

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. <u>Einleitung</u>	1
2. <u>Kontinuierlich geführter Bioreaktor</u>	4
2.1 Modell des kontinuierlich geführten Bioreaktors	4
2.2 Kritik der Reaktormodelle	16
2.3 Motivation der Substratregelung	25
2.4 Meßtechnische Randbedingungen	34
3. <u>Substratregelung</u>	39
3.1 Universeller Regelansatz	42
3.1.1 Substratregelung bei totzeitfreier Meßwerterfassung	45
3.1.2 Stabilitätsgrenzen bei totzeitfreier Meßwerterfassung	49
3.1.2.1 Kleinsignalverhalten der Regelstrecke	51
3.1.2.2 Kleinsignalverhalten des Reglers	56
3.1.2.3 Hinreichende Stabilitätsbedingungen	61
3.1.3 Substratregelung unter Berücksichtigung von Meßtotzeiten	74
3.2 Stabilität des Regelkreises	82
3.2.1 Die Streckenübertragungsfunktion	82
3.2.2 Die Reglerübertragungsfunktion	87
3.2.3 Stabilitätsgrenzen	91
3.3 Numerische Behandlung der Reglergleichung	102

4. <u>Regelergebnisse</u>	107
4.1 Simulationsergebnisse	107
4.2 Regelung eines Laborreaktors	117
4.2.1 Versuchsaufbau	118
4.2.2 Substratmessung	122
4.2.2.1 Querstromfiltration	122
4.2.2.2 Auswertung der HPLC-Chromatogramme	126
4.2.2.3 Eigenschaften der Substratmessung	130
4.2.3 Regelergebnisse am Laborreaktor	134
5. <u>Zusammenfassung und Ausblick</u>	145
6. <u>Literatur</u>	148
7. <u>Formelzeichen</u>	155
8. <u>Anhang</u>	159
8.1 Beweise und Zwischenrechnungen	159
8.1.1 Linearisierung der Zustandsgleichungen eines kontinuierlichen Bioreaktors	159
8.1.2 Eigenschaften der linearisierten Zustandsgleichungen	163
8.1.3 Berechnung der Streckenübertragungsfunktion	166
8.1.4 Beweis der Stabilitätsbedingung (3.80)	168
8.1.5 Berechnung der partiellen Ableitungen	170
8.1.6 Stabilitätsgrenzen für $D_0T \rightarrow 0$	181
8.1.7 Eigenschaften der Reglerfunktion	189
8.1.8 Konvergenz des Newton-Verfahrens	193
8.2 Technische Daten	197
8.2.1 Versuchsaufbau	197
8.2.2 Prozeßsteuerung	199
8.2.3 Biologie	200