

Inhalt

Vorwort	5	2.4	Fehlerfortpflanzung	32
		2.4.1	Methode der oberen und unteren Grenze	32
VTG – Verfahrenstechnische Grundlagen . . .	13	2.4.2	GAUSSsche Fehlerfortpflanzung	33
		2.4.3	Lineare Fehlerfortpflanzung	33
1 Physikalische Größen und Einheitensysteme	14	2.5	Grafische Auswertung von Messdaten	34
1.1 <i>Größen und Größenarten</i>	14	2.5.1	Lineare und nichtlineare Skalen	34
1.2 <i>Größen- und Zahlenwertgleichungen</i>	16	2.5.2	Anfertigung einer grafischen Darstellung	35
1.3 <i>Zustandsgrößen und Prozessgrößen</i>	17	2.5.3	Grafische Auswertung linearer Zusammenhänge	36
1.4 <i>Zustandsfunktionen</i>	18			
1.5 <i>Gehalts- und Konzentrationsangaben</i>	19			
1.5.1 Massenanteil	20			
1.5.2 Stoffmengenanteil	20			
1.5.3 Volumenanteil	21	3	Aggregatzustände und Phasenlehre	38
1.5.4 Massenkonzentration	21	3.1	<i>Gasförmiger Zustand</i>	38
1.5.5 Stoffmengenkonzentration	21	3.1.1	Ideales Gas	38
1.5.6 Volumenkonzentration	21	3.1.2	Gasgemische	40
1.5.7 Molalität	22	3.1.3	Reale Gase	42
1.5.8 Aktivität	22	3.2	<i>Flüssiger Zustand</i>	45
1.6 <i>Umrechnungen und Mischungsrechnung</i>	22	3.2.1	Dichte und Volumenausdehnung	45
		3.2.2	Viskosität von Flüssigkeiten	47
2 Statistische Grundlagen	25	3.2.3	Oberflächenspannung	48
2.1 Fehlerarten	25	3.3	Fester Zustand	49
2.1.1 Grobe Abweichung von Messwerten	25	3.3.1	Kristallgitter und Kristallsysteme	49
2.1.2 Systematische Abweichung von Messwerten	25	3.3.2	Methoden zur Ermittlung der Festkörperstruktur	51
2.1.3 Zufällige Abweichung von Messwerten	26	3.4	Phasenumwandlung von Reinstoffen	52
2.2 <i>Darstellung von Messreihen</i>	26	3.4.1	Druck-Temperatur-Phasendiagramm	52
2.3 <i>Erfassung der Messwertabweichung</i>	29	3.4.2	CLAUSIUS-CLAPEYRON-Gleichung	54
2.3.1 Normalverteilung nach GAUSS	30	3.4.3	Regel von TROUTON	55
2.3.2 Standardabweichung	30	3.5	Binäre Phasengleichgewichte	55
2.3.3 Vertrauensbereich	31	3.6	Ternäre Phasengleichgewichte	59

