

**Systemidentifikation und Reglersynthese
für örtlich verteilte Prozesse durch
adaptive Takagi-Sugeno Fuzzy Systeme
am Beispiel des Raumklimaverhaltens**

Tarek Aissa



Universitätsverlag Ilmenau

2017

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	7
Abstract	9
Abkürzungsverzeichnis	15
Symbolverzeichnis	17
1 Einleitung	23
2 Raumklima in Gebäuden mit kultureller Nutzung	29
2.1 Aufgaben der Präventiven Konservierung	31
2.2 Konservatorische Anforderungen an das Raumklima . . .	33
2.3 Stand der Technik in der Gestaltung des Raumklimas . . .	36
2.4 Dezentrale Klimatisierung	38
2.5 Bauphysikalische Grundlagen des Raumklimaverhaltens . .	41
3 Grundlagen örtlich verteilter Systeme	47
3.1 Grundlagen der örtlichen Verteilung des Raumklimas . . .	50
3.1.1 Örtliche Luftverteilung als generelles Strömungsproblem der Fluidodynamik	51
3.1.2 Lösungsansatz über Diskretisierungsmethoden . .	55
3.1.3 Systemtheoretische Analyse von Strömungsproblemen	59
3.2 Modelle zur Raumklimamodellierung	61
3.2.1 Ein-Zonen Modelle	61

3.2.2	Zonale Modelle	63
4	Modellstruktur der Takagi-Sugeno Fuzzy Systeme	69
4.1	Einführung in die Fuzzy-Theorie	73
4.2	Aufbau der TS Fuzzy Systeme	85
4.3	Modellbildung durch TS Fuzzy Systeme	92
4.3.1	Ableitung von TS Fuzzy Systemen aus Modellgleichungen	92
4.3.2	Approximative Modellbildung durch Linearisierung	100
4.4	Approximative Modellbildung durch nichtl. Systemidentifikation	108
4.4.1	Anregungssignal	111
4.4.2	Bestimmung der Systemordnung	113
4.4.3	Struktur- und Parameteridentifikation	115
4.5	Reglersynthese	124
4.5.1	LMI-basierter Reglerentwurf	124
4.5.2	PDC mit Sollwertfolge	134
4.5.3	Fallbeispiel: Regelung von TS Fuzzy Systemen mit Sollwertfolge	139
4.5.4	Integraler PDC zur Sicherung stationärer Genauigkeit	141
4.5.5	Fallbeispiel: Regelung von TS Fuzzy Systemen mit integralem Anteil	144
4.5.6	Regelung von affinen TS Fuzzy Systemen	145
5	Örtlich verteilte Modellierung durch verteilte TS Fuzzy Systeme	147
5.1	Numerische Behandlung örtlich verteilter Systeme	148
5.2	Modellstruktur örtlich verteilter TS Fuzzy Systeme	159
5.2.1	Analytische Modellbildung örtlich verteilter TS Fuzzy Systeme	163
5.2.2	Approximative Modellierung örtlich verteilter TS Fuzzy Systeme	170

5.2.3	Identifikation örtlich verteilter TS Fuzzy Systeme .	176
6	Simulative Untersuchungen	181
6.1	Vorstellung der Applikation	182
6.2	Versuchsumgebung	188
6.3	Systemidentifikation	191
6.3.1	Bestimmung der Modellstruktur	192
6.3.2	Parameteridentifikation	201
6.4	Reglersynthese und Ergebnisse	216
6.4.1	Quadratische Systeme	217
6.4.2	Nichtquadratische Systeme	220
7	Zusammenfassung und Ausblick	225
	Literaturverzeichnis	244