

Helge Ritter/Thomas Martinetz/Klaus Schulten

Neuronale Netze

Eine Einführung in die Neuroinformatik
selbstorganisierender Netzwerke

Technische Hochschule Darmstadt
FACHBEREICH INFORMATIK
B I B L I O T H E K
Inventar-Nr.: 8421
Sachgebiete: 5.2.4
Standort: 1990



ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY

Bonn · München · Reading, Massachusetts · Menlo Park, California
New York · Don Mills, Ontario · Wokingham, England · Amsterdam · Sydney
Singapore · Tokyo · Madrid · San Juan

Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Überblick	1
I. Neurocomputer Gehirn	
1. Heutige Konzepte zur Funktion des Gehirns . . .	13
2. Biologischer Hintergrund	17
3. Einige typische Modellansätze	25
3.1 Frühe Ansätze	25
3.2 Das Perzeptron	27
3.3 Assoziative Speicher	32
3.4 Lineare assoziative Speicher	39
3.5 Die Pseudoinverse als Speichermatrix	41
3.6 Gradientenabstieg zur Berechnung der Speicherma- trix	43
3.7 Der Korrelationsmatrix-Speicher	44
3.8 Das Hopfield-Modell	47
3.9 Der Backpropagation-Algorithmus	53
3.10 Selbstorganisierende Karten	61
II. Selbstorganisierende sensorische Karten	
4. Das Modell von Kohonen	67
4.1 Neurophysiologische Motivation	67
4.2 Vereinfachung und mathematische Definition . . .	73
4.3 Simulationsbeispiele	77
5. Kohonens Modell am Beispiel des auditiven Kortex der Fledermaus	85
5.1 Der auditive Kortex der Fledermaus	86
5.2 Der auditive Kortex der Fledermaus im Modell . .	89

5.3	Das Ergebnis der Simulation	91
5.4	Eine mathematische Beschreibung der "kortikalen Repräsentation"	94
5.5	Die "kortikale Repräsentation" im Modell	99
6.	Anwendung auf das "Problem des Handlungsreisenden"	105
6.1	Wege als eindimensionale Karten	106
6.2	Das Verhalten des Modells für diskrete Stimulusverteilung	107
6.3	Anwendung auf das "Handlungsreisendenproblem"	111
7.	Modellierung der somatotopischen Abbildung	115
7.1	Die somatotopische Abbildung zwischen Körperoberfläche und Kortex	115
7.2	Eine Ersatzdynamik zur Reduktion des Simulationsaufwands	117
7.3	Simulationsergebnisse	119
7.4	Die Entwicklung der rezeptiven Felder	124
7.5	Ein hochdimensionales Simulationsmodell auf einem Parallelrechner	126

III. Selbstorganisierende Karten zur Erlernung von Steuerungsaufgaben

8.	Erweiterung von Kohonens Modell	133
8.1	Motorische Karten	133
8.2	Lernen mit und ohne Unterweisung	136
8.3	Das "Stabbalance-Problem"	138
8.4	Stabbalance mit Unterweisung	140
8.5	Stabbalance ohne Unterweisung	145
9.	Okulomotorik als biologisches Beispiel	149
9.1	Okulomotorik und Superior Colliculus	149
9.2	Das Lernverfahren	152
9.3	Eine Computersimulation	156
9.5	Die Konvergenz des Lernverfahrens	162
9.6	Messungen an Versuchspersonen	166

IV. Anwendungen in der Robotik

Inhaltsverzeichnis

10.	Probleme der Robotersteuerung	171
11.	Visuomotorische Koordination eines Roboterarms	175
11.1	Der Positioniervorgang	179
11.2	Das Lernverfahren	184
11.3	Eine Herleitung des Lernverfahrens	187
11.4	Ergebnis einer Simulation	190
11.5	Steuerung eines Roboterarms mit redundanten Freiheitsgraden	199
11.6	Ergebnis einer Simulation	204
11.7	Das neuronale Netz als "table look up" Verfahren	207
12.	Manipulatorsteuerung mit hierarchischen Netzen	211
12.1	Der Roboter für die neue Aufgabenstellung . . .	211
12.2	Blick durch die Kameras	215
12.3	Hierarchische Anordnung von Kohonennetzen .	218
12.4	Die Ausgabewerte und der Positioniervorgang .	222
12.5	Das Lernverfahren für die Ausgabewerte	225
12.6	Ergebnis einer Simulation	226
12.7	Eine einfache Greifstrategie	231
13.	Lernen ballistischer Bewegungen eines Roboterarms	237
13.1	Aufgabenstellung und Modellansatz	237
13.2	Eine Simulation	240
V. Mathematische Eigenschaften der Lernverfahren		
14.	Mathematische Betrachtung des Modells von Kohonen	251
14.1	Überblick	251
14.2	Vektorquantisierung und Datenkompression . . .	253
14.3	Selbstorganisierende Karten und Vektorquantisierung	256
14.4	Faktoranalyse und "verborgene Parameter" . . .	258
14.5	"Hauptkurven", "Hauptflächen" und topologieerhaltende Karten	261
14.6	Lernen als stochastischer Prozeß	265
14.7	Fokker-Planck-Gleichung für den Lernprozeß . .	268
14.8	Bedingung an die Lernschrittweitenfolge für Konvergenz	273

14.9	Diskussion für in einem Quader gleichverteilte Eingangssignale	275
14.9.1	Langreichweitige Wechselwirkung	280
14.9.2	Kurzreichweitige Wechselwirkung	283
14.9.3	Vergleich mit Monte-Carlo-Simulationen	284
14.10	Interpretation der Ergebnisse	287
15.	Karten lokaler linearer Abbildungen	291
15.1	Der Lernalgorithmus für lokale lineare Abbildungen	292
15.2	Konvergenzverhalten ohne laterale Wechselwirkung	294
15.3	Konvergenzverbesserung durch Nachbarschafts- kooperation	301
15.3.1	Eindimensionaler Fall	304
15.3.2	Mehrdimensionaler Fall	305
	Anhang	309
	Literaturverzeichnis	311
	Stichwortverzeichnis	319