

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung

1.1.	Stellung des Lehrgebietes in der Ausbildung	13
1.2.	Inhaltsschwerpunkte des Buches	13
1.3.	Grundlegende Gesetze und Prinzipien der Verfahrenstechnik	15
1.3.1.	Gesetze von der Erhaltung der Masse und der Energie	16
1.3.2.	Gesetze vom Gleichgewicht der Systeme	17
1.3.3.	Gesetze der Übertragung und das Prinzip der Triebkraft	18
1.3.4.	Prinzip der Optimierung des Prozeßverlaufs	19
1.3.4.1.	Kontinuität des Prozesses	20
1.3.4.2.	Richtungsbezug sich austauschender Ströme	20
1.3.4.3.	Erneuerung der Phasenkontaktflächen	21
1.3.4.4.	Stufenweise Nutzung von Wärmeträgern	21
1.3.5.	Gesetze der Maßstabsübertragung und Modellierung	21

Zu empfehlende Literatur

2. Allgemeiner Teil

2.1.	Grundlegende physikalische Eigenschaften	22
2.1.1.	Allgemeine Einführung	22
2.1.2.	Besonderheiten einiger physikalischer Eigenschaften der Lebensmittelstoffe	24
2.1.2.1.	Dichte	24
2.1.2.2.	Viskosität	26
2.1.2.3.	Wärmeleitung	28
2.1.2.4.	Spezifische Wärmekapazität	28
2.1.2.5.	Temperaturleitfähigkeit	30
2.1.2.6.	Oberflächenspannung	31

Zu empfehlende Literatur

2.2.	Modellierungsmethode zur Untersuchung und Berechnung von Prozessen und Apparaten der Lebensmittelproduktion	32
2.2.1.	Vorbemerkungen	32
2.2.2.	Methoden der Modellierung	32
2.2.3.	Grundtheoreme der Ähnlichkeit	36
2.2.3.1.	Erstes Ähnlichkeitstheorem	37
2.2.3.2.	Zweites Ähnlichkeitstheorem	40
2.2.3.3.	Drittes Ähnlichkeitstheorem	42
2.2.3.4.	Grundregeln der Modellierung	43
2.2.3.5.	Einige wichtige Ähnlichkeitskriterien	45
2.2.3.6.	Regeln der Anwendung verallgemeinerter Gleichungen	47

Zu empfehlende Literatur

2.3.	Grundlagen des rationellen Apparatebaus	49
------	---	----

2.3.1.	Forderungen an die Apparate	49
2.3.1.1.	Technologische Forderungen	49
2.3.1.1.1.	Funktionsbezogenheit des Apparates	49
2.3.1.1.2.	Hohe Arbeitsintensität des Apparates	50
2.3.1.1.3.	Beständigkeit des Apparatwerkstoffes gegen Korrosion	50
2.3.1.1.4.	Geringer Energieverbrauch	50
2.3.1.1.5.	Zugänglichkeit für Besichtigung, Reinigung und Reparatur	50
2.3.1.2.	Forderungen der Sicherheitstechnik, Ergonomie	50
2.3.1.3.	Konstruktive und ästhetische Forderungen	51
2.3.1.4.	Ökonomische Forderungen, Hinweise zur Optimierung bei der Projektierung	52
2.3.2.	Werkstoffe zur Herstellung von Apparaten und ihre Auswahl	52
2.3.2.1.	Chemische Beständigkeit der Werkstoffe	53
2.3.2.2.	Schutz von Metallen gegen Korrosion durch Schutzschichten, Imprägnierung	54
2.3.2.3.	Elektrochemischer Schutz der Metalle	55

Zu empfehlende Literatur

3. Mechanische und hydraulische Prozesse

3.1.	Zerkleinerung	57
3.1.1.	Klassifizierung der Zerkleinerungsverfahren	57
3.1.2.	Zerkleinerungstheorie	58
3.1.3.	Allgemeine Anforderungen an die Zerkleinerung	60
3.1.4.	Aufbau und Arbeitsweise der Haupttypen von Zerkleinerungsmaschinen	60
3.1.4.1.	Backenbrecher	62
3.1.4.2.	Walzenzerkleinerungsmaschinen	64
3.1.4.3.	Hammermühlen	66
3.1.4.4.	Scheibenmühlen	67
3.1.4.5.	Kugelmühlen	68
3.1.4.6.	Strahlmühlen	69
3.1.4.7.	Kolloidmühlen	70
3.1.5.	Schneiden	71