8.3	<i>Heterogene Katalyse</i>	128	10.2.1	Verweilzeitspektrum und Verweilzeit-Summenfunktion	170
8.3.1	Heterogene Reaktionen mit Feststoffen	128	10.2.2	Messung der Verweilzeitverteilungen	171
8.3.2	Heterogene Reaktionen mit Fluiden	134	10.3	<i>Berechnung und Auswertung von Verweilzeitverteilungen</i>	172
8.3.3	Reaktionsablauf	135	10.3.1	Idealer kontinuierlicher Rührreaktor	172
8.4	<i>Homogene Katalyse</i>	136	10.3.2	Kaskade von kontinuierlich betriebenen idealen Rührreaktoren	173
8.4.1	Einphasige Reaktionssysteme	137	10.3.3	Laminar durchströmter Rohrreaktor	174
8.4.2	Säure- und Basenkatalyse	138	10.4	<i>Reaktoren mit realem Verhalten</i>	175
8.4.3	Enzymkatalytische Reaktionen	140	10.4.1	Dispersionsmodell	175
8.4.4	Reversible Hemmung von Enzymen	143	10.4.2	Kaskadenmodell	178
9	<i>Ideale Reaktoren</i>	146	10.4.3	Berechnungsbeispiele	179
9.1	<i>Klassifizierung von Reaktoren</i>	146	MVT – Mechanische Verfahrenstechnik – Grundoperationen	183	
9.1.1	Allgemeine Betriebsformen ..	146	11	<i>Charakterisierung von Partikeln und dispersen Systemen</i>	184
9.1.2	Vermischung im Reaktor ..	147	11.1	<i>Grundlagen</i>	184
9.1.3	Wärmetechnische Betriebsformen ..	148	11.2	<i>Partikelgrößen und Merkmale</i>	185
9.1.4	Grundtypen chemischer Reaktoren	150	11.3	<i>Kenngrößen einer Verteilung</i>	187
9.1.5	Stoff- und Wärmebilanzen ..	151	11.3.1	Verteilungssumme	187
9.2	<i>Diskontinuierlich betriebener Rührkessel</i>	152	11.3.2	Verteilungsdichte	188
9.2.1	Isotherm betriebener Rührkessel	153	11.4	<i>Verteilungsgesetze</i>	190
9.2.2	Adiabat betriebener Rührkessel	154	11.4.1	Potenzverteilung nach GATES-GAUDIN-SCHUMANN	190
9.2.3	Polytrop betriebener Rührkessel	155	11.4.2	GAUSSsche Normalverteilungsfunktion	191
9.3	<i>Kontinuierliche Betriebsführung ohne Rückvermischung der Reaktionsmasse</i> ..	156	11.4.3	Logarithmische Normalverteilung	191
9.4	<i>Kontinuierliche Betriebsführung mit Rückvermischung der Reaktionsmasse</i> ..	159	11.4.4	RRSB-Verteilung	192
9.5	<i>Rührkesselkaskade</i>	161	11.4.5	Vergleich der Verteilungen und Kennwerte	193
9.5.1	Gestaltung und stoffliche Bilanzierung	162	11.5	<i>Messen einer Partikelgrößenverteilung</i> ..	194
9.5.2	Berechnung von Rührkesselkaskaden	163	12	<i>Zerteilung von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen</i>	197
9.6	<i>Vergleichende Betrachtung der Reaktoren</i>	165	12.1	<i>Grundlagen</i>	197
10	<i>Reale Reaktoren und Verweilzeitverteilungen</i>	168	12.2	<i>Zerkleinerung</i>	197
10.1	<i>Abweichungen vom idealen Verhalten</i> ..	168	12.2.1	Näherungsformeln	199
10.2	<i>Verweilzeituntersuchungen zur Charakterisierung des Vermischungsverhaltens</i>	169	12.2.2	Zerkleinerungsgrad	200

