

Christina Stoica-Klüver | Jürgen Klüver | Jörn Schmidt

# Modellierung komplexer Prozesse durch naturanaloge Verfahren

Komplexe adaptive Systeme – Modellbildungen  
und -theorie – neuronale Netze – Soft Computing  
und verwandte Techniken

Mit 95 Abbildungen und 11 Tabellen

STUDIUM



**VIEWEG+**  
**TEUBNER**

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	V
Einleitung .....	1
<b>1. Bottom-up Modelle, Soft Computing und komplexe Systeme .....</b>	<b>5</b>
1.1 Soft Computing, Bottom-up und Top-down .....	5
1.2 Dynamiken komplexer Systeme .....	10
1.3 Erweiterungen und Anwendungsmöglichkeiten eines universalen Modellschemas .....	18
1.4 Methodologische Schlussbemerkungen .....	22
<b>2. Zellularautomaten und Boolesche Netze .....</b>	<b>25</b>
2.1 Zellularautomaten .....	26
2.1.1 Allgemeine Darstellung .....	26
2.1.2 Stochastische Zellularautomaten .....	33
2.2 Boolesche Netze .....	35
2.3 Regeln, Topologie und Dynamik – die Ordnungsparameter .....	40
2.4 Analyse konkreter Modelle .....	46
2.4.1 Simulation von Waldentwicklungen .....	46
2.4.2 Simulation eines Fließbandsystems .....	49
2.4.3 Modellierung von Meinungsbildungsprozessen durch stochastische ZA .....	51
2.4.4 Die Konstruktion von Schaltdiagrammen durch Boolesche Netze .....	57
<b>3. Die Modellierung adaptiver Prozesse durch Evolutionäre Algorithmen .....</b>	<b>64</b>
3.1 Allgemeine Charakterisierungen .....	64
3.2 Genetische Algorithmen (GA) .....	66
3.3 Evolutionsstrategien (ES) .....	74
3.4 Simulated Annealing .....	77
3.5 Analyse konkreter Modelle .....	82
3.5.1 Entwicklung eines Mehrkomponentenklebers durch eine ES .....	83
3.5.2 Minimierung der Länge von Kabelnetzen durch einen Genetischen Algorithmus .....	87
3.5.3 Steuerung einer sozialen Gruppe durch einen GA, eine ES und ein SA im Vergleich .....	92
<b>4. Modellierung lernender Systeme durch Neuronale Netze (NN) .....</b>	<b>100</b>
4.1 Biologische Vorbilder .....	100
4.2 Grundbegriffe .....	102
4.2.1 Topologie, Funktionen und Schwellenwerte von NN .....	102
4.2.2 Erweiterungen: Einschichtige und mehrschichtige Modelle .....	106

4.2.3	Feed forward und feed back Netzwerke .....	110
4.2.4	Lernregeln .....	111
4.2.5	Exkurs: Graphentheoretische Darstellung neuronaler Netze .....	115
4.3	Unterschiedliche Modelle – eine allgemeine Übersicht .....	118
4.4	Zusammenfassung und „Neurogenerator“ .....	124
4.5	Analyse konkreter Modelle .....	126
4.5.1	Lernen digitaler Anzeigen .....	126
4.5.2	IN und SOM als medizinische Diagnosesysteme .....	129
4.5.3	NN-Systeme und literarische Kriminalität .....	138
4.5.4	Direktmarketing und Data-Mining durch eine SOM .....	143
<b>5.</b>	<b>Fuzzy-Mengenlehre und Fuzzy-Logik .....</b>	<b>150</b>
5.1	Allgemeine Darstellung und Grundbegriffe: Die Welt ist unscharf .....	151
5.2	Ein Begriffsexkurs: Wahrscheinlichkeit und Unschärfe .....	161
5.3	Erweiterungen der Operatoren: Unscharfe Logik .....	164
5.4	Unscharfe Relationen .....	166
5.5	Experten- und Produktionssysteme sowie Defuzzifizierungen .....	169
5.6	Darstellung und Analyse konkreter Modelle .....	174
5.6.1	Die Modellierung von Wahlverhalten mit einem Fuzzy-ZA .....	174
5.6.2	Ämpelsteuerungen durch ein Fuzzy-System .....	178
<b>6.</b>	<b>Hybridisierungen der Basismodelle .....</b>	<b>183</b>
6.1	Hybride Systeme und Metaparameter .....	184
6.2	Darstellung von Beispielen .....	187
6.2.1	Modellierung und Steuerung von Verkehrsaufkommen auf Autobahnen durch die horizontale Koppelung eines ZA mit einer SOM .....	187
6.2.2	Optimierung des ZA-Fließbandmodells durch GA und ES .....	193
6.3	Die Modellierung kognitiver Ontogenese: Ein horizontal gekoppeltes hybrides System .....	199
<b>7.</b>	<b>Resümee und Perspektiven .....</b>	<b>209</b>
	Literaturverzeichnis .....	211
	Sachwortverzeichnis .....	216