

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>I Grundlagen Neuronaler Netze</b>	<b>9</b>
<b>1 Historische und Biologische Aspekte</b>	<b>11</b>
<b>2 Ein generisches Modell für Neuronale Netze</b>	<b>19</b>
2.1 Die Struktur Neuronaler Netze . . . . .	19
2.2 Die Arbeitsweise Neuronaler Netze . . . . .	24
2.3 Strukturveränderung – Lernen . . . . .	28
2.4 Lernparadigmen . . . . .	34
<b>II Architekturen Neuronaler Netze</b>	<b>37</b>
<b>3 Perceptrons</b>	<b>39</b>
3.1 Das formale Modell des Perceptrons . . . . .	41
3.2 Lineare Separabilität . . . . .	46
3.3 Der Lernalgorithmus des Perceptrons . . . . .	49
<b>4 Einfache lineare Modelle</b>	<b>59</b>
4.1 Das formale Modell Linearer Neuronaler Netze . . . . .	60
4.2 Das ADALINE und die Delta-Regel . . . . .	62
4.3 Matrixspeicher und die Hebbsche Lernregel . . . . .	67

<b>5</b>	<b>Multilayer-Perceptrons</b>	<b>71</b>
5.1	Das formale Modell des Multilayer-Perceptrons . . . . .	72
5.2	Backpropagation – Die verallgemeinerte Delta-Regel . . . . .	74
5.3	Anwendung des Backpropagation-Algorithmus . . . . .	77
5.4	Linear nicht-separable Lernaufgaben . . . . .	80
5.5	Multilayer-Perceptrons als universelle Approximatoren . . . . .	87
5.6	Anwendungen . . . . .	91
<b>6</b>	<b>Wettbewerbslernen</b>	<b>95</b>
<b>7</b>	<b>Selbstorganisierende Karten</b>	<b>103</b>
7.1	Das formale Modell . . . . .	104
7.2	Anwendungen selbstorganisierender Karten . . . . .	107
7.3	Counterpropagation . . . . .	112
<b>8</b>	<b>Hopfield-Netze</b>	<b>115</b>
8.1	Das formale Modell des Hopfield-Netzes . . . . .	116
8.2	Die Energiefunktion eines Hopfield-Netzes . . . . .	118
8.3	Das Hopfield-Netz als autoassoziativer Speicher . . . . .	120
8.4	Die Lösung von Optimierungsproblemen mit Hopfield-Netzen . . . . .	125
8.5	Das kontinuierliche Hopfield-Modell . . . . .	132
<b>9</b>	<b>Simulated Annealing und Boltzmann-Maschinen</b>	<b>137</b>
9.1	Simulated Annealing . . . . .	137
9.2	Boltzmann-Maschinen . . . . .	139
<b>10</b>	<b>Neuronale Regler</b>	<b>147</b>
<b>III</b>	<b>Konnektionistische Expertensysteme</b>	<b>153</b>
<b>11</b>	<b>Grundlagen der Expertensysteme</b>	<b>155</b>
<b>12</b>	<b>Wissensrepräsentation in Neuronalen Netzen</b>	<b>163</b>
12.1	Der Wissensbegriff in der KI-Forschung . . . . .	163

12.2 Wissensrepräsentation . . . . .	164
12.3 Kognitionswissenschaftliche Aspekte der Wissensrepräsentation . . . .	169
12.4 Wissensverarbeitung . . . . .	171
12.5 Konnektionistische Wissensrepräsentation und Wissensverarbeitung .	172
<b>13 Modellierung Konnektionistischer Expertensysteme</b>	<b>179</b>
13.1 Konzeptionelle Überlegungen . . . . .	180
13.2 Regelfolgende Modelle . . . . .	188
13.3 Regelbeherrschte Modelle . . . . .	203
<b>14 Preprocessing</b>	<b>223</b>
14.1 Transformationen und Merkmalsausprägung . . . . .	224
14.2 Erlernen der Transformationen . . . . .	226
<b>IV Neuronale Fuzzy-Systeme</b>	<b>231</b>
<b>15 Modellierung Neuronaler Fuzzy-Systeme</b>	<b>233</b>
15.1 Kognitive Modellierung von Expertenverhalten . . . . .	234
15.2 Fuzzy-Regler . . . . .	236
15.3 Kombinationen Neuronaler Netze und Fuzzy-Regler . . . . .	253
<b>16 Kooperative Neuronale Fuzzy-Regler</b>	<b>269</b>
16.1 Adaptive Fuzzy-Assoziativspeicher . . . . .	269
16.2 Linguistische Interpretation selbstorganisierender Karten . . . . .	278
16.3 Erlernen von Fuzzy-Mengen . . . . .	281
<b>17 Hybride Neuronale Fuzzy-Regler</b>	<b>285</b>
17.1 Das ARIC-Modell . . . . .	285
17.2 Das GARIC-Modell . . . . .	295
17.3 Weitere Modelle . . . . .	305
<b>18 Das NEFCON-Modell</b>	<b>315</b>
18.1 Anforderungen an das Modell . . . . .	316
18.2 Die Architektur . . . . .	318

18.3 Die Arbeitsweise . . . . .	323
18.4 Fuzzy-Fehler-Propagation – Der Lernalgorithmus . . . . .	325
18.5 Erlernen einer Regelbasis . . . . .	334
18.6 Beurteilung des NEFCON-Ansatzes . . . . .	337
18.7 NEFCON-I – Eine Implementierung . . . . .	340
<b>19 Neuronale Netze und Fuzzy-Prolog</b>	<b>355</b>
19.1 Neuronale Netze und Logik . . . . .	355
19.2 Fuzzy-Logik . . . . .	357
19.3 Neuronale Netze und Fuzzy-logische Programme . . . . .	362
19.4 Der Lernalgorithmus . . . . .	376
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>383</b>
<b>Index</b>	<b>404</b>