

# Inhalt

Symbolverzeichnis . . . . .	9
Einleitung . . . . .	11
<b>1 Kennzeichnung von Teilchenschwärmen</b>	
1.1 Teilchengröße . . . . .	15
1.1.1 Definitionen der Teilchengröße . . . . .	15
1.1.2 Ausgezeichnete Teilchengrößen . . . . .	16
1.2 Messen von Teilchenschwärmen . . . . .	17
1.2.1 Teilchengehalt . . . . .	17
1.2.2 Teilchengrößenanalyse . . . . .	18
1.2.2.1 Probenahme . . . . .	18
1.2.2.2 Methoden zum Messen der Teilchengröße . . . . .	19
1.3 Teilchengrößenverteilung . . . . .	23
1.3.1 Relative Häufigkeit . . . . .	23
1.3.2 Verteilungsgesetze . . . . .	27
1.3.2.1 Normalverteilung nach Gauß (N-Verteilung) . . . . .	28
1.3.2.2 Logarithmische Normalverteilung (LN-Verteilung) . . . . .	30
1.3.2.3 RRSB-Verteilung . . . . .	32
1.3.2.4 GGS-Verteilung (Potenzverteilung) . . . . .	34
1.3.2.5 Computerauswertung . . . . .	36
1.4 Oberfläche von Teilchengrößenverteilungen . . . . .	37
1.4.1 Kugelförmige Teilchen . . . . .	37
1.4.1.1 GGS-Verteilung . . . . .	39
1.4.1.2 Normalverteilung . . . . .	40
1.4.1.3 Logarithmische Normalverteilung . . . . .	41
1.4.1.4 RRSB-Verteilung . . . . .	42
1.4.2 Teilchen beliebiger Form . . . . .	43
1.4.2.1 Berechnung aus Teilchengrößenverteilung . . . . .	43
1.4.2.2 Messung der Oberfläche . . . . .	44
1.4.3 Zusammenfassung . . . . .	45
1.5 Zusätzliche Eigenschaften von Festbetten . . . . .	46
1.6 Anwendungsbeispiel . . . . .	47

**2 Zerkleinern**

2.1	Grundlagen . . . . .	51
2.1.1	Bruchvorgang . . . . .	52
2.1.2	Energiebedarf und Durchsatz . . . . .	53
2.1.2.1	Zerkleinerungsgesetze . . . . .	53
2.1.2.2	Abschätzung des Energiebedarfs . . . . .	55
2.1.2.3	Leistungsbedarf und Durchsatz . . . . .	58
2.2	Zerkleinerungsmaschinen . . . . .	60
2.2.1	Brecher . . . . .	60
2.2.2	Mühlen . . . . .	66
2.3	Betrieb von Zerkleinerungsmaschinen . . . . .	73

**3 Zerstäuben**

3.1	Oberflächenspannung . . . . .	78
3.2	Energiebedarf zum Zerstäuben . . . . .	79
3.3	Für das Zerstäuben maßgebende Kennzahlen . . . . .	81
3.4	Zerstäuber . . . . .	83
3.4.1	Druckdüsen . . . . .	84
3.4.1.1	Düsen mit Strahlzerfall . . . . .	84
3.4.1.2	Düsen mit Lamellenzerfall . . . . .	87
3.4.2	Pneumatische Düsen . . . . .	89
3.4.3	Fliehkraftzerstäuber . . . . .	90
3.4.4	Auswahl und Explosionsschutz . . . . .	92
3.5	Tropfengrößenverteilung und Oberfläche . . . . .	92

**4 Mechanische Trennverfahren**

4.1	Filtrieren . . . . .	96
4.1.1	Kuchenfiltration . . . . .	97
4.1.1.1	Inkompressibler Kuchen . . . . .	98
4.1.1.2	Kompressibler Kuchen . . . . .	108
4.1.1.3	Nebeneffekte . . . . .	111
4.1.1.4	Betriebszyklen . . . . .	112
4.1.1.5	Druckfilter . . . . .	113
4.1.1.6	Vakuumfilter . . . . .	119
4.1.2	Querstromfiltration . . . . .	123
4.1.2.1	Mikrofiltration (MF) . . . . .	124
4.1.2.2	Ultrafiltration (UF) . . . . .	125
4.1.3	Tiefenfiltration . . . . .	128
4.1.4	Filtrieren von Rauch . . . . .	131

