

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Rückgekoppelte neuronale Netze</b>	<b>7</b>
2.1	Vorwärtsgekoppelte neuronale Netze . . . . .	8
2.1.1	Funktion und Struktur . . . . .	8
2.1.2	Lernen vorwärtsgekoppelter Netze . . . . .	12
2.2	Grundstrukturen rückgekoppelter Netze . . . . .	13
2.2.1	Relaxierende rückgekoppelte Netze . . . . .	15
2.2.2	Nicht relaxierende rückgekoppelte Netze . . . . .	18
2.3	Bezug zu etablierten Modellen . . . . .	25
2.3.1	Bezug zu Modellen aus der Statistik . . . . .	26
2.3.2	Bezug zu Modellen aus der Systemtheorie . . . . .	27
2.4	Theoretische Erkenntnisse über rückgekoppelte Netze . . . . .	28
2.5	Trainieren rückgekoppelter Netze . . . . .	29
2.5.1	Berechnung der Gradienten . . . . .	30
2.5.2	Gradienten basierte Lernverfahren . . . . .	38
2.5.3	Stochastisch basierte Lernverfahren . . . . .	42
2.5.4	Vergleich verwendeter Lernverfahren . . . . .	43
<b>3</b>	<b>Prädiktion und Modellierung</b>	<b>51</b>
3.1	Lineare und Nichtlineare Modelle . . . . .	52
3.2	Zeitreihenrekonstruktion und Prädiktion . . . . .	53
3.2.1	Abhängigkeit Rekonstruktion–Prädiktion . . . . .	55
3.2.2	Bestimmung von Einbettungsparametern . . . . .	56
3.3	Implizite Einbettung . . . . .	59
3.4	Abhängigkeit	
	Modell–Aufgabe–Einbettung . . . . .	63
3.4.1	Die Prädiktionsaufgaben . . . . .	63

3.4.2	Die verwendeten Modelle . . . . .	64
3.4.3	Experimentelle Ergebnisse . . . . .	67
3.4.4	Analyse rückgekoppelter neuronaler Netze . . . . .	74
3.5	Modellierung chaotischer Systeme . . . . .	77
<b>4</b>	<b>Evolution von Strukturen</b>	<b>81</b>
4.1	Strukturabhängige Netzeigenschaften . . . . .	82
4.1.1	Generalisierung . . . . .	82
4.1.2	Lerneigenschaften . . . . .	84
4.2	Evolutionäre Algorithmen . . . . .	87
4.3	Evolution bei verrauschter Fitness . . . . .	90
4.3.1	Auswirkungen des Rauschens . . . . .	90
4.3.2	Effizientes Mitteln . . . . .	93
4.3.3	Rauschen und Selektion . . . . .	101
4.4	Codierung neuronaler Netze . . . . .	107
4.4.1	Isomorphe Strukturen und Äquivalenzklassen . . . . .	110
4.4.2	Die Lösung des Competing Convention Problems . . . . .	118
4.5	Topologieoptimierung neuronaler Netze . . . . .	119
4.5.1	Codierung . . . . .	120
4.5.2	Netzbewertung . . . . .	123
4.5.3	Experimente . . . . .	127
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Diskussion</b>	<b>137</b>
<b>A</b>	<b>Zeitreihen</b>	<b>141</b>