

Inhalt

1 Mathematische Modelle	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Ausformulierung eines Modells	2
2 Massenbilanzen	5
2.1 Bilanzgleichungen	5
2.2 Akkumulationsraten	6
2.3 Ein- und Austragsterme	6
2.3.1 Strömung	6
2.3.2 Transport durch Phasengrenzen	6
2.3.3 Produktion und Verbrauch	7
2.4 Das allgemeine Modell für einen einfachen Rührkessel	7
2.5 Strukturierte und nicht strukturierte kinetische Modelle	12
2.5.1 Unstrukturierte Mechanismen	12
2.5.2 Strukturierte Mechanismen	14
3 Gleichungen für die Reaktionskinetik	16
3.1 Allgemeine Grundlagen	16
3.2 Zellwachstum und Inhibition	20
3.2.1 Monod-Kinetik	20
3.2.2 Doppelte Substratlimitierung	22
3.2.3 Substratinhibition	22
3.2.4 Wachstumshemmung	22
3.3 Zellerhaltung und endogene Respiration	23
3.3.1 Erhaltungsenergie	23
3.3.2 Endogene Respiration	24
3.4 Zelltod	25
3.5 Produktbildung	26
3.5.1 Klassifizierung	26
3.5.2 Kinetische Modelle der Produktbildung	26
3.5.3 Produktinhibition und -abbau	28
3.6 Substratverbrauch	29
3.7 Umgebungseffekte	32
3.7.1 Temperatureffekte	32
3.7.2 pH-Effekte	34

4 Lösung der Modellgleichung	36
4.1 Rand- und Eingangsbedingungen	36
4.2 Stationäre und dynamische Modelle	36
4.3 Überprüfung des Modells	37
5 Diskontinuierliche Kultur	39
Vorbemerkung	39
5.1 Kinetische Modelle für diskontinuierliche Fermentationen	40
5.2 Messung und Quantifizierung der kinetischen Parameter	43
6 Kontinuierliche Kultur	46
6.1 Der Chemostat	46
6.2 Messung und Quantifizierung der kinetischen Parameter	52
7 Zulauf-Prozesse (variables Volumen)	55
7.1 Der Effekt des variablen Volumens	55
7.2 Modelling-Beispiele für den Zulauf-Betrieb	57
8 Der Chemostat mit Recycling	61
8.1 Der Auswaschpunkt bei kontinuierlicher Kultur	61
8.2 Recycling-Systeme	62
9 Sauerstofftransport	66
9.1 Kinetische Modelle	66
9.2 Der Chemostat mit Sauerstofflimitierung	69
9.2.1 Begrenzung durch das lösliche Substrat, Sauerstoff im Überschuß	70
9.2.2 Sauerstoffbegrenzung, lösliches Substrat im Überschuß	71
9.2.3 Doppelte Substratbegrenzung	73
9.3 Sauerstoff-Begrenzung in einem diskontinuierlichen Fermenter	76
Nomenklatur und Einheiten	79
Glossar	83
Weiterführende Lektüre	91
Literaturverzeichnis	97
Sachverzeichnis	99