

Inhalt

Vorwort *XII*

1	Verantwortliches Handeln	1
1.1	Themen und Lerninhalte	1
1.2	Umweltschutz	2
1.2.1	Inhalte und Ziele	2
1.2.2	Reststoffverwertung	2
1.2.3	Umweltgerechte Durchführung von Versuchen	3
1.2.4	Umgang mit Abwasser, Abluft und festem Abfall	7
1.2.5	Fragen zum Thema	9
1.3	Arbeitssicherheit	9
1.3.1	Regelungen zur Arbeitssicherheit	9
1.3.2	Grundlagen der Unfallverhütung	10
1.3.3	Überwachung der Arbeitssicherheit im Betrieb	11
1.3.4	Umgang mit Gefahrstoffen	11
1.3.5	Betriebsbereitschaft einer Anlage	16
1.4	Qualität und Dokumentation	16
1.4.1	Qualitätssicherungssysteme	16
1.4.2	GMP – Was ist das?	19
1.4.3	Dokumentation	20
	Begriffserklärungen	21
2	Werkstoffe	23
2.1	Theoretische Grundlagen	23
2.1.1	Themen und Lerninhalte	23
2.1.1	Metalle	24
2.1.2.1	Eisenmetalle	24
2.1.2.2	Nichteisenmetalle	27
2.1.2.3	Bezeichnung der Werkstoffe	29
2.1.3	Nichtmetalle	31
2.1.4	Verbundwerkstoffe	36
2.1.5	Korrosion	37
2.1.5.1	Ursache und Erscheinungsformen	37

2.1.5.2	Korrosionsschutz	39
2.1.6	Bearbeiten von Werkstoffen	40
2.1.6.1	Vorbereiten des Werkstücks	40
2.1.6.2	Formen von Werkstoffen	41
2.1.6.3	Bohren und Gewinde schneiden	43
2.1.6.4	Verbinden von Werkstücken	45
2.2	Arbeitsanweisungen	49
2.2.1	Herstellen von Testblechen	49
2.2.2	Herstellen einer Grundplatte	49
2.2.3	Herstellen einer Bohrplatte	51
2.2.4	Herstellen von Schutzbacken	52
2.2.5	Herstellen einer Rohrschelle	53
2.2.6	Herstellen eines Winkelstahlrahmens	55
2.2.7	Herstellen eines Bilderhalters	55
2.2.8	Herstellen einer Spardose	57
2.2.9	Untersuchen des Korrosionsverhaltens von Werkstoffen	58
2.3	Fragen zum Thema	59
	Begriffserklärungen	59
3	Rohrleitungssysteme	61
3.1	Theoretische Grundlagen	61
3.1.1	Themen und Lerninhalte	61
3.1.2	Kenngrößen der Rohrleitung	61
3.1.3	Strömungsverhalten in Rohrleitungen	63
3.1.4	Kennlinien von Rohrleitungen	65
3.1.5	Rohrleitungen	66
3.1.6	Rohrverbindungen	69
3.1.7	Dichtungen und Wellenabdichtungen	71
3.1.7.1	Dichtungslose Abdichtung	71
3.1.7.2	Abdichten mit Dichtungsmaterial	72
3.1.8	Einbauten in Rohrleitungen	76
3.1.8.1	Nichtregelbare Absperrvorrichtungen	76
3.1.8.2	Regelbare Absperrvorrichtungen	77
3.1.8.3	Selbsttätige Absperr- und Reguliervorrichtungen	81
3.1.8.4	Sicherheitseinrichtungen	83
3.1.8.5	Einrichtungen bei Energieträgern	85
3.2	Arbeitsanweisungen	87
3.2.1	Untersuchen des Druckverlaufs in einer Rohrleitung	87
3.2.2	Montage von Glasverbindungen	89
3.2.3	Montage einer Glasapparatur	90
3.2.4	Demontage und Montage von Rohrverbindungen an einem Druckbehälter	91
3.2.5	Abdichten einer Welle mit einer Stopfbuchse	92
3.2.6	Demontage und Montage einer Kesselskaskade	93
3.2.7	Montageübung an einem Druckfilter	95

