

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 Bilderalters	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 Regulievorrichtungen	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 Kesselkaskade	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 Exzenterorschneckenpumpe 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 Agglomrieren	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	Agglomrieren	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
- 6.3.3 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	Apparate-technik	242
9.1.3.3	Rektifizierverfahren	246
9.2	Arbeitsanweisungen	247
9.2.1	Diskontinuierliche Rektifikation von Ethanol-Wasser-Gemisch mit einer Glockenbodenkolonne bei Normalsdruck	247
9.2.2	Diskontinuierliche Rektifikation von Ethanol-Wasser-Gemisch mit einer Füllkörperkolonne bei Normalsdruck	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 Carboxipyrazolsäure-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 Normalsdruck	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