Zu empfehlende Literatur

3.2.	Sortierung (Klassifizierung)	74
3.2.1.	Trennung der Teilchen nach Größe und Form (Sieben)	74
3.2.1.1.	Siebe	74
3.2.1.2.	Siebanalyse	76
3.2.1.3.	Wirkungsgrad eines Siebes	77
3.2.1.4.	Klassifizierung der Siebmaschinen	77
3.2.1.5.	Triebre	78
3.2.2.	Trennung nach der Sinkgeschwindigkeit der Teilchen	79
3.2.3.	Magnetseparatoren	79
3.2.3.1.	Separatoren mit Permanentmagneten	80
3.2.3.2.	Separatoren mit Elektromagneten	80
3.2.4.	Sonstige Trennmethode	81

Zu empfehlende Literatur

3.3.	Druckbehandlung von Materialien der Lebensmittelproduktion (Pressen)	82
3.3.1.	Theoretische Ansätze der Druckbehandlung	83
3.3.1.1.	Abpressen von Flüssigkeiten	83
3.3.1.2.	Formen plastischer Materialien	85
3.3.1.3.	Pressen (Brikettieren)	86
3.3.2.	Maschinen für Druckbehandlung	88
3.3.2.1.	Pressen zum Abtrennen von Flüssigkeiten und hydraulische Pressen	89
3.3.2.2.	Pressen zum Formen plastischer Massen	91
3.3.2.3.	Pressende (brikettierende) Maschinen	94

Zu empfehlende Literatur

3.4.	Mischen	95
3.4.1.	Mischen im flüssigen Medium	95
3.4.1.1.	Mechanisches Mischen	95
3.4.1.2.	Strömungsmischen	103
3.4.1.3.	Pneumatisches Mischen	104
3.4.1.4.	Bewertung der Effektivität des Mischens	105
3.4.2.	Mischen von Schüttgütern	106
3.4.3.	Mischen von plastischen Massen	108

Zu empfehlende Literatur

3.5.	Trennen inhomogener Systeme	109
3.5.1.	Prozesse, bei denen sich disperse Systeme bilden	109
3.5.1.1.	Mechanische Prozesse	109
3.5.1.2.	Wärmeprozesse	109
3.5.1.3.	Chemische Prozesse	109
3.5.1.4.	Diffusionsprozesse	110
3.5.1.5.	Biologische Prozesse	110
3.5.2.	Klassifizierung der dispersen Systeme	110
3.5.3.	Methoden zur Trennung disperser Systeme	111
3.5.4.	Abscheidegrad	113

Zu empfehlende Literatur

3.6.	Absetzen (unter dem Einfluß von Kraftfeldern)	114
3.6.1.	Absetzen im Gravitationsfeld (Sedimentieren)	114
3.6.1.1.	Ableitung der Grundgleichungen	114
3.6.1.2.	Der Einfluß der Teilchenform und der Konzentration der Suspension	118
3.6.1.3.	Periodisch arbeitende Absetzer	119
3.6.1.4.	Halbkontinuierlich arbeitende Absetzer	120
3.6.1.5.	Kontinuierlich arbeitende Absetzer	122
3.6.2.	Absetzen im Zentrifugalfeld	126
3.6.2.1.	Grundlegende Gesetzmäßigkeiten des Absetzens im Zentrifugalfeld	126
3.6.2.2.	Absetzzentrifugen	131
3.6.2.3.	Tellerseparatoren	132
3.6.3.	Zyklone	135
3.6.3.1.	Wirkungsweise	135
3.6.3.2.	Aerozyklone	136
3.6.3.3.	Hydrozyklone	139
3.6.4.	Elektrosedimentation	142
3.6.4.1.	Allgemeine Voraussetzungen	142
3.6.4.2.	Physikalische Grundlagen der Elektrosedimentation	144
3.6.4.3.	Arbeitsweise eines Elektrofilters	145
3.6.4.4.	Berechnung von Elektrofiltern	147

