	Protokollierung . . . . .	267
10.2	Arbeitsanweisungen . . . . .	273
10.2.1	Allgemeines . . . . .	273
10.2.2	Umfällen des Natriumsalzes der 4-Aminobenzolsulfonsäure . . . . .	274
10.2.3	Umkristallisieren von Carboxypyrazolsäure-4 . . . . .	276
10.2.4	Herstellen des Azofarbstoffes Tartrazin O . . . . .	278
10.2.5	Herstellen von 2-Chlorbenzoesäure . . . . .	281
10.2.6	Verseifen von Benzoesäureethylester . . . . .	284
10.2.7	Herstellen von basischem Kupfercarbonat . . . . .	287
10.2.8	Herstellen von Kupfersulfat . . . . .	289
10.2.9	Destillieren von ethanolhaltigen Gemischen . . . . .	291
10.2.10	Rektifizieren eines Ethanol-Wasser-Gemisches bei Normaldruck . . . . .	293
10.2.11	Herstellen von Calciumcarbonat . . . . .	294
10.2.12	Herstellen und Mischen von Salzlösungen . . . . .	296
10.2.13	Fällen von Schwermetall-Ionen . . . . .	298
10.2.14	Neutralisieren von sauren bzw. alkalischen Abwässern . . . . .	300
11	Umweltschutz . . . . .	303
11.1	Themen und Lerninhalte . . . . .	303
11.2	Reststoffverwertung . . . . .	303
11.3	Umweltgerechte Durchführung von Versuchen . . . . .	305
11.4	Entsorgung von Abwasser, Abluft und festen Abfällen . . . . .	305
11.5	Fragen zum Thema . . . . .	311
12	Anhang . . . . .	313
12 A	Unvollständiges Fließbild der Kessel-Druckfilterkombination . . . . .	313
12 B	Unvollständiges Fließbild der Filtrierstraße . . . . .	314
12 C	Gefahrensymbole und Gefahrenbezeichnungen . . . . .	315
12 D	Abhängigkeit der Dichte vom Massenanteil von Natriumchloridlösungen . . . . .	316

XIV *Inhalt*

12 E	Abhängigkeit der Dichte vom Massenanteil von Ethanol-Wasser-Gemischen . . . . .	316
12 F	Abhängigkeit der Dichte vom Massenanteil von Kupfersulfatlösungen . . . . .	317
12 G	Abhängigkeit der Dichte vom Massenanteil von Natriumcarbonatlösungen . . . . .	317
12 H	Abhängigkeit der Dichte vom Massenanteil von Natriumhydrogencarbonatlösungen . . . . .	318
12 I	Diazotierwertbestimmung . . . . .	319
	Stichwortregister . . . . .	321
	Literatur . . . . .	327