3.2.8	Montage und Demontage eines Rohrleitungssystems mit nicht regelbaren Absperrvorrichtungen	96
3.2.9	Demontage und Montage von regelbaren Absperrvorrichtungen	97
3.2.10	Demontage und Montage von Kondensatableitern	98
3.2.11	Demontage und Montage von Sicherheitsvorrichtungen	98
3.2.12	Montage und Demontage eines Rohrleitungssystems	99
3.3	Fragen zum Thema	100
	Begriffserklärungen	100
4	Fördern und Lagern	101
4.1	Fördern von Flüssigkeiten	101
4.1.1	Theoretische Grundlagen	101
4.1.1.1	Themen und Lerninhalte	101
4.1.1.2	Physikalische Grundlagen	101
4.1.1.4	Zentrifugalpumpen	103
4.1.1.5	Verdrängerpumpen	107
4.1.2	Arbeitsanweisungen	111
4.1.2.1	Demontage und Montage verschiedener Pumpen	111
4.1.2.2	Untersuchen der Fördereigenschaften einer Hubkolbenpumpe	112
4.1.2.3	Vergleich der Fördereigenschaften einer Kreiselpumpe mit denen einer Membranpumpe	112
4.1.2.4	Untersuchen der Fördereigenschaften einer Exzentrerschneckenpumpe	114
4.1.2.5	Untersuchen der Fördereigenschaften einer Schlauchquetschpumpe	114
4.1.2.6	Untersuchen des Druckverlusts in Rohrleitungen	116
4.1.2.7	Kennlinie einer Kreiselpumpe	117
4.1.2.8	Untersuchen der Fördereigenschaften einer Membranpumpe in Abhängigkeit von Hubfrequenz und Hubhöhe	117
4.1.3	Fragen zum Thema	118
4.2	Fördern von Gasen	118
4.2.1	Theoretische Grundlagen	118
4.2.1.1	Themen und Lerninhalte	118
4.2.1.2	Vakuumpumpen	120
4.2.1.3	Ventilatoren	122
4.2.1.4	Gebläse	123
4.2.1.5	Kompressoren	125
4.2.2	Arbeitsanweisungen	126
4.2.2.1	Demontage und Montage verschiedener Vakuumpumpen	126
4.2.2.2	Untersuchen der Abhängigkeit des Druckes einer Drehschiebervakuumpumpe vom Volumenstrom	127
4.2.3	Fragen zum Thema	128
4.3	Fördern und Dosieren von Feststoffen	128
4.3.1	Theoretische Grundlagen	128
4.3.1.1	Themen und Lerninhalte	128

4.3.1.2	Diskontinuierlicher Feststofftransport in Gebinden	128
4.3.1.3	Kontinuierlicher Feststofftransport mit mechanischen Einrichtungen	129
4.3.1.4	Kontinuierlicher Feststofftransport mit pneumatischen Einrichtungen	131
4.3.2	Arbeitsanweisung	134
4.3.2.1	Pneumatische Förderung von Feststoffen	134
4.3.3	Fragen zum Thema	135
4.4	Lagern von Stoffen	135
4.4.1	Theoretische Grundlagen	135
4.4.1.1	Themen und Lerninhalte	135
4.4.1.2	Lagern von Feststoffen	136
4.4.1.3	Lagern von Flüssigkeiten	137
4.4.1.4	Lagern von Gasen	138
4.4.2	Fragen zum Thema	140
	Begriffserklärungen	140
5	Mischen und Agglomerieren	141
5.1	Mischen von Stoffen	141
5.1.1	Theoretische Grundlagen	141
5.1.1.1	Themen und Lerninhalte	141
5.1.1.2	Herstellen von gasförmigen und flüssigen Mischphasen	142
5.1.1.3	Herstellen von festen Mischungen	144
5.1.1.4	Herstellen von pastösen oder teigigen Mischungen	147
5.1.1.5	Hinweise zur Arbeitssicherheit	148
5.1.2	Arbeitsanweisung	148
5.1.2.1	Herstellen einer Feststoffmischung	148
5.1.3	Fragen zum Thema	149
5.2	Agglomerieren	149
5.2.1	Theoretische Grundlagen	149
5.2.1.1	Themen und Lerninhalte	149
5.2.1.2	Herstellen von Agglomeraten	150
5.2.2	Arbeitsanweisung	153
5.2.2.1	Untersuchen der Abhängigkeit des Pressvolumens vom Pressdruck beim Brikettieren von Papier	153
5.2.3	Fragen zum Thema	155
	Begriffserklärungen	155
6	Trennen und Zerkleinern	157
6.1	Mechanisches Trennen von Feststoffgemischen	157
6.1.1	Theoretische Grundlagen	157
6.1.1.1	Themen und Lerninhalte	157
6.1.1.2	Sortieren	157
6.1.1.3	Klassieren durch Sieben	159
6.1.1.4	Korngrößenanalytik	162

