

Dipl.-Ing. Harald König, Rinnthal

**Der Regelbasisfehler –  
ein Zugang zum  
transparenten Entwurf  
von Fuzzy Controllern**

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

Nr. **554**

# Inhalt

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Fuzzy Control: eine neue Methode der Automatisierungstechnik.....	1
1.2 Wichtige Begriffe und Bezeichnungen bei Fuzzy Control.....	4
1.3 Forderungen an den wissensbasierten Entwurf bei Fuzzy Control.....	9
1.4 Zielsetzung und Inhalt der Arbeit.....	13
<b>2 Einführung der neuen Inferenz- und Defuzzifizierungsmethode</b> .....	<b>16</b>
2.1 Entwicklung der Grundidee.....	16
2.2 Fuzzifizierung und Aggregation.....	21
2.3 Die Einzelfehlerfunktion zur Implikation.....	21
2.4 Der Regelbasisfehler zur Akkumulation.....	25
2.5 Minimierung des Regelbasisfehlers als grundlegende Defuzzifizierungsstrategie.....	28
2.6 Verallgemeinerung der grundlegenden Defuzzifizierungsstrategie.....	29
2.7 Sonderfall der grundlegenden Defuzzifizierungsstrategie.....	33
2.8 Festlegung des UND-Operators bei der Einzelfehlerfunktion.....	34
2.9 Zusammenfassung der Vorgehensweise.....	37
<b>3 Merkmale der neuen Inferenz- und Defuzzifizierungsmethode im Vergleich mit bekannten Methoden</b> .....	<b>39</b>
3.1 Übersicht.....	39
3.2 Die neue Methode im Vergleich mit den Methoden nach Frank und nach Tsukamoto.....	39
3.3 Einstellen der Kompromißbildung im Vergleich zu parametrischen Defuzzifizierungsmethoden und Inferenzfiltern.....	43
3.4 Allgemeine Merkmale des Übertragungsverhaltens der neuen Methode.....	47
3.4.1 Untersuchungen zur Stetigkeit.....	47
3.4.2 Berücksichtigung von Verbotszonen des Ausgangswerts.....	54
3.5 Analyse des Übertragungsverhaltens anhand von Beispielen.....	55
3.5.1 Kennlinien von SISO-Fuzzy Controllern.....	55
3.5.2 Kennfelder von DISO-Fuzzy Controllern.....	62
3.5.3 Zeitlicher Verlauf des Ausgangswerts bei MISO-Fuzzy Controllern.....	67
3.6 Rechenaufwand.....	69
<b>4 Einordnung der neuen Methode in die Theorie des unscharfen Schließens</b> .....	<b>72</b>
4.1 Theorie des unscharfen Schließens.....	72
4.1.1 Historische Entwicklung.....	72
4.1.2 Die "compositional rule of inference" als Grundlage des unscharfen Schließens.....	74

4.1.3	Das Schließen bei Fuzzy Control als Sonderfall der "compositional rule of inference" .....	79
4.1.4	Ableitung des Implikationsoperators bei Fuzzy Control in Abhängigkeit des Akkumulationsoperators .....	80
4.2	Einordnung der neuen Methode .....	82
4.2.1	Die Einzelfehlerfunktion als verallgemeinerter Implikationsoperator .....	82
4.2.2	Systematische Definition des Regelbasisfehlers .....	87
4.2.3	Die IMPLIKATION-UND-Inferenz als dualer Fall zur Inferenz der Regelbasisfehlermethode.....	89
<b>5</b>	<b>Anwendung der neuen Methode zur Erkennung von Inkonsistenzen in der Wissensbasis .....</b>	<b>92</b>
5.1	Inkonsistenzerkennung als Sekundärinformationsverarbeitung bei Fuzzy Control.....	92
5.2	Strukturelle Inkonsistenz.....	93
5.2.1	Begriffsbestimmung .....	93
5.2.2	Kanonische Erweiterung der Regelbasis .....	95
5.2.3	Arten struktureller Inkonsistenz .....	98
5.2.4	Systematische Ursachen .....	100
5.3	Erkennung struktureller Inkonsistenzen nach bekannten Methoden.....	102
5.3.1	Analyse der kanonisch erweiterten Regelbasis .....	102
5.3.2	Erkennung von Widersprüchen nach Pedrycz.....	102
5.3.3	Inkonsistenzerkennung nach Frenck .....	104
5.4	Effektive Inkonsistenz.....	105
5.4.1	Begriffsbestimmung .....	105
5.4.2	Arten effektiver Inkonsistenz .....	106
5.4.3	Zusammenhang mit struktureller Inkonsistenz .....	107
5.4.4	Maßnahmen beim Auftreten effektiver Inkonsistenzen .....	108
5.5	Erkennung effektiver Inkonsistenzen durch Auswertung des Regelbasisfehlers.....	109
5.5.1	Übersicht .....	109
5.5.2	Definition eines Inkonsistenzmaßes.....	110
5.5.3	Merkmale des Inkonsistenzmaßes.....	113
5.5.4	Sukzessive Erstellung konsistenter Wissensbasen .....	116
<b>6</b>	<b>Industrielle Anwendung der neuen Methode .....</b>	<b>125</b>
6.1	Problembeschreibung.....	125
6.2	Automatisierungskonzept.....	129
6.3	Implementierung und Inbetriebnahme am realen Prozeß.....	132
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>134</b>

<b>Anhang</b> .....	<b>135</b>
<b>A. Beweis der Sätze in Kapitel 3</b> .....	<b>135</b>
A.1 Beweis des Satzes 3.1 .....	135
A.2 Beweis des Satzes 3.2.....	137
A.3 Grenzwertbetrachtung für die Gewichtungsfaktoren nach Gl. 3.12.....	139
<b>B. Beweis der Gleichung (4.36)</b> .....	<b>140</b>
<b>C. Angaben zum Beispiel in Abschnitt 5.5.4</b> .....	<b>143</b>
C.1 Zugehörigkeitsfunktionen der Ein- und Ausgangsvariablen.....	143
C.2 Zeitverläufe der Sonneneinstrahlung und der Außentemperatur .....	144
C.3 Zeitverläufe des Sollwerts der Spreizung.....	145
C.4 Zeitverläufe des Taktverhältnisses .....	146
<b>Häufig verwendete Abkürzungen und Formelzeichen</b> .....	<b>147</b>
<b>Spezielle Formelzeichen im Beispiel in Abschnitt 5.5.4</b> .....	<b>149</b>
<b>Spezielle Abkürzungen und Formelzeichen im Beispiel in Kapitel 6</b> .....	<b>150</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>151</b>