

Inhalt

Prolog	7
1 Kognitive Prozesse	9
1.1 Modellansätze zur Erforschung kognitiver Prozesse	9
1.1.1 Kognitionspsychologie	9
1.1.2 Computerwissenschaft (KI)	11
1.1.3 Neurowissenschaft	13
1.1.4 Spannungsfeld kognitionswissenschaftlicher Disziplinen	15
1.1.5 Symbolorientierter Ansatz	18
1.1.5.1 Physical Symbol Systems Hypothesis	18
1.1.5.2 Language of Thought	19
1.1.5.3 Unified Theories of Cognition	20
1.1.5.4 SOAR	21
1.1.5.5 ACT	22
1.1.6 Konnektionistischer Ansatz	25
1.1.6.1 Frühe Neuronenmodelle	26
1.1.6.2 PDP	26
1.1.7 Neurokognitiver Ansatz	30
1.1.7.1 Aufbau der biologischen Nervenzelle	31
1.1.7.2 Räumlich und funktional differenzierte Hirnstrukturen	34
1.1.7.3 Methoden und Paradigmen der Neurowissenschaft	39
1.2 Begriffliche Konzepte	43
1.2.1 Kognition	43
1.2.1.1 Klassische Auffassung von Kognition	44
1.2.1.2 Konnektionistische Auffassung von Kognition	45
1.2.1.3 Neurowissenschaftliche Auffassung von Kognition	46
1.2.1.4 Fazit	47
1.2.2 Informationsverarbeitung	48
1.2.2.1 Informationsverarbeitung in der Psychologie	48
1.2.2.2 Informationsverarbeitung in kognitionswissenschaftlichen Ansätzen	49
1.2.3 Repräsentation und Wissensrepräsentation	50
1.2.3.1 Bedeutungsvarianten des Repräsentationsbegriffes	50
1.2.3.2 Repräsentationen in der Symboltheorie	52
1.2.3.3 Repräsentationen im Konnektionismus	53
1.2.3.4 Repräsentationen in der Neurowissenschaft	53
1.2.3.5 Fazit	54
1.3 Architekturen computationaler Modellierung	55
1.3.1 Artificielle Architekturen	56
1.3.2 Kognitive Architekturen	58
1.3.3 Biologische Architekturen	60
1.4 Bedeutung computationaler Modellierung	62
1.4.1 Theorien und Simulationen über Kognition	63
1.4.2 Theorien und Modelle im Konnektionismus	63
1.5 Zusammenfassung	65

