

Inhalt

1 Die Mystik Neuraler Netze	1
1.1 Wissenschaften und Modeströmungen	1
1.2 Ein "Neurales Netz"	2
1.3 Neurale Rechner – Neural Computing	4
1.4 Erwartungen an Neurale Netze	4
1.5 Einsatz Neuraler Netze	7
1.6 Beispiele	8
1.7 Charakterisierung Neuraler Netze	9
1.8 Praktische Anwendungen für Neurale Netze	11
1.8.1 Greifen nach einem Objekt, ohne das Gleichgewicht zu verlieren	11
1.8.2 Wahrnehmung von Mustern und deren Vervollständigung	12
1.8.3 Inhaltsadressierter Speicherzugriff	14
2 Aus den Anfängen Neuraler Netze	16
2.1 Im Anfang war die Kybernetik	16
2.1.1 Frühe Automaten – künstliche "Wesen"	16
2.1.2 Biologie – Neurone	16
2.1.3 Psychologie – Konditionierung	18
2.1.4 Mathematik – Berechenbarkeit	18
2.1.5 Weitere grundlegende Ideen	19
2.2 Seit McCulloch & Pitts, 1943	19
2.3 Frühe Lernsysteme	23
2.3.1 Perceptrons	23
2.3.2 Adaline (Adaptive Linear Element)	29
2.3.3 Lernmatrix	31
3 Neurophysiologische Grundlagen	35
3.1 Aufbau und Funktionsweise von Neuronen	35
3.1.1 Die Grundbausteine: Neurone, Synapsen – Kommunikation	36
3.1.2 Physiologie kleiner Neuronenverbände, Reflexe	43
3.2 Das visuelle System	48
3.2.1 Der Aufbau des Auges	48
3.2.2 Rezeptive Felder	53
3.2.3 Die Sehbahn	55
3.2.4 Die Signalverarbeitung	56
3.2.5 Grundlagen der Gestaltwahrnehmung	59

4 Künstliche Neurone	60
4.1 Was von der Biologie bleibt	60
4.2 McCulloch&Pitts-Neurone	60
4.3 Aufbau Neuraler Netze	62
4.3.1 Units	63
4.3.2 Aktivierung einer Unit	64
4.3.3 Outputfunktion	64
4.3.4 Ausbreitungsregel	66
4.3.5 Aktivierungsfunktion	66
4.4 Unit-Typen	66
4.4.1 Einfache lineare Units	66
4.4.2 Lineare Schwellwert-Units	68
4.4.3 Brain State in a Box (BSB)	69
4.4.4 Thermodynamische Units	70
4.4.5 Grossberg-Units	72
4.4.6 Interactive Activation Units (IAC)	73
4.4.7 Feldmann & Ballard-Units	74
4.4.8 Sigma-Pi-Units	74
4.4.9 Sigmoidale Units	75
4.4.10 Übersichtstabelle über Unit-Typen	75
4.5 Repräsentationsformen und Kodierungen	76
4.5.1 Lokale und verteilte Repräsentation	76
4.5.2 Kodierung	78
4.6 Hierarchie und Synchronität	82
4.7 Lernen in Neuralen Netzen	83
5 Lernen in Neuralen Netzen	84
5.1 Übersicht über die wichtigsten Lernansätze	84
5.2 Hebb-Regel	86
5.3 Delta-Regel	87
5.4 Back Propagation	87
5.4.1 Das Prinzip	87
5.4.2 Die Aufteilung des Fehlers auf Hidden-Units	90
5.4.3 Beispiel zur Berechnung eines Fehlersignals	92
5.4.4 Die verwendete Output-Funktion	93
5.4.5 Anwendungsbeispiele der Back Propagation	93
5.4.6 Wahl der Lernrate k	95
5.4.7 Gewichtsinitialisierungen	96
5.4.8 Momentum-Term	97
5.4.9 Variationen zur Rechenzeitverkürzung	97
5.5 Competitive Learning	99
5.5.1 Der Competitive Learning-Mechanismus	100

5.5.2	Eine geometrische Interpretation	101
5.5.3	Eigenschaften des Competitive Learning	103
5.6	Boltzmann-Maschinen	104
5.6.1	Prinzipielle Funktionsweise der Boltzmann-Maschine	105
5.6.2	Minimierung der Energie- oder Kostenfunktion	106
5.6.3	Störungen zur Überwindung lokaler Minima	107
5.6.4	Lernalgorithmus der Boltzmann-Maschine	108
5.7	Lernen durch Verstärkung und Belohnung	109
5.7.1	Grundlegende Version des Verstärkungslernens	109
5.7.2	Lernen mit verzögerter Verstärkung	110
5.7.3	Lernen durch Belohnung	111
5.8	Genetische Algorithmen	112
5.8.1	Grundlegende Version des genetischen Lernens	112
5.8.2	Genetisches Lernen und die Belohnungsregel	113
5.9	Topologie-erhaltende Abbildungen und Lernende Vektorquantifizierung (LVQ)	114
5.9.1	Ordnungserhalt	114
5.9.2	Lokale Antworten aufgrund lateraler Interaktion	115
5.9.3	Topologie-erhaltende Abbildungen	117
5.9.4	Der Algorithmus in diskreten Zeitschritten	119
5.9.5	Beispiele einfacher Abbildungen	120
5.9.6	Anordnung der Gewichtsvektoren	125
5.9.7	LVQ – Lernende Vektor-Quantifizierung	127
6	Modelle	130
6.1	NETtalk (Sejnowski & Rosenberg, 1986)	130
6.1.1	Aufbau von NETtalk	131
6.1.2	Repräsentation der Buchstaben und Phoneme	132
6.1.3	Lernalgorithmus	132
6.1.4	Ergebnisse	133
6.2	Hopfield-Netze	134
6.2.1	Grundmodell	134
6.2.2	Analoge Implementierung	136
6.2.3	Anwendungsgebiete für Hopfield-Netze	137
6.3	Fukushimas Neocognitron	141
6.3.1	Biologische Inspiration	141
6.3.2	Struktur des Netzes	143
6.3.3	Lernen im Neocognitron: Selbstorganisation	146
6.3.4	Funktionsweise	148
6.4	Adaptive Resonance Theory (ART)	152
6.4.1	Aufbau und Funktion des Grundsystems	153
6.4.2	ART1 mit Aufmerksamkeitssteuerung	154
6.4.3	Lernen in ART1	155

6.4.4	ART1 mit zusätzlicher Kontrolleinheit	156
6.4.5	Entdeckung von Neuem und Kategoriegrößen	157
6.5	Kohonens Spracherkennung	159
6.5.1	Bio-Analogie	160
6.5.2	Automatische Spracherkennung	161
6.5.3	Akustische Vorverarbeitung des Sprachsignals	161
6.5.4	Der Algorithmus zur Spracherkennung	162
6.5.5	Phonem-Abbildungen	164
6.5.6	Transiente Phoneme	166
6.5.7	Kompensation der Koartikulationseffekte	166
6.5.8	Implementierung des Systems	167
7	Simulationen	168
7.1	Hardware	171
7.2	Software	173
7.2.1	Herkömmliche Programmiersprachen	174
7.2.2	Pakete (Interaktive Simulationssysteme)	175
7.2.3	Spracherweiterungen und Sprachen	175
8	Nayantara	177
	Literaturverzeichnis	179
	Namen- und Sachverzeichnis	183