

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Zielsetzung, Aufbau und Abgrenzung der Arbeit . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1	Unschärfe Menge . . . . .	5
2.2	Unschärfe Mengenoperationen . . . . .	9
2.3	Fuzzy-Regeln . . . . .	13
2.4	Das regelbasierte Fuzzy-System als universeller Approximator . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Strukturierter Entwurf</b>	<b>20</b>
3.1	Vorgehensweise beim Entwurf eines regelbasierten Fuzzy-Systems durch den Anwender . . . . .	21
3.2	Entwurfvalidierung . . . . .	24
<b>4</b>	<b>Realisierungen hin zur Mikroelektronik</b>	<b>29</b>
4.1	Code-Compiler . . . . .	29
4.1.1	Speicherabbildungen . . . . .	29
4.1.2	Rechenoperationen mit ganzen Zahlen und Speicherung der Zugehörigkeitsfunktionen . . . . .	31
4.1.3	Ausnutzung von Datenabhängigkeiten . . . . .	32
4.2	Mikroelektronische Umsetzung der Fuzzy-Operatoren . . . . .	34
4.2.1	Minimumbildung von zwei Binärzahlen . . . . .	34
4.2.2	Minimumbildung von mehr als zwei Binärzahlen . . . . .	35
4.2.3	Direkt arbeitendes Minimumgatter . . . . .	35
<b>5</b>	<b>Anwendungsbeispiele des strukturierten Entwurfs</b>	<b>38</b>
5.1	Schnelladeverfahren für Nickel-Cadmium-Akkumulatoren . . . . .	38
5.1.1	NiCd-Akkumulatoren . . . . .	38
5.1.2	Konventionelle Schnelladeverfahren als Basis für die Fuzzy-Regeln . . . . .	41
5.1.3	Entwurf des Fuzzy-Systems . . . . .	43
5.1.4	Implementierung in Hardware . . . . .	45
5.1.5	Eigenschaften des Fuzzy-Ladeverfahrens . . . . .	46
5.1.6	Bemerkung zum Fuzzy-Ladeverfahren . . . . .	47

5.2	Elektrochemisches Polieren von Cobalt-Chrom-Dental-Prothesengerüsten . . .	48
5.2.1	Elektrochemisches Polieren . . . . .	49
5.2.2	Einflußgrößen beim elektrochemischen Polieren . . . . .	51
5.2.3	Entwurf des Fuzzy-Systems . . . . .	52
5.2.4	Eigenschaften des fuzzy gesteuerten Glänzgerätes . . . . .	55
5.2.5	Implementierung der Fuzzy-Steuerung in Hardware . . . . .	58
5.2.6	Bemerkungen zum Fuzzy-Glänzgerät . . . . .	59
<b>6</b>	<b>Automatischer Entwurf</b>	<b>62</b>
6.1	Interpretation von Zugehörigkeitsfunktionen . . . . .	63
6.1.1	Möglichkeitenverteilungen . . . . .	64
6.1.2	Zugehörigkeitsfunktionen aus Histogrammen . . . . .	65
6.1.3	Zugehörigkeitsfunktionen aus Wahrscheinlichkeitsdichten . . . . .	66
6.2	Konstruktion von Zugehörigkeitsfunktionen . . . . .	69
6.2.1	Statistische Analyse . . . . .	70
6.2.2	Strukturanalyse durch Selbstorganisation der Merkmale . . . . .	71
6.2.3	Gleichmäßige Verteilung über dem Definitionsbereich . . . . .	75
6.3	Konstruktion der Regelbasis . . . . .	76
6.3.1	Die Regelbasis für den Klassifikator . . . . .	76
6.3.2	Die vollständige Regelbasis für die Prozeßsimulation . . . . .	76
6.3.3	Die unvollständige Regelbasis für die Prozeßsimulation . . . . .	77
6.4	Bemerkung zum automatischen Entwurf . . . . .	81
<b>7</b>	<b>Optimierung</b>	<b>83</b>
7.1	Evolutionsprinzip . . . . .	84
7.2	Genetische Algorithmen . . . . .	85
7.3	Eigenschaften des genetischen Algorithmus' . . . . .	89
7.4	Genetischer Algorithmus für regelbasierte Fuzzy-Systeme . . . . .	91
7.4.1	Einbindung in das Entwurfsverfahren . . . . .	91
7.4.2	Gütefunktion für die Unschärfe oder Entropie eines Fuzzy-Systems . .	93
7.4.3	Abschätzung der Rechenzeit . . . . .	94
7.5	Verteilte Implementierung des genetischen Algorithmus' . . . . .	96
<b>8</b>	<b>Anwendungsbeispiele des automatischen Entwurfs</b>	<b>100</b>
8.1	Klassifizierung von Irisdaten . . . . .	100
8.1.1	Ergebnisse der Klassifizierung . . . . .	101
8.1.2	Bewertung und Vergleich . . . . .	104

8.2	Simulation eines Verbrennungsprozesses . . . . .	104
8.2.1	Selbstorganisation der Variablen für die Prozeßsimulation . . . . .	106
8.2.2	Unvollständige Regelbasis für die Prozeßsimulation . . . . .	108
8.2.3	Bewertung und Vergleich . . . . .	114
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>116</b>
	<b>Literatur zur Arbeit</b>	<b>119</b>
	<b>Liste der betreuten Studien- und Diplomarbeiten</b>	<b>129</b>