

Inhaltsverzeichnis

I Wissensbasierte Techniken	1
1 Künstliche Intelligenz	3
1.1 Arbeitsgebiete	4
1.2 Historische Entwicklung	4
2 Menschliches Problemlösungsverhalten	7
2.1 Menschliche Informationsverarbeitung	7
2.2 Lösen von Problemen	9
2.3 Menschliches Fachwissen	11
3 Maschinelle Wissensrepräsentation	13
3.1 Darstellungsarten von Wissen	13
3.2 Semantische Netzwerke	14
3.3 Produktionsregeln	16
3.4 Objektorientierte Darstellung	18
3.5 Graphische Visualisierung	21
3.6 Logikbasierte Systeme	22
4 Expertensystemtechnik	25
4.1 Definitionen	25
4.2 Kennzeichen	25
4.3 Innere Struktur	27
4.4 Einsatzgebiete	29
4.5 Einschränkungen	30
5 Funktion der Inferenzmaschine	31
5.1 Inferenzverfahren	31

5.2	Vages Wissen	32
5.3	Unsicherheit	32
5.4	Resolutionsverfahren	34
5.5	Ablaufsteuerung	36
5.6	Rückwärtsverkettung	36
5.7	Vorwärtsverkettung	40
5.8	Suchverfahren	41
5.9	Nicht-monotones Schließen	42
6	Knowledge Engineering	43
6.1	Aufbau eines kleinen Wissenssystems	43
6.2	Aufbau großer Wissenssysteme	44
7	Entwicklungswerzeuge	51
7.1	KI-Sprachen	51
7.2	Programmierumgebungen	55
7.3	Knowledge-Engineering Werkzeuge	55
II	Wissensbasierte Robotersimulation	63
8	Intelligente Robotersysteme	65
8.1	Roboter der 3. Generation	65
8.2	Arbeitsablauf eines intelligenten Roboters	66
8.3	Eigenschaften des Menschen	67
8.4	Wissen über Fertigungsprozesse	67
8.5	Steuerung der 3. Generation	68
8.6	Beispiel: Montagerobotersystem	69
9	Wissensbasierte Ansätze	71
9.1	Steuerungssysteme	71
9.2	Mobile Roboter	72
9.3	Greifer- und Sensorsysteme	73
9.4	Objektbasierter Zellentwurf	74
9.5	Modellbasiertes System für Robotermanipulationen	75
9.6	Einsatz einer Datenbank	76

9.7 CAD-basierte Off-Line Programmierung	76
9.8 System zur automatischen Programmierung	76
9.9 Integration von Konstruktion und Fertigung	77
9.10 Generierung von Roboterprogrammen	78
9.11 Produktbasierter Entwurf	78
9.12 System zur Simulation intelligenter Roboter	80
9.13 Programmierung intelligenter Roboter	80
9.14 Einsatz von Expertensystemen	81
9.15 Wissensbasierte Montage	82
9.16 Robotertechnik und Künstliche Intelligenz	83
9.17 Stufenplan bei der Programmierung von Robotern	85
10 Planen	87
10.1 Selbständige Programmierung	87
10.2 Planungsverfahren	88
10.3 Planung von Roboteraktionen	90
10.4 Planungsvorgang für eine Montage	91
10.5 Planungssysteme	95
11 Systemkonzepte	97
11.1 Entwicklungsstrategien	97
11.2 Nutzen kommerzieller Systeme	98
11.3 Strukturvarianten	99
12 Expertensystemshell Nexpert Object	103
12.1 Wissendarstellung und Wissensverarbeitung	104
12.2 Repräsentation von Dingen	106
12.3 Integration von Nexpert Object in Rechnerprogramme	107
13 Wissensbasiertes Modell	113
13.1 Verbindung geometrischer und wissensbasierter Modelle	113
13.2 Alternativen im Aufbau eines wissensbasierten Modells	114
13.3 Modellerzeugung	115
13.4 Komponenten einer Roboterzelle	116
13.5 Klassenorientiertes Modell	117

