



dandelion.com

© 2008 AGI-Information Management Consultants
May be used for personal purposes only or by
libraries associated to dandelion.com network.

Künstliche neuronale Netze

Grundprinzipien, Hintergründe, Anwendungen

*Dipl.-Phys. Patrick Hamilton
GFA Systemtechnik GmbH*

vde-verlag gmbh • Berlin • Offenbach



Inhalt

Vorwort	3
Inhalt	5
1 Einleitung	11
1.1 Informationsaufnahme	11
1.2 Informationsbearbeitung	12
1.3 Informationsausgabe	13
1.4 Ein Gedankenexperiment	13
2 Zur Geschichte	15
2.1 Zahlensysteme	15
2.2 Mechanische Rechenhilfen	16
2.3 Programmsteuerungen	18
2.4 Anfänge der Neuroforschung	18
2.5 Erste Computer	19
2.6 Immer dichter - immer schneller	20
2.7 Minsky versus Rosenblatt	21
2.8 Comeback der Neuroforschung	23
3 Zellulare Automaten	27
3.1 Spielen Sie Billard?	27
3.1.1 Billard-Physik	27
3.2 Aus der Weltsicht einer Billardkugel	28
3.2.1 Nur geradeaus	29
3.2.2 Reflexionen	29
3.2.3 Kollisionen mit ruhenden Kugeln	30
3.2.4 Kollisionen mit bewegten Kugeln	30
3.3 Immer mehr Kugeln	30
3.4 Rollende Automaten	32
3.5 Zellularautomaten	32
3.5.1 LIFE	33
3.5.2 LIFE live	34
3.6 Zellularer Realismus	35
3.7 Neuronale Zellularautomaten?	35

4	Information und Kybernetik	37
4.1	Zur Informationstheorie	37
4.2	Informationstheorie nach Shannon	38
4.2.1	Im Detail	39
4.2.2	Mathematischer Exkurs	39
4.3	Jenseits von Shannon	41
4.4	Kybernetik	43
4.5	Technische Regelkreise	45
5	Künstliche Intelligenz	49
5.1	Turing-Test	49
5.2	Einsatzbereiche Künstlicher Intelligenz	50
5.2.1	KI löst Probleme	51
5.2.2	KI lernt Konzepte	51
5.2.3	KI analysiert Szenen	51
5.2.4	KI interpretiert gesprochene Sprache	52
5.2.5	KI interpretiert Befehle	53
5.3	Aufbau von KI-Systemen	53
5.3.1	Wissensbasen	53
5.3.2	Datenstrukturierung	54
5.4	Folgen eingeschränkten Wissens	54
5.5	Suchstrategien	55
5.5.1	Schiebequadrat	56
5.5.2	Breadth-First-Suche	58
5.5.3	Depth-First-Suche	58
5.5.4	Heuristische Suche	59
5.5.5	Suchstrategien im Vergleich	60
6	Lernen und Erkennen	65
6.1	Wie definiert sich Lernen?	65
6.2	Erinnern sie sich?	66
6.2.1	Wissensrekonstruktion	66
6.2.2	Ergänzttes Wissen	68
6.2.3	Ein technisches Beispiel	69
6.3	Lernen technischer Systeme	70
6.4	Lernfähige Maschinen	71
6.5	Lernen im Spiel	73
6.5.1	Verifikation maschinellen Lernens	74
6.5.2	„Trial and Error“-Lernen	75
6.5.3	„Trial and Success“-Lernen	75

6.5.4	„Trial, Error and Success“-Lernen	76
7	Nerven und kleine Nervennetze	79
7.1	Aufbau einer Nervenzelle.	79
7.2	Modellneuronen	80
7.2.1	Kohonens Simulationen.	80
7.2.2	Neuronen als Wahrscheinlichkeitsfelder.	81
7.2.3	Unterschiedliche Denkweisen.	82
7.3	Zur Biologie der Nervenzellen.	82
7.3.1	Reizleitung in den Nervenfortsätzen.	83
7.3.2	Verschaltung von Neuronen	84
7.4	Übertragungsversuche.	86
8	INSTAR - OUTSTAR nach Stephen Grossberg	89
8.1	INSTAR	91
8.2	OUTSTAR.	91
8.3	Multis.	92
8.3.1	Praxis.	94
8.3.2	Ein wichtiges Grundprinzip.	95
8.4	Sequentieller Encoder.	95
8.5	Sequentieller Decoder.	95
9	Unterschiede zwischen Computern und künstlichen neuronalen Netzen	97
9.1	Ein Wettkampf.	97
9.2	Funktionsweise digitaler Computer.	98
9.3	Bei KNN ist alles anders.	100
9.4	Massiver Parallelismus.	100
9.5	Vom seriellen zum parallelen Rechner.	101
9.6	Vorteile künstlicher neuronaler Netze.	103
9.6.1	Parallel verteilte Prozesse.	103
9.6.2	Echtzeit-Datenverarbeitung.	103
9.6.3	Adaptive Netze.	103
9.6.4	Lokalisierte kontra verteilte Informationsrepräsentation.	104
10	Künstliche Neuronen - Grundelemente	105
10.1	Bestandteile künstlicher neuronaler Netze.	105
10.2	Konstruktion eines Prozessorelements.	106
10.2.1	Signaleingang.	107
10.2.2	Aktivierungsfunktion.	107

