
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Überblick	1
1.2	Definition des Modells	1
1.2.1	Die Prozessoreinheiten	2
1.2.2	Universalität der formalen Neuronen	5
1.2.3	Die Topologie von Neuronalen Netzen	6
1.3	Autoassoziative Netzwerke	8
1.3.1	Synchrone und asynchrone Dynamiken	8
1.3.2	Prinzipielle Anwendung	8
1.3.3	Lyapunov-Funktionen	9
1.3.4	Freie Energien	10
1.4	Zusammenfassung und Problemstellung	13
2	Netzwerke bei niedriger Speicherdichte	14
2.1	Dynamische Kenngrößen	14
2.1.1	Überlapp und Untergitter-Magnetisierungen	14
2.2	Der Überlapp-Raum zu mehreren Mustern	16
2.2.1	Transformation zwischen Überlapp- und Untergitter-Raum	16
2.2.2	Erlaubter Überlapp-Raum bei zwei und drei Mustern . . .	17
2.2.3	Der Überlapp-Raum bei korrelierten Mustern	19
2.3	Untergitter-Raum und Dynamik	22
2.3.1	Interne Felder der Untergitter	22
2.3.2	Stabilität von Mustern	22
2.3.3	Attraktionsgebiete der Mischzustände	23
2.4	Exakte Enumeration von metastabilen Niveaus	27
2.5	Ein Netzwerk ohne metastabile Niveaus	29
2.5.1	Prinzipielle Idee	29
2.5.2	Konstruktion der Kopplungsmatrix	30
2.5.3	Transformation in Zustandsraum	32
2.5.4	Destabilisierung der 3er-Mischzustände	33
2.6	Zweierzyklen	36

3	Netzwerke bei hoher Speicherdichte	38
3.1	Statische Resultate	38
3.1.1	Signal/Rauschanalyse	38
3.1.2	Die Spinglas-Phase	40
3.2	Dynamische Resultate	42
3.2.1	Definition des stochastischen Prozesses	42
3.2.2	Die ersten Zeitschritte — Cavity-Argumente	43
3.3	Approximative Beschreibungen der Dynamik Neuronaler Netzwerke	47
3.3.1	extrem verdünnte Netzwerke	47
3.3.2	Feedforward-Netzwerke	47
3.4	Das Verschwinden der 3er-Mischzustände	50
4	Dynamik der Pseudoinversen	56
4.1	Exakte dynamische Theorie	56
4.1.1	Verteilung der inneren Felder	56
4.1.2	Dynamische Einteilchengleichungen	57
4.1.3	Die Struktur des inneren Feldes	58
4.1.4	Die ersten zwei Zweitschritte	59
4.2	Die Double-Peak-Dynamik	60
4.2.1	Der Double-Peak-Ansatz	60
4.2.2	Die Rekursionsgleichungen der DPD	61
4.2.3	Feldverteilung zum 3. Zeitschritt	62
4.3	Analytische Resultate	64
4.3.1	Test der DPD	64
4.3.2	Dynamisches Verhalten der Pseudoinversen	67
4.3.3	Das Attraktionsgebiet der Pseudoinversen	69
4.3.4	Die Korrelationsfunktion $\overline{S_t S_{t-2}}$	70
4.3.5	Die remanente Magnetisierung	71
4.4	Dynamik unter externem Rauschen	75
4.4.1	Die Modifikation der dynamischen Gleichungen	75
4.4.2	Netzwerk-Dynamik unter externem Rauschen	77
4.4.3	1. Ordnungsphasenübergang	77
4.4.4	Die kritische Temperatur T_c	77
4.4.5	Der exponentielle Zerfall von Überlapp und remanenter Magnetisierung	78
4.4.6	Die Korrelationsfunktion $c_{t,t-2}$ bei stochastischer Dynamik	78
4.4.7	Das temperaturabhängige Attraktionsgebiet	80

5 Zusammenfassung und Diskussion	81
A Exakte dynamische Theorie	84
A.1 Mittelung der generierenden Funktion	84
A.2 Die ersten Zeitschritte	87
A.2.1 Vereinfachung der dynamischen Gleichungen	87
A.2.2 Entgültige Form der dynamischen Gleichungen	88
A.2.3 Struktur des internen Feldes zu beliebigen Zeiten	89
A.2.4 Die ersten drei Zeitschritte	90
B Pseudoinverse, Projektor-Matrix und pseudoinverse Kopplungs- matrix	95
B.1 Definition und Konstruktion der Pseudoinversen	95
B.1.1 Definition der Pseudoinversen	95
B.1.2 Singular Value Decomposition (SVD)	95
B.1.3 Eigenschaften der Pseudoinversen	96
B.2 Die Projektor-Matrix	98
B.2.1 Eigenschaften der Projektor-Matrix und der pseudoinver- sen Kopplungsmatrix	99
C Dynamische Kenngrößen	101
C.1 Eichtransformationen der Dynamik	101
C.2 Vergleich von pseudoinverser Kopplungsmatrix und Perceptron- Matrix	103
D Numerische Tricks	104
D.1 Allgemeine Bemerkungen zur Optimierung Numerischer Prozesse	104
D.2 Schnelle Berechnung der Projektor-Matrix	104
D.3 Effektive Speicherung einer symmetrischen Kopplungsmatrix . . .	106
D.4 Erzeugung von Startvektoren	108

