

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	VII
Symbolverzeichnis	XIII
1 Aufgaben der Chemischen Reaktionstechnik	1
I Grundlagen	7
2 Übersicht zu den Grundlagen	9
3 Stöchiometrie und Reaktionsfortschritt	11
3.1 Beschreibung der Zusammensetzung	12
3.2 Beschreibung des Reaktionsfortschritts	15
3.3 Behandlung komplexer Reaktionen	19
3.4 Umsatzgrad, Restanteil, Selektivität und Ausbeute	22
3.5 Matrix der stöchiometrischen Koeffizienten	24
3.6 Element-Spezies-Matrix	28
3.7 Zusammenhang zwischen Komponenten- und Elementbilanzen	31
3.8 Praktische Anwendung von Komponenten- und Elementbilanzen	33
4 Thermodynamik	37
4.1 Reaktionsenthalpien	37
4.2 Reaktionsgleichgewichte	40
4.3 Adiabatische Temperaturdifferenz	44
5 Reaktionskinetik	47
5.1 Reaktionsgeschwindigkeit	47
5.2 Irreversible Reaktionen	48
5.2.1 Reaktionsordnung	48
5.2.2 Temperatureinfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit	50

5.3	Reversible Reaktionen	51
5.4	Bestimmung kinetischer Parameter	53
6	Bilanzierung chemischer Reaktoren	57
6.1	Arten von Systemen und ihre Bilanzierung	57
6.2	Betriebsweise von Reaktoren	59
6.3	Material- und Energiebilanzen	60
6.4	Komplexe Systeme	66
6.5	Bilanzierung örtlich verteilter Systeme	69
II	Ideale einphasige Reaktoren	75
7	Übersicht zu idealen einphasigen Reaktoren	77
8	Der ideale diskontinuierlich betriebene Rührkesselreaktor	79
8.1	Material- und Energiebilanzen	80
8.2	Reaktionswiderstand und Reaktorauslegung	82
8.3	Reaktionsnetzwerke	87
8.3.1	Einfluss der Reaktionsordnung	87
8.3.2	Reversible Reaktionen	89
8.3.3	Parallelreaktionen	91
8.3.4	Folgereaktionen	93
8.4	Polytrope Reaktionsführung	97
8.5	Stabilitätsanalyse	102
9	Der ideale kontinuierliche Rührkesselreaktor	107
9.1	Material- und Energiebilanzen	108
9.2	Reaktionswiderstand und Reaktorauslegung	110
9.3	Reaktionsnetzwerke	112
9.3.1	Einfluss der Reaktionsordnung	112
9.3.2	Reversible Reaktion	113
9.3.3	Parallel- und Folgereaktionen	114
9.4	Polytrope Reaktionsführung und stationäre Stabilität	121
9.4.1	Polytrope Reaktionsführung	121
9.4.2	Stationäre Stabilität	126
9.5	Dynamische Stabilitätsanalyse	129
10	Der ideale halbkontinuierliche Rührkesselreaktor	133
10.1	Material- und Energiebilanzen	134

10.2 Beispielhafte Betrachtungen eines halbkontinuierlichen Rührkessels . . .	136
11 Der ideale Rohrreaktor	141
11.1 Material- und Energiebilanzen	141
11.2 Parametrische Sensitivität und dynamisches Verhalten	150
11.2.1 Parametrische Sensitivität	150
11.2.2 Dynamisches Verhalten	154
12 Kombination von idealen Reaktoren	157
12.1 Die ideale Rührkesselskaskade	157
12.2 Hordenreaktoren	164
12.3 Die Schlaufenreaktoranordnung	169
III Reale einphasige Reaktoren	175
13 Übersicht zu realen einphasigen Reaktoren	177
14 Nichtideales Strömungsverhalten	179
14.1 Verweilzeitverteilungen und Altersverteilung	182
14.2 Experimentelle Bestimmung der Verweilzeitverteilung	185
14.2.1 Pulsmarkierung	186
14.2.2 Sprungmarkierung	187
14.3 Verweilzeitverhalten idealer Reaktoren	187
14.3.1 Idealer Rührkesselreaktor	188
14.3.2 Idealer Rohrreaktor	188
14.4 Verweilzeitverhalten realer Reaktoren	189
14.4.1 Laminarer Rohrreaktor	190
14.4.2 Dispersionsmodell	192
14.4.3 Kaskadenmodell	195
14.4.4 Schlaufenreaktor	199
14.4.5 Compartment-Modelle	201
15 Reale einphasige Reaktoren	207
15.1 Dispersionsmodell	207
15.2 Kaskadenmodell	213
15.3 Compartment-Modell	214
15.4 Mischungsverhalten auf der Mikroskala	216
15.4.1 Intensität und Zeitpunkt der Mikromischung	217
15.4.2 Rührkesselreaktor mit vollständiger Segregation	221

15.4.3 Vollständig segregierter laminarer Rohrreaktor	223
IV Mehrphasige Reaktoren	225
16 Übersicht zu mehrphasigen Reaktoren	227
17 Heterogenkatalytische Reaktionen	231
17.1 Grundbegriffe	231
17.2 Mikroskala bzw. Mikrokinetik	232
17.3 Mesoskala bzw. Makrokinetik	237
17.3.1 Dimensionsbehaftete Material- und Energiebilanzen	237
17.3.2 Dimensionslose Material- und Energiebilanzen	242
17.3.3 Der Katalysatorwirkungsgrad	245
17.3.4 Der vereinfachte isotherme, stationäre Grenzfall	246
17.3.5 Stationäre Stabilität im polytropen Fall	253
17.3.6 Praktische Aspekte	254
17.4 Makroskala bzw. Reaktorskala	256
17.4.1 Dimensionsbehaftete Material- und Energiebilanzen	256
17.4.2 Dimensionslose Material- und Energiebilanzen	259
18 Nicht-katalytische Fluid-Fluid-Reaktionen	265
18.1 Grundbegriffe	265
18.2 Mesoskala bzw. Makrokinetik	267
18.2.1 Dimensionsbehaftete Material- und Energiebilanzen	267
18.2.2 Dimensionslose Material- und Energiebilanzen	268
18.2.3 Grenzfälle für Reaktionen 1. Ordnung	270
18.2.4 Grenzfall momentane Reaktion	276
18.3 Makroskala bzw. Reaktorskala	280
18.3.1 Dimensionsbehaftete Material- und Energiebilanzen	280
18.3.2 Dimensionslose Material- und Energiebilanzen	283
19 Nicht-katalytische Fluid-Feststoff-Reaktionen	291
19.1 Grundbegriffe	291
19.2 Mesoskala bzw. Makrokinetik	294
19.2.1 Dimensionsbehaftete Material- und Energiebilanzen	294
19.2.2 Dimensionslose Material- und Energiebilanzen	298
19.2.3 Vorgehen bei der Berechnung des Reaktionsfortschritts	300
19.2.4 Der vereinfachte isotherme, stationäre Fall	304

19.2.5 Betrachtung nichtsphärischer Geometrien	310
19.2.6 Das stationäre Modell des schrumpfenden Partikels	312
19.3 Makroskala bzw. Reaktorskala	316
19.3.1 Dimensionsbehaftete Material- und Energiebilanzen	317
19.3.2 Dimensionslose Material- und Energiebilanzen	318
19.3.3 Der vereinfachte isotherme Grenzfall	320
Literaturverzeichnis	323
Stichwortverzeichnis	329