6.1.1.5	Klassieren durch Sichten	165
6.1.2	Arbeitsanweisung	166
6.1.2.1	Analyse der Korngrößenverteilung durch Sieben mit einer Laborsiebmaschine	166
6.1.3	Fragen zum Thema	167
6.2	Mechanisches Trennen von Suspensionen und Emulsionen	167
6.2.1	Theoretische Grundlagen	167
6.2.1.1	Themen und Lerninhalte	167
6.2.1.2	Sedimentieren und Dekantieren	168
6.2.1.3	Physikalische Grundlagen des Filtrieren	169
6.2.1.4	Filterapparate	175
6.2.1.5	Physikalische Grundlagen des Zentrifugierens	179
6.2.1.6	Zentrifugen	180
6.2.1.7	Hinweise zur Arbeitssicherheit	183
6.2.2	Arbeitsanweisungen	183
6.2.2.1	Filtration mit einer Handfilterplatte unter Verwendung verschiedener Filtertücher zur Auslegung eines Trommelzellenfilters	183
6.2.2.2	Trennen einer Suspension mit unterschiedlichen Filterapparaten	183
6.2.2.3	Trennen einer Suspension mit einer Laborsiebzentrifuge	191
6.2.2.4	Trennen einer Emulsion durch Zentrifugieren	192
6.2.3	Fragen zum Thema	193
6.3	Zerkleinern von Stoffen	194
6.3.1	Theoretische Grundlagen	194
6.3.1.1	Themen und Lerninhalte	194
6.3.1.2	Brechen und Mahlen	194
6.3.1.3	Brecher	196
6.3.1.4	Mühlen	197
6.3.1.5	Hinweise zur Arbeitssicherheit	201
6.3.2	Arbeitsanweisungen	201
6.3.2.1	Brechen von Kalkstein und Klassieren des entstandenen Haufwerks	201
6.3.2.2	Mahlen mit verschiedenen Mahlapparaten und Bestimmen der Korngrößenverteilung	202
6.3.2.3	Untersuchen der Abhängigkeit der Korngrößenverteilung von der Mahldauer bei einer Kugelmühle	203
6.3.2.4	Untersuchen der Abhängigkeit der Korngrößenverteilung von der Art der Mahlkörper bei einer Kugelmühle	204
6.3.2.5	Mahlversuche mit einer Fliehkraftkugelmühle	204
6.3.2.6	Untersuchen der Abhängigkeit der Korngrößenverteilung von der Größe der Mahlkörper bei einer Schwingmühle	205
6.3.2.7	Mahlen mit einer Mörsermühle und Klassieren des Haufwerks mit einem Luftstrahlsieb	205
6.3.3	Fragen zum Thema	206
	Begriffserklärungen	206