2 Grundlagen konnektionistischer Modelle	67
2.1 Geschichtliche Entwicklung	67
2.1.1 Prinzip formaler Neurone und ihre Limitationen	67
2.1.1.1 McCulloch-Pitts-Neurone	67
2.1.1.2 Anwendung formaler Neurone	69
2.1.2 Mustererkennung und Lernen beim Perzeptron	72
2.1.2.1 Perzeptron-Modell von Rosenblatt	73
2.1.2.2 Analyse des Perzeptron-Modells von Minsky & Papert	75
2.1.2.3 Perzeptron-Lernalgorithmus	80
2.1.3 Parallelverarbeitung beim Pandemonium	82
2.1.4 Netzwerkmodelle als assoziativer Speicher	83
2.1.5 Renaissance konnektionistischer Netzwerke	85
2.2 Konnektionistische Prinzipien	86
2.2.1 Modellkomponenten	87
2.2.2 Lernregeln	90
2.2.2.1 Hebbsches Lernen	90
2.2.2.2 Delta-Regel und Varianten	91
2.2.3 Netzwerktopologien	92
2.2.3.1 Wahl der Netzwerkarchitektur	93
2.2.3.2 Optimierung der Netzwerkarchitektur	94
2.2.3.3 Fazit	97
2.3 Taxonomie konnektionistischer Modelle	98
2.3.1 Formen der Klassifizierung	99
2.3.2 Muster-assoziative Netzwerke	101
2.3.2.1 Prinzipien der Mustererkennung	102
2.3.2.2 Simulation eines muster-assoziativen Netzwerks	104
2.3.2.3 Fazit	107
2.3.3 Auto-assoziative Netzwerke	107
2.3.3.1 Prinzipien der Autoassoziation	107
2.3.3.2 Auto-assoziative Beispielnetze von McClelland & Rumelhart	110
2.3.3.3 Fazit	114
2.3.4 Mehrebenen-Netzwerke	115
2.3.4.1 Prinzipien geschichteter Netzwerke	115
2.3.4.2 Lernen nach der Least-Mean-Squares-Technik	116
2.3.4.3 Logistische Aktivierungsfunktion	118
2.3.4.4 Einsatz von Backpropagation in Mehrebenen-Netzwerken	120
2.3.4.5 Fazit	123
2.3.5 Kompetitive Netzwerke	124
2.3.5.1 Prinzipien kompetitiven Lernens	124
2.3.5.2 Simulation eines kompetitiven Netzwerks von Rumelhart & Zipser	128
2.3.5.3 Fazit	130
2.3.6 Rekurrente Netzwerke	131
2.3.6.1 Prinzipien rekurrenter Netzwerke	131
2.3.6.2 Rekurrentes Beispielnetzwerk von Elman	132
2.3.6.3 Rekurrentes Beispielnetzwerk von Jordan	135
2.3.6.4 Fazit	135
2.4 Besonderheiten des Konnektionismus	136
2.4.1 Relevanz der Netzwerkarchitektur	137
2.4.1.1 Ein- versus mehrschichtiges Netzwerk	137
2.4.1.2 Vorwärts gerichtetes versus rekurrentes Netzwerk	137
2.4.1.3 Konnektivitätsmuster	138
2.4.1.4 Neuronale Plausibilität	138
2.4.1.5 Soft Constraints	139
2.4.1.6 Berücksichtigung der Stabilität bei gradueller Schädigung	140
2.4.2 Beschreibung der Arbeitsweise von Netzwerken	140
2.4.2.1 Attraktoren im Zustandsraum	141
2.4.2.2 Attraktoren zur Kategorisierung nach Ähnlichkeiten	141

2.4.2.3	Attraktoren zur Kategorisierung von Unähnlichkeiten	142
2.4.2.4	Attraktoren und Schädigungseffekte	143
2.5	Zusammenfassung	144
3	Applikationen konnektionistischer Modelle	145
3.1	Paradigmen wissenschaftlicher Psychologie	145
3.2	Lernen	145
3.2.1	Lernen in der Tradition des Empirismus	145
3.2.2	Lernen in der Tradition des Rationalismus	146
3.2.3	Lernkonzepte der Psychologie	146
3.2.3.1	Reaktions- und verhaltensorientierte Lerntheorien	147
3.2.3.2	Kognitive Lerntheorien	148
3.2.3.3	Neurophysiologische Lerntheorien	148
3.2.3.4	Emotionale und motivationale Anteile des Lernens	149
3.2.3.5	Spezifische Lernformen	149
3.2.3.6	Dualistische Lerntheorie	150
3.2.3.7	Fazit	150
3.2.4	Symbolorientierte Modelle des Lernens	151
3.2.4.1	Maschinen-Lernen	151
3.2.4.2	Gelegenheitsbezogene Lernformen	152
3.2.4.3	Lernen im ACT-Modell	152
3.2.4.4	Lernen in Classifier-Systemen	153
3.2.4.5	Fazit	154
3.2.5	Konnektionistische Modelle des Lernens	154
3.2.5.1	Konnektionistische Lernparadigmen	155
3.2.5.2	Konnektionistisches Netzwerk für Regellernen von McClelland	158
3.2.5.3	Lernen unter Verwendung der Cascade-Correlation-Technik	163
3.2.5.4	Fazit	166
3.3	Gedächtnis	166
3.3.1	Gedächtnismodelle der Psychologie	167
3.3.1.1	Gedächtnisstufen	167
3.3.1.2	Gedächtniskomponenten	167
3.3.1.3	Gedächtnisprozesse	173
3.3.1.4	Fazit	173
3.3.2	Symbolorientierte Gedächtnismodelle	176
3.3.2.1	Chunks und Produktionen	176
3.3.2.2	Fazit	177
3.3.3	Konnektionistische Gedächtnismodelle	177
3.3.3.1	Kollektive verteilte Aktivität und deren Konsolidierung	179
3.3.3.2	Semi-Modularität	180
3.3.3.3	Bidirektionales assoziatives Gedächtnismodell von Kosko	181
3.3.3.4	Hopfield-Netzwerk	185
3.3.3.5	Spärlich-verteiltes Gedächtnismodell von Kanerva	188
3.3.3.6	Fazit	193
3.4	Wissen	193
3.4.1	Wissenskonzepte der Psychologie	193
3.4.1.1	Auffassungen zur Repräsentation von Wissen	194
3.4.1.2	Differenzierung verschiedener Wissensarten	194
3.4.1.3	Differenzierung verschiedener Wissensthemen	196
3.4.1.4	Fazit	197
3.4.2	Symbolorientierte Auffassung von Wissen	197
3.4.2.1	Wissen und Können	197
3.4.2.2	Skripts, Frames und Schemata	198
3.4.2.3	Fazit	199
3.4.3	Konnektionistische Auffassung von Wissen	200
3.4.3.1	Analoge Repräsentationen in der Psychologie	200
3.4.3.2	Analoge Repräsentationen im Konnektionismus	202