12.2.3	Bruchvorgang	200	16.2	<i>Transport von Flüssigkeiten</i>	258
12.2.4	Zerkleinerungsmaschinen ..	201	16.2.1	Verdrängungspumpen	259
12.3	<i>Flüssigkeitszerteilung</i>	203	16.2.2	Zentrifugalpumpen	260
12.3.1	Berieselung	203	16.2.3	Strahlpumpen	261
12.3.2	Zerstäubung	203	16.2.4	Berechnungen	262
12.3.3	Zerspritzung	207	16.3	<i>Transport von Gasen</i>	266
12.4	<i>Begasung</i>	207	16.3.1	Lüfter und Gebläse	266
13	Trennen disperter Systeme	210	16.3.2	Verdichter	269
13.1	<i>Grundlagen</i>	210	16.4	<i>Feststoffförderung</i>	271
13.2	<i>Absetzprozesse</i>	210	16.4.1	Gurt-, Gliederbandförderer und Becherwerke	271
13.2.1	Sedimenter	214	16.4.2	Schnecken- und Spiralförderer	272
13.2.2	Trennschärfe und Abscheidegrad	216	16.4.3	Pneumatische Förderung	273
13.2.3	Zentrifuge	218			
13.2.4	Zyklone	223			
13.2.5	Koagulation und Flokkulation	225			
13.2.6	Flotation	226			
13.3	<i>Filtrationsprozesse</i>	227			
13.3.1	Kuchenfiltration	227	17	Verdampfen und Kondensieren	278
13.3.2	Querstromfiltration	232	17.1	<i>Grundlagen</i>	278
13.3.3	Tiefenfiltration	234	17.1.1	Dampf	280
14	Mischen	236	17.1.2	Wärmeübertragung	281
14.1	<i>Grundlagen</i>	236	17.1.3	Wärmeaustauscher	283
14.2	<i>Mischen von Feststoffen</i>	238	17.2	<i>Verdampfen und Eindampfen</i>	284
14.3	<i>Statisches Mischen von Fluiden</i>	241	18	Kristallisation	288
14.4	<i>Dynamisches Mischen von Flüssigkeiten</i>	242	18.1	<i>Grundlagen</i>	288
14.4.1	Laminarer Bereich	246	18.2	<i>Berechnungen zur Kristallisation</i>	289
14.4.2	Turbulenter Bereich	246	18.3	<i>Technische Anwendung</i>	291
14.4.3	Übergangsbereich	247			
14.4.4	Rühren von nicht-NEWTON- schen Flüssigkeiten	248	19	Trocknen	293
14.4.5	Scale-up – Maßstabs- übertragung	248	19.1	<i>Grundlagen</i>	293
14.4.6	Weitere Anwendungsbereiche	249	19.2	<i>Trocknungsarten und Trocknungskurven</i>	297
15	Agglomerieren	252	19.3	<i>Bauarten von Trocknern</i>	299
15.1	<i>Grundlagen</i>	252			
15.2	<i>Einteilung der Agglomeration</i>	253	20	Destillation und Rektifikation	300
15.2.1	Aufbauagglomeration (Pelletieren)	253	20.1	<i>Grundlagen</i>	300
15.2.2	Pressagglomeration (Formpressen)	255	20.1.1	Ideales Zweistoffgemisch	300
16	Transport von Stoffen	258	20.1.2	Reales Zweistoffgemisch	306
16.1	<i>Arten der Förderung</i>	258	20.1.3	Mischungslücken	308
			20.2	<i>Destillation</i>	310
			20.2.1	Absatzweise (einfache) Destillation	310
			20.2.2	Fraktionierte Destillation	314
			20.2.3	Kontinuierliche Destillation	315

20.2.4	Trägerdampfdestillation	316	21.1.5	Wärmebilanz bei der Absorption	355
20.2.5	Vakuumdestillation	317	21.1.6	Anwendung der Absorption . .	357
20.3	<i>Rektifikation</i>	317	21.2	<i>Adsorption</i>	359
20.3.1	Grundlagen der Rektifikation	318	21.2.1	Grundlagen der Adsorption . .	359
20.3.2	Bilanzen an einer Rektifikationskolonne	321	21.2.2	Adsorptionsmittel	361
20.3.3	Wärmebedarf und Heizleistung	332	21.2.3	Beispiele einiger Adsorptionsmittel	362
20.3.4	Füllkörper- und Packungskolonnen	332	21.2.4	Mechanismen der Adsorption	364
20.3.5	Rektifikationsverfahren	334	21.2.5	Bilanzierung von Adsorbern .	371
21	Sorption	339	21.2.6	Wärmebilanz an einem Festbettadsorber	374
21.1	<i>Absorption</i>	339	21.2.7	Technische Anwendungen und Bauformen	376
21.1.1	Grundlagen der Absorption . .	339		Hinweise zur beigefügten CD	378
21.1.2	Bilanzierung und Berechnung	344		Sachwortverzeichnis	379
21.1.3	<i>NTU/HTU</i> -Konzept für die Absorption	350			
21.1.4	Kenngrößen eines Absorbers	354			