

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Die Ingenieurdisziplin Verfahrenstechnik / Chemieingenieurwesen	1
1.2	Mechanische Verfahrenstechnik	1
1.3	Eigenschafts- und Prozessfunktionen	3
1.4	Inhalt des zweibändigen Lehrwerks	5
	Literatur	6
2	Kennzeichnungen von Partikeln und dispersen Stoffsystemen	9
2.1	Disperse Stoffsysteme	9
2.2	Konzentrationsangaben	10
2.3	Partikelgrößenabhängige Eigenschaften, Kennzeichnung von Einzelpartikeln	11
2.3.1	Geometrische Abmessungen	12
2.3.2	Äquivalentdurchmesser	13
2.3.3	Spezifische Oberfläche	16
2.4	Partikelform, Formfaktoren	17
2.4.1	Allgemeine Definition eines Formfaktors	17
2.4.2	Speziell definierte Formfaktoren	18
2.4.3	Fraktale Dimension	22
2.5	Partikelgrößenverteilungen	25
2.5.1	Allgemeine Darstellung	25
2.5.2	Mittelwerte und spezielle Kenngrößen von Verteilungen	31
2.5.3	Spezielle Verteilungsfunktionen	37
2.5.4	Zusammensetzung mehrerer Verteilungen	51
2.5.5	Umrechnung einer Partikelgrößenverteilung auf ein anderes Feinheitsmerkmal	52
2.5.6	Umrechnung einer Partikelgrößenverteilung in eine andere Mengenart	53
2.5.7	Allgemeine Darstellung von integralen Mittelwerten einer Verteilung (statistische Momente)	56
2.5.8	Verteilungen bei besonderen Partikelformen	58

2.6	Kennzeichnung von porösen Stoffsystemen	59
2.6.1	Porosität	61
2.6.2	Porenweite, Porenweitenverteilung	67
2.6.3	Dichte poröser Stoffsysteme	68
2.6.4	Kennzeichnungen des Flüssigkeitsinhalts poröser Stoffsysteme	70
2.7	Haftkräfte	72
2.7.1	Haftkräfte in gasförmiger Umgebung	77
2.7.2	Haftkräfte in flüssiger Umgebung	78
	Aufgaben zu Kapitel 2	80
	Literatur	94
3	Ähnlichkeitslehre und Dimensionsanalyse	97
3.1	Ähnlichkeit	97
3.2	Dimensionslose Kennzahlen	99
3.3	Das Π -Theorem (Buckingham-Theorem)	100
3.4	Bestimmung dimensionsloser Kennzahlen	101
	Literatur	104
4	Fluidmechanische Grundlagen	105
4.1	Kräfte auf Partikeln im Fluid	105
4.1.1	Massenkräfte	106
4.1.2	Oberflächenkräfte	106
4.1.3	Diffusionskräfte	110
4.1.4	Elektrische und magnetische Feldkräfte	111
4.2	Partikelbewegung im Schwerfeld	112
4.2.1	Partikelbewegung im ruhenden Fluid	112
4.2.2	Partikelbewegung im stationär strömenden Fluid	116
4.2.3	Beschleunigte Bewegung	119
4.2.4	Einflüsse auf die Sinkgeschwindigkeit	124
4.3	Partikelbewegung im Zentrifugalfeld	128
4.3.1	Partikelbewegung im Starrkörperwirbel	129
4.3.2	Partikelbewegung in der Wirbelsenke	131
4.4	Benetzung, Kapillarität, Flüssigkeitsbindung	134
4.4.1	Benetzung	134
4.4.2	Kapillarität	136
4.4.3	Flüssigkeitsbindung und Sättigungsgradbereiche	138
4.4.4	Ent- und Befeuchten, Kapillardruckkurve	140
4.5	Durchströmung von porösen Schichten	143
4.5.1	Allgemeiner dimensionsanalytischer Ansatz für die Durchströmungsgleichung	144
4.5.2	Empirische Durchströmungsgleichungen	146
	Aufgaben zu Kapitel 4	152
	Literatur	160