3.4.3.3	Selbstorganisierende Merkmalskarten von Kohonen	203
3.4.3.4	Expertenwissen	206
3.4.3.5	Merkmale von Expertise	207
3.4.3.6	Implementation von Wissen in konnektionistischen Netzwerken	210
3.4.3.7	Fazit	211
3.5	Zusammenfassung	211
4	Konnektionismus, Psychologie und Kognition	212
4.1	Konsequenzen des Konnektionismus	212
4.1.1	Relationen zum Konnektionismus	212
4.1.2	Abgrenzung eines genuinen Konnektionismus	213
4.1.3	Lernen	216
4.1.3.1	Assoziationismus	217
4.1.3.2	Fazit	218
4.1.3.3	Nativismus versus Empirismus	218
4.1.3.4	Fazit	221
4.1.4	Gedächtnis	221
4.1.4.1	Modellierung spezifischer Gedächtnisphänomene und -strukturen	222
4.1.4.2	Erhaltene Annahmen über Verarbeitungsstufen des Gedächtnisses	223
4.1.4.3	Fazit	225
4.1.5	Wissen	225
4.1.5.1	Wissensbasierte Informationsverarbeitung	225
4.1.5.2	Mentale Modelle und Schemata	226
4.2	Diskussion des Konnektionismus	227
4.2.1	Argumente gegen den Konnektionismus	228
4.2.2	Argumente für den Konnektionismus	230
4.2.2.1	Inkompatibilitätshypothese	231
4.2.2.2	Kompatibilitätshypothese	233
4.3	Innovationen des Konnektionismus	235
4.3.1	Lokale versus verteilte Repräsentation	235
4.3.2	Graduelle Konzepte von Modularität	236
4.3.3	Konsequenzen für nicht-lokale, interaktive Modelle	237
4.4	Konnektionismus und Neuropsychologie	239
4.4.1	Modell zur Objekterkennung von Farah & McClelland	241
4.4.2	Modell zur Gesichtererkennung von Farah, O'Reilly & Vecera	244
4.5	Konnektionismus und Neurokognition	248
4.5.1	Gedächtniskonzept von McClelland, McNaughton & O'Reilly	250
4.5.2	Konnektionistisches Modell von Norman & O'Reilly	253
4.6	Epilog	255
4.6.1	Ebenen von Plausibilität	256
4.6.2	Die dynamische Sicht von Kognition	258
	Literaturverzeichnis	262
	Personen- und Sachregister	279