10.2.3	Ausgangssignal	109
10.2.4	Unterschwellige Reizung	110
10.2.5	Gedächtnis	111
10.3	Zusammenfassung	113
10.4	Interconnections	114
10.4.1	Anknüpfungspunkte	114
10.4.2	Betriebszustände	115
10.5	Gruppenbildung	115
11	Unser Gehirn - ein Supernetz?	117
11.1	Wie genau sind Gehirne gezeichnet?	118
11.2	Ordnung	119
11.2.1	Strandspaziergang	121
11.3	Sichtweisen	124
11.3.1	Materialismus	125
11.3.2	Dualismus	126
11.4	Was beschreiben die Naturwissenschaften?	126
11.5	Und dennoch	127
11.6	Gehirn als Vorbild	128
12	Verknüpfung zu künstlichen neuronalen Netzen	129
12.1	Konkurrenz und Kooperation	129
12.2	Grundcharaktere	131
12.2.1	Feedforward-Netze	131
12.2.2	Feedback-Netze	131
12.3	Schichten oder nicht!	131
12.3.1	Geschichtete Netze	133
12.3.1.1	Bottom-Up-Systeme	135
12.3.1.2	Top-Down-Systeme	136
12.3.1.3	Unterschied	136
12.3.2	Assoziative Speicher	136
12.3.2.1	Heteroassoziative Speicher	139
12.3.2.2	Autoassoziative Speicher	139
12.4	Systematisierung neuronalen Lernens	139
12.4.1	Neuronenbezogene Lernregeln	141
12.4.2	Schichtenbezogene Lernregeln	142
12.4.3	Netzbezogenes Lernen	143
12.5	Evolution oder Kreation?	144
12.6	Neuronale Architektur der Zukunft	146

13	Verschiedene Netztopologien	149
13.1	Das Perceptron und die Lernmatrix.	149
13.2	Backpropagation-Netze.	152
13.2.1	NetTalk	154
13.3	Counterpropagation-Netze.	155
13.4	Bidirektionales Assoziativgedächtnis (BAM).	157
13.5	Adaptive-Resonance-Netze (ART).	158
13.6	Spatiotemporal Pattern Classifier (SPR).	159
13.7	Boltzmann-Maschine.	160
13.8	Neocognitron.	163
13.9	Weitere künstliche neuronale Netze.	165
14	Neurorechner-Konzepte	167
14.1	Software.	168
14.2	Digitale Netzsimulationen.	169
14.3	Analoge künstliche neuronale Netze.	171
14.4	Optische Neurocomputer	172
14.4.1	Optische Neurochips.	173
14.5	Andere Neurochipkonzepte.	174
14.5.1	Hopfield-Chips.	174
14.5.2	WISARD.	177
14.6	Spektrum neuronaler Architekturen	178
15	Anwendungen	181
15.1	Gegenwärtiger Stand.	181
15.2	Umdenken der Anwender tut not.	184
15.2.1	Beispiel.	186
15.3	Applikationen in der Wirtschaft	187
15.4	Applikationen in der Medizin.	189
16	Quo vadis?	191
16.1	KNN - eine Symbiose.	192
16.2	Schnittstellen.	192
16.3	Programmierbarkeit	193
17	Forschungsförderung	199
17.1	... in Deutschland	199
17.2	...in Italien.	199
17.3	... in Großbritannien	200
17.4	... in Skandinavien.	200

17.5	...im Rahmen der EG.	200
17.6	...inJapan	200
17.7	...in den USA.	201
18	Who is who?	203
19	Literatur.	211
19.1	Allgemeines.	211
19.2	KNN-Biographien.	217
19.2.1	Adaptive-Resonance-Netze (ART).	217
19.2.2	Backpropagation-Netze (BPN).	217
19.2.3	Bidirektionales Assoziativgedächtnis (BAM).	218
19.2.4	Boltzmann-Netze.	218
19.2.5	Counterpropagation-Netze.	218
19.2.6	Hopfield-Netze.	218
19.2.7	Kohonen-Netze.	219
19.2.8	Neocognitron-Netze.	219
19.2.9	Spatiotemporal-Netze.	219
19.3	KNN-Veröffentlichungen des Autors.	219
20	Anmerkungen	221
	Stichwortverzeichnis	223