4.2	Sedimentieren . . . . .	134
4.2.1	Sedimentieren von Einzelteilchen . . . . .	135
4.2.1.1	Widerstandsbeiwert . . . . .	135
4.2.1.2	Bewegungsdifferentialgleichung . . . . .	137
4.2.1.3	Stationärer Absetzvorgang . . . . .	139
4.2.1.4	Instationärer Absetzvorgang . . . . .	140
4.2.2	Sedimentieren von Schwarmteilchen . . . . .	141
4.2.3	Flockung und Flotation . . . . .	143
4.2.4	Anwendungsbeispiele . . . . .	144
4.2.4.1	Absetzapparate zur Suspensionstrennung . . . . .	144
4.2.4.2	Klassierapparate . . . . .	150
4.3	Zentrifugieren . . . . .	152
4.3.1	Filterzentrifugen . . . . .	153
4.3.1.1	Flüssigkeitsvolumenstrom beim Kuchenaufbau . . . . .	154
4.3.1.2	Zeitlicher Verlauf des Zentrifugierens . . . . .	156
4.3.1.3	Bauarten von Filterzentrifugen . . . . .	161
4.3.2	Sedimentierzentrifugen . . . . .	165
4.3.2.1	Auslegung von Sedimentierzentrifugen . . . . .	165
4.3.2.2	Bauarten für die Suspensionstrennung . . . . .	168
4.3.2.3	Bauarten für die Emulsionstrennung . . . . .	171
4.3.3	Festigkeit der Zentrifugentrommel . . . . .	173
4.4	Trennen im Zyklon . . . . .	177
4.4.1	Trennteilchengröße . . . . .	178
4.4.2	Druckverlust und Auslegung . . . . .	179
4.5	Ergänzungen . . . . .	181
4.5.1	Abscheidungsgrad und Trennschärfe . . . . .	182
4.5.2	Auswahl mechanischer Trenneinrichtungen . . . . .	184
<b>5</b>	<b>Strömung durch Schüttungen</b>	
5.1	Festbett . . . . .	187
5.2	Fließbett . . . . .	189
5.2.1	Homogenes Fließbett . . . . .	190
5.2.1.1	Druckverlust und Betriebsbereich . . . . .	190
5.2.1.2	Ausdehnung . . . . .	193
5.2.2	Inhomogenes Fließbett . . . . .	195
<b>6</b>	<b>Rheologie</b>	
6.1	Newtonsches Fließverhalten . . . . .	199
6.2	Nicht-Newtonsches Fließverhalten . . . . .	200
6.2.1	Zeitunabhängiges Fließverhalten . . . . .	201
6.2.2	Zeitabhängiges Fließverhalten . . . . .	202
6.2.3	Messung des Fließverhaltens . . . . .	203
6.3	Druckverlust bei Nicht-Newtonschen Flüssigkeiten . . . . .	204

8	Inhalt	
7	<b>Mischen</b>	
7.1	Mischgüte	207
7.2	Homogenisieren	209
7.2.1	Rührbehälter	211
7.2.1.1	Leistungsbedarf für Newtonsche Flüssigkeiten	215
7.2.1.2	Mischzeit für absatzweises Homogenisieren	219
7.2.1.3	Homogenisieren Nicht-Newtonscher Flüssigkeiten	224
7.2.2	Statische Mischer	225
7.3	Suspendieren	228
7.3.1	Suspendiergeräte	228
7.3.2	Suspendierzustand	229
7.3.3	Rührerdrehzahl und Leistungsbedarf	230
7.4	Verweilzeit bei kontinuierlichem Betrieb	232
7.4.1	Mittlere Verweilzeit	232
7.4.2	Verweilzeitverteilung im idealen Rührbehälter	233
7.4.3	Verweilzeitverteilung in Rührbehälterkaskaden	235

8	<b>Ergänzungen</b>	238
---	--------------------	-----

### Literaturverzeichnis

Bücher	240
Zeitschriften	244
DIN-Normen	261
VDI-Richtlinien	263

<b>Sachverzeichnis</b>	264
------------------------	-----