7	Wärmeübertragung	207
7.1	Theoretische Grundlagen	207
7.1.1	Themen und Lerninhalte	207
7.1.2	Physikalische Grundlagen	207
7.1.3	Energieträger	209
7.1.4	Wärmeübertragungsverfahren	209
7.1.5	Apparate zur Wärmeübertragung	210
7.1.5.1	Direkte Wärmeübertragung	210
7.1.5.2	Indirekte Wärmeübertragung	212
7.2	Arbeitsanweisungen	214
7.2.1	Direktes Heizen und indirektes Kühlen an einem Reaktionskessel	214
7.2.2	Indirektes Heizen und indirektes Kühlen an einem Reaktionskessel	216
7.2.3	Herstellen und Mischen von Salzlösungen unterschiedlicher Temperatur	216
7.3	Fragen zum Thema	217
8	Verdampfen, Trocknen, Kristallisieren	219
8.1	Verdampfen	219
8.1.1	Theoretische Grundlagen	219
8.1.1.1	Themen und Lerninhalte	219
8.1.1.2	Verdampfer	219
8.1.1.3	Mehrkörperverdampfer	222
8.1.2	Fragen zum Thema	222
8.2	Trocknen	222
8.2.1	Theoretische Grundlagen	222
8.2.1.1	Themen und Lerninhalte	222
8.2.1.2	Trockenverfahren	223
8.2.1.3	Trockner	224
8.2.2	Arbeitsanweisung	227
8.2.2.1	Untersuchen des Trocknungsverhaltens eines Wirbelschichttrockners bei unterschiedlicher Beladung	227
8.2.3	Fragen zum Thema	228
8.3	Kristallisieren	229
8.3.1	Theoretische Grundlagen	229
8.3.1.1	Themen und Lerninhalte	229
8.3.1.2	Kühlkristallisation	230
8.3.1.3	Verdampfungskristallisation	231
8.3.2	Arbeitsanweisung	232
8.3.2.1	Kristallisation einer Salzlösung durch kontinuierliche Verdampfungs-kristallisation	232
8.3.3	Fragen zum Thema	233
	Begriffserklärungen	233

9	Destillieren und Rektifizieren	235
9.1	Theoretische Grundlagen	235
9.1.1	Themen und Lerninhalte	235
9.1.2	Gleichstromdestillation	235
9.1.2.1	Physikalische Grundlagen	235
9.1.2.2	Destillierverfahren	237
9.1.3	Gegenstromdestillation	240
9.1.3.1	Physikalische Grundlagen	240
9.1.3.2	Apparatetechnik	242
9.1.3.3	Rektifizierverfahren	246
9.2	Arbeitsanweisungen	247
9.2.1	Diskontinuierliche Rektifikation von Ethanol-Wasser-Gemisch mit einer Glockenbodenkolonne bei Normaldruck	247
9.2.2	Diskontinuierliche Rektifikation von Ethanol-Wasser-Gemisch mit einer Füllkörperkolonne bei Normaldruck	249
9.2.3	Reinigung von Ethanol-Wasser-Gemisch durch Vakuumrektifikation	250
9.2.4	Reinigung von Chlorbenzol durch Wasserdampfdestillation	251
9.3	Fragen zum Thema	252
	Begriffserklärungen	252
10	Extrahieren	253
10.1	Theoretische Grundlagen	253
10.1.1	Themen und Lerninhalte	253
10.1.2	Physikalische Grundlagen	253
10.1.3	Feststoffextraktion	254
10.1.4	Flüssigkeitsextraktion	257
10.1.4.1	Allgemeines	257
10.1.4.2	Flüssigkeitsextraktoren	259
10.2	Arbeitsanweisung	261
10.2.1	Feststoffextraktion nach dem Soxhlet-Verfahren	261
10.3	Fragen zum Thema	262
	Begriffserklärungen	262
11	Betriebliche Reaktionstechnik	263
11.1	Theoretische Grundlagen	263
11.1.1	Themen und Lerninhalte	263
11.1.2	Disposition von Arbeitsabläufen	263
11.1.3	Protokollierung	265
11.2	Arbeitsanweisungen	271
11.2.1	Umkristallisation von Carboxypyrazolsäure-4	273
11.2.2	Umfällen von 4-Aminobenzolsulfonsäure	274
11.2.3	Destillation von ethanolhaltigen Gemischen	276
11.2.4	Rektifikation eines Ethanol-Wasser-Gemisches bei Normaldruck	277
11.2.5	Fällen von Schwermetallionen	278

11.2.6	Neutralisation	279
11.2.7	Umsetzung von Schwefelsäure mit Calciumcarbonat	280
11.2.8	Herstellen von basischem Kupfercarbonat	281
11.2.9	Herstellen von Kupfersulfat	282
11.2.10	Herstellen von Calciumcarbonat	283
11.2.11	Herstellen des Azofarbstoffes Tartrazin O	284
11.2.12	Herstellen von Benzoesäureethylester	288
11.2.13	Herstellen von Benzoesäure	289
	Begriffserklärungen	291