

Inhalt

Liste der Aufgaben	9
Symbolverzeichnis	11
1 Grundlagen der Bilanzierung	15
1.1 Erhaltungssätze	17
1.2 Allgemeine Bilanzgleichung	18
1.3 Integrale und differentielle Bilanzen	21
1.4 Modelle idealer Apparate	21
1.5 Herangehensweise an Bilanzierungsaufgaben	23
1.6 Merksätze	27
2 Gesamtmassenbilanzen	29
2.1 Herangehensweise	31
2.2 Merksätze	32
2.3 Aufgaben	32
2.3.1 Stationäre Bilanzen	32
2.3.2 Instationäre Bilanzen	39
3 Einzelstoffbilanzen	43
3.1 Herangehensweise	45
3.2 Merksätze	50
3.3 Aufgaben	51
3.3.1 Stationäre Bilanzen	51
3.3.2 Instationäre Bilanzen	66
4 Energiebilanzen	75
4.1 Herangehensweise	76
4.1.1 Zu- und Abströme	78
4.1.2 Wandlung	83
4.2 Merksätze	86
4.3 Aufgaben	86
4.3.1 Stationäre Bilanzen	86
4.3.2 Instationäre Bilanzen	97

5	Verknüpfte Bilanzen	101
5.1	Herangehensweise	102
5.2	Merksätze	104
5.3	Aufgaben	105
5.3.1	Mehrere Einzelstoffbilanzen	105
5.3.2	Einzelstoff- und Energiebilanzen	109
5.3.3	Bilanzen und thermodynamische Gleichungen	115
6	Numerische Simulation	119
6.1	Prozesssimulation	120
6.1.1	Mathematisches Modell	121
6.1.2	Numerische Lösung	123
6.2	CFD	124
6.2.1	Mathematisches Modell	125
6.2.2	Diskretisierung und numerische Lösung	128
6.3	Merksätze	130
7	Hilfsmittel	131
7.1	Begriffe	131
7.2	Referenzzustände	133
7.3	Mathematische Werkzeuge	133
	Literatur	135
	Index	137

Liste der Aufgaben

Aufgabe 2.1:	Ideal gemischter Rührkessel – Volumenstrom.....	32
Aufgabe 2.2:	Rektifikation.....	33
Aufgabe 2.3:	T-Mischer.....	34
Aufgabe 2.4:	Mischer mit Entgasung.....	35
Aufgabe 2.5:	Meersalzgewinnung.....	36
Aufgabe 2.6:	Reaktor mit Abscheider.....	37
Aufgabe 2.7:	Abwasserreinigung eines Kraftwerks.....	38
Aufgabe 2.8:	Mischung im Klärwerk.....	38
Aufgabe 2.9:	Herstellung schwefliger Säure.....	39
Aufgabe 2.10:	Belüfteter Fermenter.....	41
Aufgabe 3.1:	Ideal gemischter Rührkessel – Konzentration.....	51
Aufgabe 3.2:	Fällung von Bariumsulfat.....	53
Aufgabe 3.3:	Ammoniaksynthese.....	56
Aufgabe 3.4:	Entschwefelung von Erdöl.....	58
Aufgabe 3.5:	Reaktor mit vollständigem Umsatz.....	58
Aufgabe 3.6:	Heizung einer Hütte.....	59
Aufgabe 3.7:	Schwefelwasserstoff-Verbrennung.....	60
Aufgabe 3.8:	Reaktor mit Parallelreaktionen.....	60
Aufgabe 3.9:	Reaktion und Inhibition.....	62
Aufgabe 3.10:	Methanverbrennung in einem Kraftwerk.....	63
Aufgabe 3.11:	Reaktor mit nachgeschalteter Rektifikation.....	63
Aufgabe 3.12:	Fermentation von Glukose.....	64
Aufgabe 3.13:	Rührkesselkaskade.....	65
Aufgabe 3.14:	Spaltung von Saccharose.....	66
Aufgabe 3.15:	Reaktionszeit im Batch-Reaktor.....	66
Aufgabe 3.16:	Berechnung der Geschwindigkeitskonstanten.....	68
Aufgabe 3.17:	Spaltung von Cellobiose.....	68
Aufgabe 3.18:	Dimerisierung von Essigsäure.....	69
Aufgabe 3.19:	Halbierung der Konzentration.....	69
Aufgabe 3.20:	Spülen eines Reaktors.....	70
Aufgabe 3.21:	Umsatz im Batch-Reaktor.....	70
Aufgabe 3.22:	Dioxanherstellung.....	71

Aufgabe 3.23:	Weingärung	71
Aufgabe 3.24:	Milchsäuregärung	72
Aufgabe 3.25:	Sterilisation von Milch	72
Aufgabe 3.26:	Wirbelschicht und Festbettreaktor	73
Aufgabe 4.1:	Rohrleitung zwischen zwei Apparaten	86
Aufgabe 4.2:	Reaktor mit Kühlmantel	87
Aufgabe 4.3:	Crash-Eis	89
Aufgabe 4.4:	Rohrbündel-Wärmeübertrager	90
Aufgabe 4.5:	Gegenstrom-Wärmeübertrager	90
Aufgabe 4.6:	Rohrreaktor mit Temperiermantel	91
Aufgabe 4.7:	Beheizter Batch-Reaktor	92
Aufgabe 4.8:	Katalytischer Zerfall	93
Aufgabe 4.9:	Reaktionswärme einer Zersetzung	93
Aufgabe 4.10:	Dampferzeuger	94
Aufgabe 4.11:	Katalytische Abluftreinigung	95
Aufgabe 4.12:	Herstellung eines Aromastoffs	96
Aufgabe 4.13:	Dampfsterilisation von Milch	96
Aufgabe 4.14:	Anfahren eines Rührapparats	97
Aufgabe 4.15:	Temperaturanstieg in einem Ammoniaktank	99
Aufgabe 4.16:	Gedämmter Laborreaktor	99
Aufgabe 4.17:	Goldschmidt-Verfahren	100
Aufgabe 5.1:	Synthese von Acetaldehyd	105
Aufgabe 5.2:	Methylierung von Benzol	108
Aufgabe 5.3:	Bromierung von Ethylen	109
Aufgabe 5.4:	Temperierung eines Reaktors	110
Aufgabe 5.5:	Ausfall der Reaktorkühlung	113
Aufgabe 5.6:	Dimerisierung von Stickstoffdioxid	113
Aufgabe 5.7:	Acetonsynthese	114
Aufgabe 5.8:	Wassergas-Shift-Reaktion	115
Aufgabe 5.9:	Mischung von Säuren	117

