

Kamprath-Reihe

Dipl.-Ing.
Werner Hemming

Dipl.-Ing.
Walter Wagner

Verfahrenstechnik

9., korrigierte Auflage

Vogel Buchverlag

Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung 9
- 1.1. Wesen und Aufgaben der Verfahrenstechnik 9
- 1.2. Apparat, Anlage, Verfahren 10
- 1.3. Grundverfahren 11
- 1.4. Lagern 12
- 1.5. Fördern 13
- 1.5.1. Rohrleitungen und Armaturen 13
- 1.5.2. Feststoffförderung 14
- 1.5.3. Flüssigkeitsförderung 17
- 1.5.4. Gasförderung 20
- 1.6. Messen, Steuern und Regeln 21
- 1.7. Energieerzeugung und Energieversorgung 24
- 2. Mechanische Verfahren zur Oberflächenvergrößerung 25
- 2.1. Zerkleinern von Feststoffen 25
- 2.1.1. Bruchvorgang 26
- 2.1.2. Zerkleinerungsarbeit 28
- 2.1.3. Zerkleinerungsmaschinen 29
- 2.2. Flüssigkeitserteilung 36
- 2.2.1. Berieselung 36
- 2.2.2. Zerstäubung 38
- 2.2.3. Zerspritzen 40
- 3. Mechanische Flüssigkeitsabtrennung 41
- 3.1. Disperse Systeme 42
- 3.2. Sedimentation 43
- 3.2.1. Schwerkraftsedimentation 43
- 3.2.1.1. Absetzgeschwindigkeit 43
- 3.2.1.2. Apparate für die Schwerkraftsedimentation 45
- 3.2.2. Fliehkraftsedimentation 47
- 3.2.2.1. Schleuderschwindigkeit und Absetzgeschwindigkeit 48
- 3.2.2.2. Vollmantelzentrifugen 48
- 3.2.2.3. Tellerzentrifugen 52
- 3.2.2.4. Hydrozyklon 53
- 3.2.3. Flockung und Flockungsmittel 57
- 3.3. Filtration 57
- 3.3.1. Filtration und Filtermittel 57
- 3.3.2. Physikalische Grundlagen der Filtration 58
- 3.3.3. Filterapparate 60

- 3.3.4. Filterzentrifugen 63
- 3.3.5. Bogensieb 64
- 3.3.6. Auswaschen des Filterkuchens 64
- 3.4. Trennung von Emulsionen 65
- 3.4.1. Emulsionstrennung in der Tellerzentrifuge 65
- 3.4.2. Sonstige Emulsionstrennverfahren 65
- 3.5. Membranfiltration 68
- 3.6. Auspressen von Flüssigkeiten (Scheidepressen) 70
- 4. Mechanische Zerlegung von Feststoffgemischen 71
- 4.1. Klassieren 71
- 4.1.1. Trenngradkurve, Trenngrenze, Trennschärfe 72
- 4.1.2. Siebklassieren (Sieben) 74
- 4.1.3. Sichten 76
- 4.1.4. Stromklassieren (Hydroklassieren) 77
- 4.2. Sortieren 79
- 4.2.1. Dichtesortieren 79
- 4.2.2. Magnetsortieren und Elektrosortieren 81
- 4.2.3. Flotieren 81
- 4.3. Körnungsanalyse 83
- 4.3.1. Korngrößenbestimmung 83
- 4.3.2. Körnungskennlinien 84
- 4.3.3. RRSB-Verteilungsfunktion 84
- 4.3.4. Bestimmung der spezifischen Oberfläche 87
- 5. Verfahren der Gasreinigung 89
- 5.1. Entstaubung 90
- 5.1.1. Abscheidegrade 90
- 5.1.2. Schwerkraftabscheidung 92
- 5.1.3. Fliehkraftabscheidung 93
- 5.1.3.1. Abscheidung im Zyklon 93
- 5.1.3.2. Abscheidung im Drehströmungsentstauber 96
- 5.1.4. Waschabscheidung 96
- 5.1.4.1. Abscheidung an Flüssigkeitstropfen 96
- 5.1.4.2. Naßentstauber 97
- 5.1.5. Filtrationsabscheidung 98
- 5.1.6. Elektroabscheidung 99

