

Walter Müller

Mechanische Verfahrenstechnik und ihre Gesetzmäßigkeiten

3. Auflage

DE GRUYTER
OLDENBOURG

Inhalt

Vorwort — V

Vorwort zur 2. Auflage — VII

Vorwort zur 3. Auflage — IX

1 Einleitung — 1

2 Beschreibung von Partikeln und Partikelkollektiven — 4

2.1 Disperse Systeme — 4

2.2 Der Äquivalentdurchmesser als Feinheitsmerkmal — 4

2.3 Die spezifische Oberfläche als Feinheitsmerkmal — 7

2.4 Verteilungskurven — 8

2.5 Standard-Verteilungen — 11

2.6 Kenngrößen aus Verteilungen — 12

2.7 Verfahren zur Partikelgrößenanalyse — 13

Exkurs Probenahme und Probenteilung — 14

2.8 Verfahren zur Oberflächenbestimmung — 23

2.9 Übungsaufgaben — 25

2.9.1 Übungsaufgabe Partikelgrößenverteilung — 25

2.9.2 Übungsaufgabe Partikelanalyse — 26

2.9.3 Übungsaufgabe Oberflächen — 26

2.10 Formelzeichen für Kapitel 2 — 27

3 Bilanzierung und Beschreibung von Trenn- und Mischvorgängen — 29

3.1 Konzentrationsmaße — 29

3.2 Bilanzierung — 30

3.3 Abscheidegrad — 31

3.4 Verteilungsdiagramm — 32

3.5 Trenngrad — 34

3.6 Kenngrößen der Abscheidung: Trennkorngröße und Trennschärfe — 35

3.7 Kennzeichnung des Mischungszustands — 36

3.8 Mischungszusammensetzung und Probengröße — 38

3.9 Mischgüte und Mischzeit — 40

3.10 Übungsaufgaben — 42

3.10.1 Übungsaufgabe Bilanzierung I — 42

3.10.2 Übungsaufgabe Bilanzierung II — 43

3.10.3 Übungsaufgabe Verteilungsdiagramm — 44

3.10.4 Übungsaufgabe Homogenität — 45

3.11 Formelzeichen für Kapitel 3 — 46

4	Trennung von Partikeln in Kraftfeldern — 48
4.1	Trennung im Schwerefeld — 48
4.1.1	Stationäre Sinkbewegung im Schwerefeld — 48
Exkurs	Reynoldszahl — 49
Exkurs	Widerstandsbeiwert einer Kugel — 50
Exkurs	Laminare und turbulente Strömung — 54
4.1.2	Ölabscheider — 57
4.1.3	Sedimenter — 59
4.1.4	Windsichter — 63
4.1.5	Staubkammer — 64
4.1.6	Nassstromklassierung — 65
4.2	Trennung im Fliehkraftfeld — 67
4.2.1	Partikelbewegung im Zentrifugalfeld — 67
4.2.2	Sedimentationszentrifuge — 71
4.2.3	Zyklone — 77
4.2.4	Tropfenabscheider — 81
4.2.5	Abweiseradsichter — 82
4.3	Trennung im elektrischen Feld — 84
4.3.1	Elektroentstauber — 84
4.3.2	Erzeugung der Ladungen und Aufladung der Partikeln — 86
4.3.3	Partikelbewegung im elektrischen Feld — 87
4.3.4	Abscheidung an der Niederschlagselektrode — 92
4.4	Übungsaufgaben — 94
4.4.1	Übungsaufgabe Sedimenter — 94
4.4.2	Übungsaufgabe Steigrohrsichter — 95
4.4.3	Übungsaufgabe Staubsauger — 95
4.4.4	Übungsaufgabe Tropfenreaktor — 96
4.4.5	Übungsaufgabe Zentrifuge — 96
4.4.6	Übungsaufgabe Zyklon — 97
4.4.7	Übungsaufgabe Elektroabscheider — 97
4.5	Formelzeichen für Kapitel 4 — 98
5	Durchströmung von Partikelschichten — 101
5.1	Ruhende Schüttungen konstanter Dicke (Festbetten) — 101
5.1.1	Druckverlustgleichung — 101
5.1.2	Porosität und Schüttdichte — 103
Exkurs	Druckverlust — 104
5.1.3	Hydraulischer Durchmesser einer Schüttung — 106
5.1.4	Durchströmungsgleichung für Schüttungen — 107
Exkurs	Hydraulischer Durchmesser — 108
5.1.5	Laminare Schüttungsdurchströmung — 109

