

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Aufbau und Eigenschaften von Fuzzy-Systemen</b> .....	<b>12</b>
2.1 Grundlagen der Fuzzy-Logik .....	12
2.1.1 Fuzzy-Menge .....	12
2.1.2 Operationen auf Fuzzy-Mengen .....	14
2.1.3 Fuzzy-Relationen .....	15
2.1.4 Approximatives Schließen .....	16
2.2 Aufbau von Fuzzy-Systemen .....	17
2.2.1 Linguistische Variable und linguistischer Wert .....	17
2.2.2 Fuzzifizierung .....	18
2.2.3 Inferenz .....	18
2.2.4 Defuzzifizierung .....	22
2.3 Übertragungsverhalten von Fuzzy-Komponenten .....	23
2.3.1 Globale Eigenschaften .....	25
2.3.2 Lokale Eigenschaften .....	29
2.4 Einordnung .....	32
<b>3 Einsatz von Fuzzy-Control</b> .....	<b>34</b>
3.1 Einbindung in den Regelkreis .....	34
3.1.1 Fuzzy-Regler .....	34
3.1.2 Fuzzy-Hybrid-Regler .....	39
3.2 Entwurf von Fuzzy-Regelungen .....	43
3.2.1 Heuristischer Entwurf .....	44
3.2.2 Automatischer Entwurf von Zugehörigkeitsfunktionen und Regeln ..	45
3.3 Stabilitätsprüfung von Regelkreisen mit Fuzzy-Komponenten .....	49
3.3.1 Methode der harmonischen Balance .....	50
3.3.2 Anwendung auf Regelkreise mit Fuzzy-Komponenten .....	52

---

<b>4 Anwendungen auf verfahrenstechnische Prozesse</b> .....	<b>64</b>
4.1 Regelung der Ozonkonzentration in einem Rohrreaktor .....	64
4.1.1 Prozeßbeschreibung und Modellierung .....	64
4.1.2 Entwurf des Fuzzy-Hybrid-Reglers .....	73
4.1.3 Simulationsergebnisse .....	78
4.1.4 Stabilitätsprüfung .....	87
4.1.5 Experimentelle Validierung .....	94
4.2 Regelung der Substratkonzentration in Bioreaktoren .....	99
4.2.1 Modell des Prozesses .....	100
4.2.2 Einsatz von Fuzzy-Control für die Regelung von Bioreaktoren .....	106
4.2.3 Entwicklung eines robusten Fuzzy-Hybrid-Reglers .....	108
4.2.4 Simulationsergebnisse .....	123
4.2.5 Übertragbarkeit des Regelkonzepts .....	134
4.2.6 Experimentelle Validierung .....	138
<b>5 Zusammenfassung</b> .....	<b>146</b>
<b>6 Anhang</b> .....	<b>149</b>
<b>7 Symbolverzeichnis</b> .....	<b>156</b>
<b>8 Literatur</b> .....	<b>159</b>