- 5.1.6.1. Physikalische Grundlagen
- 5.1.6.2. Elektroabscheider (Elektrofilter)
- 5.1.7. Biofiltration
- 5.2. Gasreinigung durch Adsorption
- 5.3. Gasreinigung durch Absorption
- 5.4. Katalytische Gasreinigung
- 5.5. Tropfenabscheidung
- 6. Mechanische Verfahren zur Stoffvereinigung
- 6.1. Mischen
- 6.1.1. Rühren
- 6.1.1.1. Physikalische Grundlagen
- 6.1.1.2. Rührwerksanlagen
- 6.1.2. Kneten
- 6.1.2.1. Physikalische Grundlagen
- 6.1.2.2. Knetapparate
- 6.1.3. Trockenmischen
- 6.1.3.1. Grundlagen
- 6.1.3.2. Geräte zum Trockenmischen
- 6.1.4. Statisches Mischen
- 6.2. Verfahren zur Kornvereinigung
- 6.2.1. Agglomerieren
- 6.2.1.1. Aufbaugranulieren (Flockung)
- 6.2.1.2. Sintern
- 6.2.2. Formpressen
- 6.3. Dosieren von Feststoffen
- 7. Fluidisieren und Vertikaltransporttechnik
- 7.1. Schüttgutverhalten in Vertikaltransportanlagen
- 7.2. Berechnung der Wirbelstromabscheider
- 7.3. Wirbelschichttechnik
- 8. Wärmeübertragung
- 8.1. Arten der Wärmeübertragung
- 8.1.1. Wärmeleitung
- 8.1.2. Wärmeübertragung durch Konvektion
- 8.1.3. Wärmeübertragung durch Strahlung
- 8.1.4. Wärmeübertragung durch Aggregatzustandsänderung
- 8.2. Wärmedurchgangskoeffizient
- 8.3. Wärmeübertragungsgleichungen
- 8.4. Wärmeaustauscher
- 8.4.1. Auslegung von Wärmeaustauschern
- 8.4.2. Wärmeaustauscherarten
- 8.4.3. Berücksichtigung der Strahlung

5.1.6.1. Physikalische Grundlagen	99	9. Thermische Verfahren zur Feststoffabtrennung	141
5.1.6.2. Elektroabscheider (Elektrofilter)	100	9.1. Trocknen	141
5.1.7. Biofiltration	102	9.1.1. Physikalische Grundlagen	141
5.2. Gasreinigung durch Adsorption ..	102	9.1.2. Trocknungsverfahren	142
5.3. Gasreinigung durch Adsorption ..	105	9.1.3. Trocknerbauarten	143
5.4. Katalytische Gasreinigung.	106	9.2. Eindampfen und Kristallisieren ..	144
5.5. Tropfenabscheidung aus Gasen ..	107	9.2.1. Verdampfung	144
6. Mechanische Verfahren zur Stoffvereini-	108	9.2.2. Verdampferbauarten	145
gung	108	9.2.3. Kristallisation	146
6.1. Mischen	108	9.2.4. Aussalzen und Fälln	147
6.1.1. Rühren	108	9.3. Sublimieren	148
6.1.1.1. Physikalische Grundlagen	108	9.4. Extrahieren von Feststoffen (Aus-	148
6.1.1.2. Rührwerksanlagen	111	laugen)	
6.1.2. Kneten	113	9.5. Stoffübergang beim Auslaugen und	150
6.1.2.1. Physikalische Grundlagen	113	Lösen	
6.1.2.2. Knetapparate	114	10. Thermische Trennverfahren	151
6.1.3. Trockenmischen	115	10.1. Destillation	151
6.1.3.1. Grundlagen	115	10.1.1. Siedegleichgewicht und Gleichge-	151
6.1.3.2. Geräte zum Trockenmischen	117	wichtskurve	
6.1.4. Statisches Mischen	119	10.1.2. Destillationsverfahren	152
6.2. Verfahren zur Kornvergrößerung	120	10.2. Rektifikation	154
6.2.1. Agglomerieren	121	10.2.1. Wärme- und Stoffaustausch	154
6.2.1.1. Aufbaugranulieren (Pelletisieren)	121	10.2.2. Anzahl der theoretischen Stufen	155
6.2.1.2. Sintern	122	10.2.3. Bauarten von Rektifizierkolonnen	157
6.2.2. Formpressen	122	Auslegung von Rektifizierkolonnen	158
6.3. Dosieren von Feststoffen	124	10.3. Flüssig-Flüssig-Extraktion (Sol-	161
7. Fluidisieren und Wirbelschicht-	125	ventextraktion)	
technik	125	10.3.1. Physikalische Grundlagen	161
7.1. Schüttgutverhalten in fluiden Me-	125	10.3.2. Massenbilanz, Stufenzahl	162
dien		10.3.3. Extraktionsapparate	165
7.2. Berechnung der Wirbelschichtgrö-	126	10.4. Sorption, Adsorption	166
ßen		11. Diffusionstrennverfahren	168
7.3. Wirbelschichttechnik	127	12. Chemische Reaktionsverfahren ..	170
8. Wärmeübertragung	131	12.1. Reaktionssysteme und Reaktionsap-	170
8.1. Arten der Wärmeübertragung ..	131	parate	
8.1.1. Wärmeleitung	131	12.2. Chemische Grundverfahren	174
8.1.2. Wärmeübertragung durch Kon-	131	12.3. Biotechnologische Verfahren	174
vektion		12.3.1. Biotechnologie, Prinzip und An-	174
8.1.3. Wärmeübertragung bei Änderung	133	wendung	
des Aggregatzustands		12.3.2. Fermentation	176
8.1.4. Wärmeübertragung durch Strah-	133	12.3.3. Sterilisation und Reinheit	178
lung		12.3.4. Aufarbeitung der Bioprodukte	178
8.2. Wärmedurchgang	134	13. Fließbilder verfahrenstechni-	180
8.3. Wärmeübertragungsmittel	135	cher Anlagen	180
8.4. Wärmeaustauscher	135	13.1. Grundfließbild	180
8.4.1. Auslegung von Wärmeaustau-	135	13.2. Verfahrensfließbild	180
schern		13.3. Rohrleitungs- und Instrumenten-	181
8.4.2. Wärmeaustauscherbauarten	136	Fließbild	
8.4.3. Berücksichtigung der Verschmut-	139		
zung			