- 5.2 Kuchenfiltration — 110
- 5.2.1 Herleitung der Filtergleichung — 110
- 5.2.2 Filtration bei konstantem Volumenstrom — 113
- 5.2.3 Filtration bei konstantem Druck — 114
- 5.3 Filterapparate für Suspensionen — 115
- 5.3.1 Rahmenfilterpresse — 115
- 5.3.2 Vakuumfilter — 118
- 5.4 Filterzentrifugen — 125
- 5.5 Staubfiltration — 129
- 5.6 Wirbelschichten (Fließbetten) — 132
- 5.7 Pneumatische Förderung — 135
- 5.7.1 Einsatzbedingungen und Förderzustände — 135
- 5.7.2 Zustandsdiagramm einer Förderanlage — 138
- 5.7.3 Dünnstromförderung — 140
- 5.7.4 Dichtstromförderung — 141
- Exkurs Spannungen in Silos — 142
- 5.8 Übungsaufgaben — 148
- 5.8.1 Übungsaufgabe Schüttschicht — 148
- 5.8.2 Übungsaufgabe Druckfilter I — 149
- 5.8.3 Übungsaufgabe Druckfilter II — 150
- 5.8.4 Übungsaufgabe Bandfilter — 150
- 5.8.5 Übungsaufgabe Wirbelschicht — 151
- 5.8.6 Übungsaufgabe Pneumatische Förderung — 151
- 5.9 Formelzeichen für Kapitel 5 — 152

- 6 Oberflächenprozesse — 155
- 6.1 Feststoffzerkleinerung — 155
- 6.1.1 Bindungen und Materialeigenschaften — 156
- 6.1.2 Materialverhalten und Formänderungsarbeit — 157
- Exkurs Grenzflächenenergie — 160
- 6.1.3 Bruchbedingung — 161
- 6.1.4 Zerkleinerungsenergie und Partikelgröße — 163
- 6.1.5 Zerkleinerungshypothesen — 164
- 6.1.6 Wirkungsgrade, Effektivität und Mahlbarkeit — 165
- 6.1.7 Beanspruchungsarten — 166
- 6.1.8 Druckzerkleinerung — 168
- 6.1.9 Schlagzerkleinerung — 175
- 6.1.10 Prallzerkleinerung — 180
- 6.1.11 Schneidzerkleinerung — 184
- 6.2 Flüssigkeitszerstäubung — 186
- 6.2.1 Einsatzbeispiele — 186

6.2.2	Oberflächenspannung und Zerstäubungsenergie —	187
Exkurs	Oberflächenspannung und Weberzahl —	188
6.2.3	Tropfenbildungsmechanismen —	189
6.2.4	Zerstäuberdüsen —	193
6.3	Dispergierung in flüssiger Phase —	196
6.3.1	Anwendung —	196
6.3.2	Mechanismen beim Emulgieren —	196
6.3.3	Stabilisierung —	198
6.3.4	Emulgierapparate —	199
6.4	Agglomeration —	201
6.4.1	Einsatzbeispiele —	201
6.4.2	Bindemechanismen und Verfahren —	202
6.4.3	Anschmelzagglomeration (Sintern) —	203
6.4.4	Aufbaugranulation —	203
Exkurs	Kohäsion, Adhäsion und Randwinkel —	206
Exkurs	Kapillardruck —	208
6.4.5	Pressagglomeration —	210
6.5	Übungsaufgaben —	213
6.5.1	Übungsaufgabe Mahlleistung I —	213
6.5.2	Übungsaufgabe Mahlleistung II —	214
6.5.3	Übungsaufgabe Mahlbarkeit —	214
6.5.4	Übungsaufgabe Walzenmühle —	215
6.5.5	Übungsaufgabe Zerstäubung —	215
6.6	Formelzeichen für Kapitel 6 —	216
7	Mischprozesse —	219
7.1	Einteilung der Mischprozesse —	219
7.2	Homogenisiermechanismen —	220
Exkurs	Diffusion —	222
7.3	Statisches Mischen —	223
7.4	Dynamisches Mischen von Flüssigkeiten (Rührtechnik) —	225
7.4.1	Rührertypen —	225
7.4.2	Dimensionsanalytische Betrachtung —	228
7.4.3	Leistungscharakteristik einer Rühranordnung —	229
Exkurs	Dimensionsanalyse —	230
7.4.4	Trombenbildung und Froudezahl —	233
Exkurs	Froudezahl —	234
7.4.5	Homogenisieren durch Rühren —	236
7.4.6	Suspendieren —	239
7.4.7	Emulgieren —	241
7.4.8	Begasen —	243

7.4.9	Wärmeaustausch —	246
7.4.10	Maßstabsvergrößerung von Rühranordnungen —	247
7.5	Dynamisches Mischen körniger Stoffe —	250
7.6	Teilen und Verteilen —	254
7.7	Übungsaufgaben —	257
7.7.1	Übungsaufgabe Leistungscharakteristik —	257
7.7.2	Übungsaufgabe Leistungs- und Mischzeitcharakteristik —	257
7.7.3	Übungsaufgabe Rührprozess —	258
7.7.4	Übungsaufgabe Homogenisierung —	259
7.7.5	Übungsaufgabe Maßstabsvergrößerung I —	259
7.7.6	Übungsaufgabe Maßstabsvergrößerung II —	259
7.8	Formelzeichen für Kapitel 7 —	260

8 Lösungen der Übungsaufgaben — 263

Literaturverzeichnis — 293

Personenverzeichnis — 295

Stichwortverzeichnis — 297