

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung . . . . .	13
1.1	Was ist «Verfahrenstechnik»? . . . . .	13
1.2	Verfahrenstechnik und Abfallbewirtschaftung . . . . .	15
1.2.1	Entstehung der Abfälle . . . . .	15
1.2.2	Behandlung der Abfälle . . . . .	16
1.2.3	Endlagerung im natürlichen System . . . . .	16
1.3	Massen- und Energiebilanz . . . . .	18
1.4	Das MKSA-System . . . . .	21
2	Mechanische Verfahrenstechnik . . . . .	25
2.1	Beispiele stoffumwandelnder Verfahren mit mechanischen Grundprozessen . . . . .	25
2.1.1	Kunststoffaufbereitung . . . . .	25
2.1.2	Kochsalzgewinnung . . . . .	28
2.1.3	Bauschutt aufbereitung . . . . .	29
2.2	Teilchen in dispersen Systemen . . . . .	31
2.2.1	Geometrische Partikelmerkmale . . . . .	31
2.2.2	Andere Partikelmerkmale . . . . .	32
2.2.3	Äquivalenzdurchmesser . . . . .	32
2.2.4	Formfaktoren . . . . .	33
2.2.5	Korngrössenmessverfahren, Probenahme . . . . .	33
2.3	Darstellung von Mengenverteilungen der Partikel . . . . .	34
2.3.1	Verteilfunktionen . . . . .	34
2.3.2	Darstellung von Verteilungen . . . . .	35
2.3.3	Verteilungsparameter . . . . .	35
2.3.4	Beispiel einer gemessenen Mengenverteilung . . . . .	36

2.4	Dimensionsanalyse . . . . .	39
2.4.1	Physikalische Gleichungen . . . . .	39
2.4.2	Nutzen einer Dimensionsanalyse . . . . .	40
2.5	Zerkleinern . . . . .	41
2.5.1	Vorgang der Partikelzerstörung . . . . .	42
2.5.2	Zerkleinerungsmaschinen . . . . .	45
2.5.3	Beispiele aus der Umwelttechnik . . . . .	49
2.6	Trennprozesse für Feststoffe . . . . .	53
2.6.1	Kennzeichnung von Trennungen . . . . .	53
2.6.2	Trennmaschinen . . . . .	54
2.6.3	Beispiele aus der Umwelttechnik . . . . .	55
2.7	Partikel in strömenden Medien . . . . .	59
2.7.1	Strömungswiderstand eines Partikels . . . . .	62
2.7.2	Widerstandsbeiwert nicht kugeligler Partikel . . . . .	66
2.7.3	Bewegungsgleichung der Partikel . . . . .	66
2.7.4	Analytische Lösung der Bewegungsgleichung für den stationären Fall . . . . .	67
2.8	Mechanische Trennung in der Strömung . . . . .	69
2.8.1	Sedimentation im ruhenden Medium . . . . .	69
2.8.2	Gegenstromsedimentation . . . . .	70
2.8.3	Querstrom-/Umlenktrennung . . . . .	72
2.8.4	Beispiele aus der Umwelttechnik . . . . .	73
2.9	Durchströmung von Packungen (kugelige Schütt-schichten) . . . . .	75
2.9.1	Kennzeichnung von Packungen . . . . .	76
2.9.2	Packungsstrukturen . . . . .	76
2.9.3	Einphasenströmung durch Packungen . . . . .	77
2.9.4	Durchströmung von Wirbelschichten . . . . .	78
2.9.5	Pneumatische Förderung von Feststoffteilchen . . . . .	80
2.9.6	Beispiele aus der Umwelttechnik . . . . .	81
2.10	Filtration . . . . .	87
2.10.1	Kapillardruck . . . . .	88

2.10.2	Kapillardruck in zylindrischen Röhren . . . . .	89
2.10.3	Kapillardruck in der Packung/Schüttung . . . . .	90
2.10.4	Filtervorgang . . . . .	91
2.10.5	Filterapparate . . . . .	92
2.10.6	Beispiele aus der Umwelttechnik . . . . .	95
2.11	Membrantechnik . . . . .	97
2.11.1	Osmotisches Phänomen und chemisches Potential . . . . .	98
2.11.2	Membrantechnik – Ein praktisches Beispiel . . . . .	99
2.12	Grundlagen der Kornvergrößerung/Agglomeration . . . . .	101
2.13	Grundlagen des Mischvorganges . . . . .	104
2.13.1	Mischen von Flüssigkeiten . . . . .	106
2.13.2	Mischen von Feststoffen . . . . .	108
3	Thermische Verfahrenstechnik . . . . .	109
3.1	Beispiele stoffumwandelnder Verfahren mit thermischen Grundprozessen . . . . .	109
3.1.1	Kunststoffaufbereitung . . . . .	111
3.1.2	Kochsalzgewinnung . . . . .	111
3.1.3	Bauschutttaufbereitung . . . . .	112
3.2	Grundsätzliches zur thermischen Verfahrenstechnik . . . . .	117
3.3	Wärmetauscher . . . . .	119
3.3.1	Wesentliche Faktoren beim Bau eines Wärmetauschers . . . . .	122
3.3.2	Beispiele aus der Umwelttechnik . . . . .	125
3.4	Verdampfer und Kondensatoren . . . . .	128
3.4.1	Bauarten von Verdampfern . . . . .	131
3.4.2	Der Wärmeübergang beim Kondensieren . . . . .	134
3.4.3	Beispiele aus der Umwelttechnik . . . . .	134
3.5	Grundlagen der Trennprozesse – Destillation . . . . .	138
3.5.1	Ideale Gase . . . . .	138
3.5.2	Aggregatzustandsänderungen reiner Stoffe . . . . .	139
3.5.3	Stofflösungen . . . . .	140
3.5.4	Destillation . . . . .	140

3.6	Rektifikation . . . . .	142
3.7	Trocknung fester Stoffe . . . . .	145
3.7.1	Die Art der Feuchtigkeitsbindung im Feststoff . . . . .	145
3.7.2	Die feuchte Luft . . . . .	146
3.7.3	Der Trocknungsverlauf . . . . .	146
3.7.4	Klärschlamm-trocknung als Beispiel aus der Umwelttechnik	148
3.8	Extraktion/Absorption . . . . .	151
3.8.1	Fest-flüssig-Extraktion . . . . .	151
3.8.2	Flüssig-flüssig-Extraktion . . . . .	151
3.8.3	Gasförmig-flüssig-Extraktion . . . . .	153
3.8.4	Absorbentypen zur Gaswaschung in der Umwelttechnik	155
3.9	Adsorption . . . . .	156
3.10	Kristallisation . . . . .	157
3.10.1	Kristallisatoren . . . . .	158
3.10.2	Kristallisation in der Umwelttechnik . . . . .	159
4	Einheiten . . . . .	161
5	Kennzahlen . . . . .	165
6	Chemische Formeln . . . . .	167
7	Literatur . . . . .	169
8	Stichwortverzeichnis . . . . .	171