Zu empfehlende Literatur

3.7.	Filtration	148
3.7.1.	Einteilung der Filtrationsprozesse	148
3.7.2.	Theorie der Filtration mit Filterkuchenbildung	149
3.7.3.	Filtrationsregime	153
3.7.3.1.	Filtration bei konstantem Druck	153
3.7.3.2.	Filtration mit konstanter Filtrationsgeschwindigkeit	155
3.7.4.	Grundlagen der Filtration ohne Filterkuchenbildung (Verstopfungsfiltration)	157
3.7.5.	Filterapparate	159
3.7.5.1.	Filterapparate mit diskontinuierlicher Betriebsweise	159
3.7.5.2.	Kontinuierlich arbeitende Filterapparate	164
3.7.6.	Berechnung von Filtern	168
3.7.7.	Zentrifugalfiltration	168
3.7.7.1.	Mechanismus der Zentrifugalfiltration	168
3.7.7.2.	Filterzentrifugen mit periodischer und kontinuierlicher Betriebsweise	170

3.7.7.3.	Bestimmung der Antriebsleistung von Filterzentrifugen	171
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
3.8.	Fragen der angewandten Strömungstechnik	176
3.8.1.	Strömungsstruktur in kontinuierlichen Apparaten	176
3.8.2.	Hydrodynamik der Wechselwirkungen zwischen Gas (Dampf) und Flüssigkeit	177
3.8.2.1.	Fließen von Flüssigkeitsfilmen (Prozeßmechanismus)	178
3.8.2.2.	Fließen von Flüssigkeit und Gas durch Füllkörperschüttungen	179
3.8.2.3.	Hydraulischer Widerstand von Füllkörperschichten	183
3.8.2.4.	Versprühen von Flüssigkeiten	184
3.8.2.5.	Pneumatisches Rühren	186
3.8.2.6.	Fließen zweiphasiger Systeme in Kanälen	189
3.8.3.	Wirbelschicht	190
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	

4. Wärmeübertragungsprozesse

4.1.	Grundlagen der Wärmeübertragung in Lebensmittelapparaten	192
4.1.1.	Allgemeines	192
4.1.2.	Grundlegende Gleichungen für die Wärmeübertragung	194
4.1.3.	Verteilung des gesamten thermischen Widerstandes	198
4.1.4.	Berechnung der Wärmeträgertemperaturen und der mittleren treibenden Temperaturdifferenz	200
4.1.5.	Bestimmung von Wärmeübergangskoeffizienten	202
4.1.6.	Berechnung von Wärmedurchgangskoeffizienten	208
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
4.2.	Vorwärmer und Kühler in der Lebensmittelindustrie	212
4.2.1.	Beschreibung und Einsatz der Apparate	212
4.2.2.	Auswahl der Ausführungsform von Wärmeübertragern	218
4.2.3.	Grundlagen für die Berechnung von Oberflächen-Wärmeübertragern	220
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
4.3.	Eindampfen	231
4.3.1.	Eindampfprozeß	231
4.3.2.	Grundlagen der Prozeßtheorie von Verdampferanlagen	239
4.3.3.	Wärmetechnische Berechnung	254
4.3.4.	Apparatetypen und Auswahl von Verdampferanlagen	260
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
4.4.	Kondensation	266
4.4.1.	Allgemeines	266
4.4.2.	Oberflächenkondensatoren	266
4.4.3.	Mischkondensatoren	271
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	

5. Stoffübergangsprozesse

5.1.	Grundlagen der Stoffübertragung	279
5.1.1.	Einteilung der Stoffübergangsprozesse	279
5.1.2.	Möglichkeiten für die Angabe der Phasenzusammensetzung	285
5.1.3.	Phasengleichgewicht	286
5.1.4.	Stoffbilanz für den Stoffübergangsprozeß	288
5.1.5.	Der Mechanismus der Stoffübertragung	290
5.1.6.	Molekulare Diffusion	291
5.1.7.	Stoffübergang	293
5.1.8.	Stoffübertragung in einem System ohne Feststoff	294

