

Dipl.-Ing. Walter Waldraff, Kirchdorf

Modellgestützte Über- wachung und Führung von Fed-Batch-Bioreaktoren

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Nr. **592**

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	VI
Kurzfassung	XI
1 Einführung	1
1.1 Aufgabenstellung	1
1.2 Struktur der Prozeßüberwachung und Prozeßführung	4
1.3 Gliederung der Arbeit	7
2 Fermentationsprozeß	8
2.1 Prozeßbeispiel	8
2.2 Modellierung von Wachstum und Produktbildung	8
2.3 Prozeßrestriktionen	18
2.4 Modellunsicherheiten	22
2.5 Meßeinrichtungen	25
3 Dynamische Prozeßoptimierung	29
3.1 Problemformulierung	29
3.1.1 Gütemaß	29
3.1.2 Dynamische Modellgleichungen und Restriktionen	31
3.1.3 Anfangsbedingungen	32
3.1.4 Zeitdiskrete Ereignisse	33
3.1.5 Zusammenfassung	35
3.2 Vergleich von Lösungsmethoden	36
3.2.1 Maximum-Prinzip	36

3.2.2	Direktes Schießverfahren	43
3.2.3	Kollokationsmethode	48
3.3	Anwendung des direkten Schießverfahrens	53
3.3.1	Adaptive Stellgrößenparametrisierung	54
3.3.2	Numerische Lösung	58
3.3.3	Diskussion der optimierten Zustandstrajektorien	62
4	Zustandsschätzung mit erweitertem Kalman-Filter	75
4.1	Erweitertes Kalman-Filter	75
4.2	Verarbeitung totzeitbehafteter Messungen	77
4.3	Anwendung des erweiterten Kalman-Filters	79
4.3.1	Schätzung des Systemzustandes	79
4.3.2	Schätzung des erweiterten Systemzustandes	83
4.4	Symbolische Modellverarbeitung	87
4.5	Numerik des Kalman-Filters	89
5	Modellprädiktive Folgeregelung	91
5.1	Klassifizierung der Verfahren	91
5.2	Beschreibung des angewandten modellprädiktiven Reglers	96
5.3	Anwendung am Prozeßbeispiel	101
6	Experimentelle Erprobung	114
7	Zusammenfassung und Ausblick	127
	Anhang	129
	Literatur	137