

Dipl.-Ing. Klaus Gollmer, Helmstedt

# **Prozeßdiagnose mit Mitteln der Mustererkennung und Anwendung in der Biotech- nologie**

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

Nr. **589**

## Inhalt

1.	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Aufgabenstellung	3
1.3	Gliederung der Arbeit	5
2.	Mustererkennung in der Prozeßdiagnose	7
2.1	Stand der Technik	8
2.1.1	Statistische oder numerische Methoden	8
2.1.2	Syntaktische Mustererkennungsverfahren	9
2.1.3	Methoden der künstlichen Intelligenz	10
2.2	Vorverarbeitung	12
2.2.1	Rauschunterdrückung	12
2.2.2	Normierung von Zeit und Amplitude	12
2.2.3	Behandlung von Impulsstörungen	14
2.2.3.1	Median-Filterung	15
2.3	Merkmalsextraktion	17
2.3.1	Orthogonale Transformationen	17
2.3.1.1	Problemabhängigen Transformation	18
2.3.1.2	Problemunabhängige Transformationen	23
2.3.2	Matched-Filter-Ansatz	26
3.	Dynamic-Time-Warping	30
3.1	Basisalgorithmus	30
3.1.1	Dynamische Programmierung	31
3.1.2	Klassifikation	32
3.1.3	Modifikationen zur Anwendung in der Prozeßdiagnose	33
3.2	Detektion von Einzelereignissen	37
3.2.1	Testprozeß Hochzelldichtefermentation (HDF) mit <i>E. coli</i>	37
3.2.2	Automatische Wahl des Detektionsfensters	38
3.2.3	Anwendung am Testprozeß HDF	39
3.3	Erkennung von Prozeßsituationen	41
3.3.1	Sequentieller Prototyp zur Integration von Kontext-Wissen	43
3.3.2	Testprozeß <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	46
3.3.3	Modellgestützte Verifikation	47
3.3.4	Anwendung am Testprozeß	49
3.4	Prozeßüberwachung und Fehlererkennung	51
3.4.1	Berücksichtigung der Varianz	52
3.4.1	Anwendung am Testprozeß	53
3.5	Erweitertes Prototypmodell	53
3.5.1	Einführung einer regulären Grammatik	55

3.5.2	Anwendung des erweiterten Verfahrens	58
3.5.3	Rückweisung unbekannter Prozeßsituationen	59
4.	Formant-Analyse	62
4.1	Least-Squares-Ansatz	63
4.2	Nebenbedingter Ausgleich	66
4.3	Strukturbestimmung	67
4.3.1	Minimum-Description-Length-Kriterium	68
4.4	Klassifikation im Formant-Raum	71
5.	Kombiniertes Erkennungssystem - ein syntaktischer Ansatz	76
5.1	Integration der DTW-Methode und der Formant-Analyse	76
5.2	Automatische Segmentierung	78
5.2.1	Problemformulierung	78
5.2.2	Lösung des JSR-Problems	81
5.2.3	Bestimmung der optimalen Segmentanzahl	82
5.3	Gesamtstruktur des Mustererkennungssystems	86
5.4	Anwendungen zur Prozeßdiagnose	88
6.	Realisierung im Technikum einer Großforschungseinrichtung	92
6.1	Anforderungen an die prozeßleittechnische Infrastruktur	92
6.1.1	UBICON -ein Leitsystem zur integrierten Prozeßentwicklung	94
6.1.2	Informationsflüsse bei biotechnologischen Prozessen	95
6.2	Informationstransport durch Feldbuseinsatz	97
6.2.1	Controller-Area-Network zur Realisierung verteilter Strukturen	100
6.2.2	Applikation und Kommunikation	101
6.3	Flexibilität durch verteilte Echtzeitdatenbank	105
6.4	Anwendungsbeispiele	106
7.	Zusammenfassung	109
8.	Symbolverzeichnis	112
9.	Anhang	116
9.1	DTW-Basisalgorithmus, MATLAB-Realisierung	116
9.2	Biologisches Wachstumsmodell der Hefe	117
9.3	Übergangsmatrix zu Abschnitt 3.5.2	119
9.4	Formant-Identifikation, MATLAB-Realisierung	119
9.5	Lösung des JSR-Problems, MATLAB-Realisierung	120
9.6	Symboltabelle zulässiger Formant-Modelle	121
10.	Literaturverzeichnis	122