5.1.9.	Stoffübertragung in Systemen mit einer festen Phase	300
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
5.2.	Trocknung und Befeuchtung von Gasen	304
5.2.1.	Zustandsgrößen feuchter Luft	304
5.2.2.	Zustandsdiagramm für feuchte Luft nach L. K. Ramzin	308
5.2.3.	Darstellung einfacher Zustandsänderungen feuchter Luft	311
5.2.4.	Wärmeübergang zwischen Wasser und feuchter Luft	313
5.2.5.	Wärme- und Stoffübergang in Wärmeübertragern mit direktem Kontakt zwischen Luft und Wasser	316
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
5.3.	Trocknung fester Stoffe	320
5.3.1.	Entfeuchtungsmethoden	320
5.3.2.	Allgemeine Merkmale des Trocknungsprozesses	320
5.3.3.	Bedeutung des Trocknungsprozesses für die Lebensmittelindustrie	321
5.3.4.	Feuchte Stoffe	321
5.3.5.	Kinetik der Trocknung	324
5.3.6.	Grundlagen für die Berechnung von Trocknern	330
5.3.7.	Varianten des Trocknungsprozesses	335
5.3.8.	Ausführung von Trocknern	338
5.3.9.	Spezielle Trocknungsarten	345
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
5.4.	Sorptionsprozeß	349
5.4.1.	Grundlagen	349
5.4.2.	Absorptionsprozeß	350
5.4.3.	Absorber	356
5.4.4.	Adsorptionsprozeß	361
5.4.5.	Adsorber	365
5.4.6.	Regeneration des Adsorptionsmittels	367
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
5.5.	Destillation	367
5.5.1.	Grundlagen der Destillationstheorie	368
5.5.2.	Einfache offene Destillation	373
5.5.3.	Gleichgewichtsdestillation	378
5.5.4.	Mehrfache Destillation	380
5.5.5.	Analyse der Arbeit von Rektifikationsanlagen	390
5.5.6.	Stoff- und Wärmebilanzen der Rektifikationsanlagen	393
5.4.7.	Konstruktionen von Rektifikationsanlagen	395
5.5.8.	Prinzipschemata der Rektifikation von Mehrstoffgemischen	402
5.5.9.	Rektifikationsanlagen mit mehrfacher Ausnutzung der Wärme des Sekundärdampfes	404
5.5.10.	Molekulardestillation	406
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
5.6.	Kristallisation und Lösen	408
5.6.1.	Einführung	408
5.6.2.	Theoretische Grundlagen der Lösungskristallisation	410
5.6.3.	Technische Anlagen zur Kristallisation aus Lösungen	422
5.6.4.	Berechnungsgrundlagen für Kristallisationsanlagen	427
5.6.5.	Theoretische Grundlagen des LöSENS	432
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
5.7.	Extraktion	437
5.7.1.	Fest-Flüssig-Extraktion	437
5.7.1.1.	Physikalisches Wesen des Prozesses	437
5.7.1.2.	Faktoren, die den Diffusionswiderstand beim Stofftransport innerhalb der Feststoffteilchen bestimmen	438

5.7.1.3.	Faktoren, die den äußeren Diffusionswiderstand bestimmen	440
5.7.1.4.	Einfluß der Relativbewegung der Phasen und des Massenstromverhältnisses auf den Prozeß	441
5.7.1.5.	Prozeßberechnung	443
5.7.1.6.	Möglichkeiten zur Intensivierung des Extraktionsprozesses.	447
5.7.1.7.	Maschinen und Apparate für die Feststoffextraktion	448
5.7.2.	Flüssig-Flüssig-Extraktion	455
5.7.2.1.	Wesen des Prozesses	455
5.7.2.2.	Besonderheiten der Dreiecksdiagramme	456
5.7.2.3.	Phasengleichgewichtskurve im Dreiecksdiagramm	457
5.7.2.4.	Extraktionsmethoden	459
5.7.2.5.	Anlagen für die Flüssigkeitsextraktion	463
	<i>Zu empfehlende Literatur</i>	
	Sachwortverzeichnis	466