

Dipl.-Ing. Niels Kiupel, Dortmund

Fuzzy-Logik-basierte Fehlerdiagnose am Beispiel eines anaeroben Abwasser- reinigungsprozesses

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

Nr. **627**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
Nomenklatur	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation der Arbeit und Problemformulierung	1
1.2 Die Schwerpunkte der Arbeit im Überblick	5
2 Stand der Forschung	6
2.1 Darstellung der quantitativen Fehlerdiagnose	6
2.1.1 Systemspezifikation	6
2.1.2 Generelle Struktur eines Fehlerdiagnosesystems	6
2.1.3 Residuengenerierung	8
2.1.4 Robustheitserhöhung gegen unbekannte Eingänge	10
2.1.5 Residuenauswertung	12
2.2 Darstellung der qualitativen Fehlerdiagnose	13
2.2.1 Qualitative Residuengenerierung	15
2.2.2 Qualitative Residuenauswertung	16
3 Darstellung des Konzepts der Fuzzy-Logik-basierten Fehlerdiagnose	20
3.1 Definition und Begründung der Voraussetzungen	20
3.2 Struktur des Diagnosesystems	23
3.3 Fuzzifizierung	24
3.4 Inferenz	27
3.5 Fehlerpräsentation	29
3.6 Herleitung eines Algorithmus zur Unterstützung des Regelbasentwurfs .	31
3.6.1 Einführende Erläuterungen	34

3.6.2	Herleitung des Algorithmus	37
3.7	Zusammenfassung	40
4	Der anaerobe Abwasserreinigungsprozeß	41
4.1	Grundlagen des anaeroben Abbaus von Schadstoffen	41
4.1.1	Übersicht über die existierenden Modelle	42
4.1.2	Mikrobiologische Grundlagen zum anaeroben Schadstoffabbau	43
4.2	Modell des anaeroben Abwasserreinigungsprozesses	54
4.2.1	Glucoseverwertende Bakterien	55
4.2.2	Essig-, propion- und buttersäureverwertende Bakterien	60
4.2.3	Wasserstoffverwertende Bakterien	67
4.2.4	Modellierung des Karbonatsystems	68
4.2.5	Bestimmung des pH-Wertes	73
4.3	Simulationsergebnisse des nichtlinearen anaeroben Abwasserreinigungsmodells	75
4.3.1	Verifikation des Modells	77
5	Beobachtergestützte Residuengenerierung für den anaeroben Abwasserreinigungsprozeß	80
5.1	Lineares Modell	80
5.1.1	Entwurf des linearen Modells	80
5.1.2	Ergebnisse des linearen Modells	81
5.2	Linearer Beobachterentwurf	83
5.2.1	Verwendete Beobachterstruktur	83
5.2.2	Ergebnisse des Beobachters	84
5.3	Verwendete Struktur des Modells zur Residuenerzeugung	86
6	Entwurf des Fuzzy-Filters zur Residuenauswertung für den anaeroben Abwasserreinigungsprozeß	88
6.1	Wissensbasierter Entwurf des Fuzzy-Filters	88
6.1.1	Berücksichtigte Fehlertypen	89
6.1.2	Aufbau des Fuzzy-Filters zur Residuenauswertung	90
6.2	Analytische Verifikation des Fuzzy-Filters	93
6.2.1	Sensorfehler	93
6.2.2	Versäuerung	94
6.2.3	Toxische Belastung	94

6.2.4	Hydraulische und organische Überlastung	96
7	Bewertung und Diskussion der Ergebnisse	98
7.1	Organische Überlastung	99
7.2	Hydraulische Überlastung	100
7.3	Toxische Belastung	102
7.4	Sensorfehler	104
7.5	Kombinierte Überlastungen und Sensorfehler	105
7.6	Robustheitsanalyse	106
7.7	Fazit	109
8	Zusammenfassung	110
A	Beweis von Satz 3.6.6	113
B	Gleichungen und Parameter des verwendeten Modells	117
B.1	Zustandsraumdarstellung des Modells	117
B.1.1	Nichtlineare Gleichungen	117
B.1.2	Nichtlineares System	119
B.1.3	Lineares System	120
B.1.4	Pole des linearisierten Systems	123
B.2	Parameter der Bakterien	124
B.3	Darstellung der verwendeten Fuzzy-Mengen für den Entwurf des Filters .	126
B.4	Zuordnung der Indizierung zu den Fuzzy-Mengen	129
B.5	Darstellung der verwendeten Regelbasen für das Fuzzy-Filter	130
	Literaturverzeichnis	133