5	Partikelmesstechnik	161
5.1	Einführung	161
5.2	Siebverfahren	161
5.2.1	Grundlagen	162
5.2.2	Trockene Vibrationssiebung	164
5.2.3	Luftstrahlsiebung und Nasssiebung	165
5.3	Sedimentationsverfahren	166
5.3.1	Sinkgeschwindigkeit als Feinheitsmerkmal	166
5.3.2	Systematik der Sedimentationsverfahren	167
5.3.3	Inkrementalverfahren	168
5.3.4	Kumulativverfahren	171
5.3.5	Sedimentation im Zentrifugalfeld	173
5.4	Optische Verfahren, Zählverfahren	175
5.4.1	Abbildende Verfahren, Bildauswertung	175
5.4.2	Streulichtverfahren	178
5.4.3	Nichtoptische Zählverfahren nach dem Feldstörungsprinzip	185
5.5	Partikelgrößenmessung im Nanometerbereich	186
5.5.1	Elektronenmikroskopie	187
5.5.2	Dynamische Lichtstreuung (PCS, QELS)	188
5.5.3	Ultraschallspektroskopie	190
5.5.4	Elektroakustische Spektroskopie	191
5.5.5	Thermische Feldflussfraktionierung	191
5.5.6	Kondensationskernzähler (CPC, CNC)	193
5.5.7	Diffusionsbatterie	194
5.5.8	Elektrostatischer Klassierer (DMA,) und Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)	195
5.5.9	Laserinduzierte Inkandescenz (LII)	196
5.6	Staubmesstechnik	197
5.6.1	Allgemeines	197
5.6.2	Probennahme für die Staubmesstechnik	200
5.6.3	Messprinzipien und Geräte	202
5.7	Oberflächenmessung	208
5.7.1	Äußere und innere Oberfläche	208
5.7.2	Gasadsorptionsverfahren	209
5.7.3	Durchströmungsverfahren	212
5.7.4	Fotometrisches Verfahren	214
5.8	Porosimetrie	215
5.8.1	Bestimmung der Porosität	215
5.8.2	Messung von Porengrößen und Porengrößenverteilungen	216
5.9	Probennahme und Probenvorbereitung	219
5.9.1	Allgemeine Problematik	219
5.9.2	Probennahme und Probenvorbereitung für die Partikelmesstechnik	231
5.9.3	Probennehmer und Probenteiler	242
	Aufgaben zu Kapitel 5	245
	Literatur	258

6	Mechanische Trennverfahren I – Trockenklassieren	261
6.1	Allgemeines zu den mechanischen Trennverfahren	261
6.1.1	Merkmale	261
6.1.2	Grundprinzip der mechanischen Trennungen	263
6.2	Kennzeichnung der Klassierung	263
6.2.1	Begriffe und Definitionen	263
6.2.2	Reihen- und Parallelschaltung von Klassierern	272
6.2.3	Praktische Bestimmung von Trenngradkurven	277
6.3	Siebklassieren	285
6.3.1	Grundaufgaben des Siebens	285
6.3.2	Grundlagen des Schwerkraftsiebens	287
6.3.3	Weitere Siebungsarten, Siebhilfen	298
6.3.4	Bauarten von Siebmaschinen	301
6.4	Strömungsklassieren – Windsichten	305
6.4.1	Aufgaben des Windsichtens	305
6.4.2	Sichtprinzipien und Trenneigenschaften	306
6.4.3	Zur Technik des Windsichtens	311
6.4.4	Bauarten von Windsichtern	314
	Aufgaben zu Kapitel 6	320
	Literatur	329
7	Feststoffmischen und Rühren	331
7.1	Übersicht über Mischverfahren und Mischmechanismen	331
7.2	Statistische Kennzeichnung und Beurteilung der Mischung	333
7.2.1	Kennzeichnung der Mischung	333
7.2.2	Beurteilung der Mischung	342
7.3	Mischgüteuntersuchungen	349
7.3.1	Zeitlicher Mischgüteverlauf	349
7.3.2	Probennahme	351
7.3.3	Zusammenfassende Regeln zur Mischgütebestimmung und Beispiel	363
7.4	Feststoffmischverfahren	366
7.4.1	Mischbewegungen, Entmischung	366
7.4.2	Bauarten von Feststoffmischern	367
7.4.3	Leistungsbedarf von Feststoffmischern	378
7.5	Rühren	379
7.5.1	Grundaufgaben des Rührens	379
7.5.2	Bauformen von Rührwerken und Rührern	381
7.5.3	Leistungsbedarf von Rührern	389
7.5.4	Verfahrenstechnische Grundlagen zu den Rühraufgaben	395
7.5.5	Modellübertragung (Scale-up)	422
7.6	Statisches Mischen	429
7.6.1	Bauformen und Mischmechanismen	430
7.6.2	Berechnungsgrundlagen für statische Mischer	432
	Aufgaben zu Kapitel 7	436
	Literatur	446

8	Lagern und Fließen von Schüttgütern	449
8.1	Aufgabenstellungen	449
8.2	Das Schüttgut als Kontinuum	451
8.3	Ruhende Schüttgüter	451
8.3.1	Janssen-Theorie	452
8.3.2	Schüttgutkennwerte für Silolasten	454
8.4	Fließende Schüttgüter	457
8.4.1	Spannungszustand und Fließkriterien	457
8.5	Messung von Fließorten	464
8.6	Ausfließen von Schüttgütern aus Silos und Bunkern	469
8.6.1	Fließprofile	469
8.6.2	Auslegung von Massenfluss-Silos	470
8.6.3	Auslegung des Auslaufs gegen Brückenbildung	472
8.6.4	Auslegungsgang und Beispiel	477
	Aufgaben zu Kapitel 8	481
	Literatur	485
	Index	487