

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	<i>XI</i>
1	Ähnlichkeitstheorie und Dimensionsanalyse	1
1.1	Grundprinzipien	1
1.2	Physikalische Ähnlichkeit	4
1.3	Modelltheorie	7
1.4	Möglichkeiten der Kennzahlbestimmung	11
2	Chemische Thermodynamik	17
2.1	Grundbegriffe	17
2.1.1	Abgrenzung der chemischen Thermodynamik	17
2.1.2	Größen der chemischen Thermodynamik	19
2.1.3	Thermische Zustandsgleichung	21
2.2	Hauptsätze	25
2.2.1	Innere Energie und 1. Hauptsatz	25
2.2.2	Entropie, 2. und 3. Hauptsatz	29
2.3	Abgeleitete Zustandsgrößen und Gleichgewichtsbedingungen	32
2.4	Mischphasen und Mehrphasen-Systeme	35
2.4.1	Mischphasen	35
2.4.2	Mehrphasengleichgewichte und das Einkomponenten-System	40
2.4.3	Zweiphasen-Systeme mit mehreren Komponenten	42
2.5	Reaktionssysteme	48
2.5.1	Reaktionsenergie	48
2.5.2	Reaktionsgleichgewicht	51
2.5.3	Reaktionskinetik	54
3	Grenzflächen und Partikel	61
3.1	Thermodynamik der Grenzflächen	61
3.2	Zweiphasen-Systeme	64
3.3	Dreiphasen-Systeme	65
3.4	Partikel	66

VIII | *Inhaltsverzeichnis*

4	Fluiddynamik	73
4.1	Grundlagen	73
4.1.1	Strömungslehre und Rheologie	73
4.1.2	Differenzielle Form der Grundgleichungen	78
4.1.3	Integrale Form der Grundgleichungen	82
4.1.4	BERNOULLI'sche Gleichung	87
4.2	Laminarströmung und Turbulenz	91
4.3	Integration der Grundgleichungen	94
4.3.1	Exakte Integration	94
4.3.2	Integration bei Vernachlässigung einzelner Terme	97
4.3.3	Teilintegration durch Dimensionsanalyse	100
4.4	Einige Anwendungen der Strömungslehre	101
4.4.1	Widerstand von Körpern in Strömungen	101
4.4.2	Druckverluste in Leitungen und Apparaten	105
4.4.3	Durchflussmessungen über Druckverluste	107
4.4.4	Druckverluste in Haufwerken	110
4.4.5	Zweiphasen-Strömungen	112
4.4.5.1	Wirbelschicht	112
4.4.5.2	Blasensäulen	113
4.4.5.3	Rieselfilme	114
5	Wärmedurchgangsprozesse	119
5.1	Grundbeziehungen für den Wärmetransport	119
5.1.1	Transportmechanismen	119
5.1.2	Wärmeleitung	120
5.1.3	Konvektiver Wärmetransport	125
5.1.4	Wärmestrahlung	127
5.2	Wärmeübergang und -durchgang	129
5.2.1	Ansatz für den Wärmeübergang	129
5.2.2	Wärmeübergang an einphasige Fluide	131
5.2.2.1	Wärmeübergangszahl bei erzwungener Konvektion	131
5.2.2.2	Längsströmung bei Rohren	133
5.2.2.3	Queranströmung von Rohren	136
5.2.2.4	Strömung längs ebener oder leicht gekrümmter Flächen	137
5.2.2.5	Wärmeübergangszahl bei freier Konvektion	137
5.2.3	Wärmeübergang bei Phasenumwandlungen	140
5.2.4	Wärmedurchgang	144
5.3	Berechnung von Wärmetauschern	146
5.3.1	Kalorische Apparate	146
5.3.2	Treibendes Temperaturgefälle	149
5.3.3	Auslegung und Optimierung	157

6	Stoffaustauschprozesse	161
6.1	Grundbeziehungen für den Stoffaustausch	161
6.1.1	Transportmechanismen	161
6.1.2	Stoffübergang	165
6.1.3	Stoffdurchgang	169
6.2	Berechnung von Stoffaustauschapparaten	173
6.3	Berechnung über die Stoffdurchgangszahl	173
6.3.1	Rektifikation	176
6.3.2	Absorption und Extraktion	177
6.4	Berechnung über die Trennstufe	181
6.4.1	Grundbeziehungen	181
6.4.2	Rektifikation binärer Mischungen	184
6.4.3	Absorption und Extraktion	190
6.4.4	Vielstoffsysteme	195
6.5	Optimierung von Stoffaustauschapparaten	196
7	Technische Reaktionsführung	199
7.1	Bedeutung der technischen Reaktionsführung	199
7.2	Chemische Reaktion	201
7.2.1	Stöchiometrie	201
7.2.2	Reaktionstechnische Begriffe	202
7.2.3	Makroreaktionskinetik	204
7.3	Reaktionsapparate	206
7.4	Ideale Reaktoren	208
7.4.1	Diskontinuierlich betriebener Rührkessel	208
7.4.2	Kontinuierlich betriebener Rührkessel	209
7.4.3	Strömungsrohr	210
7.4.4	Verweilzeiten	210
7.5	Kombination und Optimierung idealer Reaktoren	212
7.6	Rückführung nicht umgesetzter Komponenten	216
7.7	Verweilzeitverteilung	217
7.7.1	Grundbegriffe	217
7.7.2	Umsatzgrad und Verweilzeitspektrum	220
7.8	Kalorische Effekte	223
7.9	Stabilität	225
8	Mathematischer Anhang	229
8.1	Koordinatennetze	229
8.1.1	Funktionsleitern und rechtwinklige Netze	229
8.1.2	Dreiecksnetz (GIBBS'sche Koordinaten)	234
8.2	Partielle Differenzialquotienten und das totale Differenzial	239
8.3	Häufigkeitsverteilungen	243
8.3.1	Relative Häufigkeit und Summenhäufigkeit	243
8.3.2	Mittel- und Streuwerte	246
8.3.3	Spezielle Häufigkeitsverteilungen	249

X | *Inhaltsverzeichnis*

9 **Lösungen der Aufgaben** 253

10 **Literatur** 293

Index 297