13.6 Klasse Modell . . . . .	.118
13.7 Klasse Roboter. . . . .	.119
13.8 Klasse Roboterachse. . . . .	.120
13.9 Klasse Robotersteuerung . . . . .	.120
13.10 Klasse	Greifer.....	.121
13.11 Klasse	Werkzeug.....	.121
13.12 Klasse	Sensor.....	.122
13.13 Klasse	Handhabungsobjekt.....	.122
13.14 Beispiel . . . . .	.123
14 Skriptgesteuerte Programmierung	.129	
14.1 Repräsentation von Aktionsfolgen . . . . .	.129
14.2 Programmierung von Robotern . . . . .	.131
14.3 Elementare Aktionen. . . . .	.134
14.4 Zellenanalyse . . . . .	.135
14.5 Raumbewegung . . . . .	.136
14.6 Feinbewegung . . . . .	.146
14.7 Greifen und Loslassen . . . . .	.153
14.8 Realisierung . . . . .	.160
III Einsatz neuronaler Netze	.163	
15 Konzepte neuronaler Netze	.165	
15.1 Funktion des menschlichen Gehirns. . . . .	.165
15.2 Modell eines Neurons. . . . .	.166
15.3 Aufbau eines neuronalen Netzes. . . . .	.168
15.4 Lernphase. . . . .	.170
15.5 Betriebsphase . . . . .	.171
15.6 Netzstrukturen. . . . .	.171
15.7 Repräsentation von Wissen. . . . .	.172
15.8 Einsatzgebiete. . . . .	.173
15.9 Neue Technologien . . . . .	.174

16 Netztypen	175
16.1 Klassifizierung neuronaler Netze	175
16.2 Einschichtnetze	176
16.3 Netze mit topologisch geordneten Vektoren	176
16.4 Zweischichtnetze	177
16.5 Vorwärtsgekoppelte Mehrschichtnetze	177
16.6 Backpropagation-Netz	177
16.7 Kooperative und kompetitive Mehrschichtnetze	179
16.8 Hybride Netze	179
16.9 Fehlermaße	180
16.10 Probleme beim Einlernen.....	182
17 Modell eines Neurons und Lerngesetze	183
17.1 Modell eines Neurons	183
17.2 Neuronenmodell in NWorksII	186
17.3 Gewichtete Summation	187
17.4 Aktivierungsfunktion	187
17.5 Skalierung und Limitierung	188
17.6 Ausgabefunktion	188
17.7 Fehlerberechnung	188
17.8 Lerngesetze in NWorksII	189
18 Einsatz von Backpropagation-Netzen	193
18.1 Aktivierungsfunktion	194
18.2 Propagierungsfunktion	194
18.3 Netztyp	194
18.4 Netztopologie	195
18.5 Einlerndaten	195
18.6 Lerngesetz	196
19 Neuronale Netze in der Robotertechnik	197
19.1 Kinematik	197
19.2 Dynamik	198
19.3 Sensorik.	199
19.4 Regelung	199

20 Inverse Kinematik	201
20.1 Standard Back-Propagation-Netze	204
20.2 Fast Back-Propagation-Netze	207
20.3 Functional-Link Back-Propagation-Netze	211
20.4 Functional-Link Back-Propagation-Netze mit Sinus	214
20.5 Wertung	217
IV Ausblick	219
21 Perspektiven	221
21.1 Zukünftige Robotersysteme	221
21.2 Lernende Roboter	221
21.3 Gestaltungsorientierte Animationsverfahren	222
21.4 Mehrdimensionale Interaktionen	223
21.5 Einbeziehung physikalischer Prinzipien	224
21.6 Erweiterte Modellierungsfunktionen	224
21.7 Objektveränderungen	225
21.8 Virtuelle Realität	226
Literaturverzeichnis	231
Stichwortverzeichnis	241