14.	Prozeßleittechnik	188
14.1.	Allgemeines	188
14.2.	Gerätetechnik	190
14.3.	Prozeßnahe Komponenten.	192
14.3.1.	Aufbau, Signalverarbeitung	192
14.3.2.	Software, Konfigurierung, Para- metrierung	194
14.4.	Bussysteme und Buskomponenten	197
14.4.1.	Allgemeines	
14.4.2.	Feldbus	
14.5.	Prozeßrechner	198
14.6.	Beobachten und Bedienen eines PLS	198
14.6.1.	Hardware- und Softwareaufbau ..	198
14.6.2.	Prozeßdarstellung	199
14.6.3.	Prozeßbedienung	200
	Literaturverzeichnis	202
	Stichwortverzeichnis	203

1. Einleitung

1.1. Wesen und Auf«

Die Verfahrenstechnik ist eine selbstgenügsam genieurwissenschaft, die sich mit allen ^ befaßt, bei denen Stoffe hinsichtlich Z Setzung, Eigenschaften oder Stoffart werden.

Hinsichtlich ihrer Anwendungsgebiete Verfahrenstechnik ein interdisziplinäres Gebiet. Wichtige Bereiche verfahrenstechnischer Anwendung sind: Chemische Technik, Lebensmittelwesen und NE-Metallurgie, Nahrungsmittelindustrie, Stein- und Erdenindustrie, Umwelttechnik, Biotechnik, Mikroelektronik. Eng verbunden mit der Verfahrenstechnik ist der Apparatebau.

Die Verfahrenstechnik ist ebenso wie die Maschinenbau- und Energietechnik ein Teil der Fertigungstechnik. Ziel der Fertigungstechnik ist die Formänderung, Ziel der Energietechnik die Energieumwandlung und Ziel der Verfahrenstechnik ist die Stoffänderung.

Verfahrenstechnik ist Stoffumwandlungstechnik

Die Stoffumwandlung kann erfolgen

1. Änderung der Zusammensetzung von Suspensionen durch Filtrieren oder Abscheiden durch Destillieren.
2. Änderung der Eigenschaften, z.B. Viskosität eines Produktes durch Trennung der Korngröße durch Zerkleinern
3. Änderung der Stoffart, z.B. von Gasen durch chemische Reaktion oder von Elementen durch Kernumwandlung

Zusammensetzung und Eigenschaften der Stoffe werden durch physikalische Verfahren verändert. Die Stoffart kann nur durch chemische oder nukleare Reaktionen umgewandelt werden. Man gliedert die Verfahrenstechnik daher in physikalische, chemische und nukleare Verfahrenstechnik (Kernverfahrenstechnik).

Es ist üblich, die physikalische Verfahrenstechnik in eine mechanische und eine Verfahrenstechnik zu unterteilen. Bei