Liste der Aufgaben

Aufgabe 2.1:	Ideal gemischter Rührkessel – Volumenstrom.....	32
Aufgabe 2.2:	Rektifikation.....	33
Aufgabe 2.3:	T-Mischer.....	34
Aufgabe 2.4:	Mischer mit Entgasung.....	35
Aufgabe 2.5:	Meersalzgewinnung.....	36
Aufgabe 2.6:	Reaktor mit Abscheider.....	37
Aufgabe 2.7:	Abwasserreinigung eines Kraftwerks.....	38
Aufgabe 2.8:	Mischung im Klärwerk.....	38
Aufgabe 2.9:	Herstellung schwefliger Säure.....	39
Aufgabe 2.10:	Belüfteter Fermenter.....	41
Aufgabe 3.1:	Ideal gemischter Rührkessel – Konzentration.....	51
Aufgabe 3.2:	Fällung von Bariumsulfat.....	53
Aufgabe 3.3:	Ammoniaksynthese.....	56
Aufgabe 3.4:	Entschwefelung von Erdöl.....	58
Aufgabe 3.5:	Reaktor mit vollständigem Umsatz.....	58
Aufgabe 3.6:	Heizung einer Hütte.....	59
Aufgabe 3.7:	Schwefelwasserstoff-Verbrennung.....	60
Aufgabe 3.8:	Reaktor mit Parallelreaktionen.....	60
Aufgabe 3.9:	Reaktion und Inhibition.....	62
Aufgabe 3.10:	Methanverbrennung in einem Kraftwerk.....	63
Aufgabe 3.11:	Reaktor mit nachgeschalteter Rektifikation.....	63
Aufgabe 3.12:	Fermentation von Glukose.....	64
Aufgabe 3.13:	Rührkesselkaskade.....	65
Aufgabe 3.14:	Spaltung von Saccharose.....	66
Aufgabe 3.15:	Reaktionszeit im Batch-Reaktor.....	66
Aufgabe 3.16:	Berechnung der Geschwindigkeitskonstanten.....	68
Aufgabe 3.17:	Spaltung von Cellobiose.....	68
Aufgabe 3.18:	Dimerisierung von Essigsäure.....	69
Aufgabe 3.19:	Halbierung der Konzentration.....	69
Aufgabe 3.20:	Spülen eines Reaktors.....	70
Aufgabe 3.21:	Umsatz im Batch-Reaktor.....	70
Aufgabe 3.22:	Dioxanherstellung.....	71

Aufgabe 3.23:	Weingärung	71
Aufgabe 3.24:	Milchsäuregärung	72
Aufgabe 3.25:	Sterilisation von Milch	72
Aufgabe 3.26:	Wirbelschicht und Festbettreaktor	73
Aufgabe 4.1:	Rohrleitung zwischen zwei Apparaten	86
Aufgabe 4.2:	Reaktor mit Kühlmantel	87
Aufgabe 4.3:	Crash-Eis	89
Aufgabe 4.4:	Rohrbündel-Wärmeübertrager	90
Aufgabe 4.5:	Gegenstrom-Wärmeübertrager	90
Aufgabe 4.6:	Rohrreaktor mit Temperiermantel	91
Aufgabe 4.7:	Beheizter Batch-Reaktor	92
Aufgabe 4.8:	Katalytischer Zerfall	93
Aufgabe 4.9:	Reaktionswärme einer Zersetzung	93
Aufgabe 4.10:	Dampferzeuger	94
Aufgabe 4.11:	Katalytische Abluftreinigung	95
Aufgabe 4.12:	Herstellung eines Aromastoffs	96
Aufgabe 4.13:	Dampfsterilisation von Milch	96
Aufgabe 4.14:	Anfahren eines Rührapparats	97
Aufgabe 4.15:	Temperaturanstieg in einem Ammoniaktank	99
Aufgabe 4.16:	Gedämmter Laborreaktor	99
Aufgabe 4.17:	Goldschmidt-Verfahren	100
Aufgabe 5.1:	Synthese von Acetaldehyd	105
Aufgabe 5.2:	Methylierung von Benzol	108
Aufgabe 5.3:	Bromierung von Ethylen	109
Aufgabe 5.4:	Temperierung eines Reaktors	110
Aufgabe 5.5:	Ausfall der Reaktorkühlung	113
Aufgabe 5.6:	Dimerisierung von Stickstoffdioxid	113
Aufgabe 5.7:	Acetonsynthese	114
Aufgabe 5.8:	Wassergas-Shift-Reaktion	115
Aufgabe 5.9:	Mischung von Säuren	117