

Inhaltsverzeichnis

Teil 1: Einführung	1
1 Das Fachgebiet Künstliche Intelligenz	1
1.1 Zielstellung	1
1.2 Historischer Rückblick	4
1.2.1 Ausgangspunkte	4
1.2.2 Die Entwicklungsetappen der Künstlichen Intelligenz . . .	7
1.3 Teilgebiete der Künstlichen Intelligenz	10
1.4 Ingenieurtechnische Anwendungen der Künstlichen Intelligenz . .	12
1.4.1 Impulse der Künstlichen Intelligenz für die Lösung ingenieurtechnischer Probleme	12
1.4.2 Potentielle Anwendungsgebiete	15
1.4.3 Schwierigkeiten ingenieurtechnischer Anwendung	16
1.5 Möglichkeiten und Grenzen der Künstlichen Intelligenz	17
Literaturhinweise	19
2 Einführungsbeispiel	21
2.1 Beschreibung eines Wasserversorgungssystems	21
2.2 Einfache Methoden zur Verarbeitung von Regeln	25
2.2.1 Umformung der Wissensbasis	25
2.2.2 Verschachtelung der Regeln in einem Entscheidungsbaum .	26
2.2.3 Anordnung der Regeln als Wissensbasis	31
2.2.4 Probleme der Wissensverarbeitung	34
Literaturhinweise	35
Teil 2: Methodische Grundlagen	36
3 Graphensuche	36
3.1 Bestimmung von Erreichbarkeitsbäumen	36
3.1.1 Problemstellung	36
3.1.2 Geradeaussuche	38
3.1.3 Tremaux-Algorithmus zur Bestimmung des Erreichbarkeitsbaumes	44
3.1.4 Breite-zuerst-Suche	44
3.1.5 Tiefe-zuerst-Suche	51
3.1.6 Struktur und Eigenschaften der Suchalgorithmen	56
3.2 Bestimmung von Pfaden	59
3.2.1 Erweiterung der bisher behandelten Algorithmen	59
3.3 Heuristische Suchalgorithmen	63
3.3.1 Heuristische Erweiterung der Suchsteuerung	63

3.3.2	Bestimmung optimaler Pfade	66
3.3.3	A*-Algorithmus	69
3.4	Zusammenfassung	75
	Literaturhinweise	77
4	Regelbasierte Wissensverarbeitung	78
4.1	Zustandsraumdarstellung von Wissensverarbeitungsproblemen . .	78
4.1.1	Darstellung von Wissen in Form von Regeln	78
4.1.2	Formulierung von Wissensverarbeitungsproblemen	79
4.1.3	Veranschaulichung der Wissensverarbeitung durch gerichtete Graphen	82
4.2	Problemlösen durch Vorwärtsverkettung von Regeln	85
4.2.1	Vorwärtsverkettung	85
4.2.2	Verarbeitung von Schlußfolgerungsregeln	86
4.2.3	Verarbeitung von Aktionsregeln	95
4.2.4	Kommutative und nichtkommutative regelbasierte Systeme	105
4.2.5	Ein nichtkommutatives System mit Aktionsregeln	106
4.3	Problemlösen durch Rückwärtsverkettung von Regeln	115
4.3.1	Rückwärtsverkettung	115
4.3.2	Beispiel: Diagnose des Wasserversorgungssystems	118
4.3.3	Anwendungsgebiete der Rückwärtsverkettung	123
4.4	Architektur und Einsatzgebiete regelbasierter Systeme	124
4.4.1	Allgemeiner Wissensverarbeitungsalgorithmus	124
4.4.2	Architektur regelbasierter Systeme	127
4.4.3	Implementierung regelbasierter Systeme im OPS5	127
4.4.4	Einsatzcharakteristika regelbasierter Systeme	131
	Literaturhinweise	134
5	Logikbasierte Wissensverarbeitung	135
5.1	Einführung	135
5.2	Grundlagen der Aussagenlogik	136
5.2.1	Aussagen und Aussagenverknüpfungen	136
5.2.2	Logische Gesetze	138
5.2.3	Inferenzregeln der Aussagenlogik	140
5.2.4	Aussagenkalkül	143
5.3	Grundlagen der Prädikatenlogik	148
5.3.1	Prädikate, Aussagen und Aussageformen	148
5.3.2	Inferenzregeln der Prädikatenlogik	151
5.3.3	Prädikatenkalkül	154
5.4	Problemlösen durch Problemreduktion	156
5.5	Das Resolutionsprinzip	159
5.5.1	Resolutionsprinzip der Aussagenlogik	160
5.5.2	Resolutionsprinzip der Prädikatenlogik	161
5.6	Problemlösen durch Resolution	163
5.6.1	Der Widerspruchsbeweis	163
5.6.2	Widerspruchsbeweis mit der Resolutionsmethode	165

5.6.3	Steuerung des Inferenzprozesses	169
5.6.4	Resolutionswiderlegung in der logischen Programmierung	174
5.6.5	Merkmale von Resolutionssystemen	182
5.7	Logik als Grundlage der Wissenverarbeitung	185
5.7.1	Syntax und Semantik logischer Ausdrücke	185
5.7.2	Wissenverarbeitung mit Hilfe der Logik	187
5.7.3	Erweiterungsmöglichkeiten	189
	Literaturhinweise	190
6	Wissenverarbeitung mit strukturierten Objekten	191
6.1	Begriffsbildung und strukturierte Objekte	191
6.1.1	Begriffshierarchien und Vererbung von Eigenschaften	191
6.1.2	Multihierarchien und Sichten	194
6.2	Semantische Netze	195
6.3	Frames	198
6.3.1	Grundidee	198
6.3.2	Anordnung von Frames in Generalisierungshierarchien	199
6.3.3	Erweiterungsmöglichkeiten	200
6.3.4	Vergleich von Frames mit anderen Wissenrepräsentations- formen	202
	Literaturhinweise	203
7	Merkmale und Anwendungsgebiete der Wissenverarbeitung	204
7.1	Wissenrepräsentation	204
7.1.1	Ziel der Wissenrepräsentation	204
7.1.2	Deklaratives und prozedurales Wissen	206
7.1.3	Anforderungen an die Wissenrepräsentation	208
7.1.4	Wissenrepräsentationsmodelle	209
7.1.5	Wissenserwerb	212
7.1.6	Probleme der Wissenrepräsentation	213
7.1.7	Formalisierbarkeit von Wissen	215
7.2	Wissenverarbeitung	217
7.3	Anwendungsgebiete der Wissenverarbeitung	219
7.3.1	Problemspezifikation und Algorithmierung	219
7.3.2	Vergleich der wichtigsten Verarbeitungsschritte der nu- merischen Datenverarbeitung und der Wissenverarbeitung	223
	Teil 3: Softwaretechnologie	226
8	Funktionale Programmierung in LISP	226
8.1	Funktionale Programmierung	226
8.2	Rekursive Funktionen	229
8.3	Syntax von LISP	231
8.3.1	Listen	231

8.3.2	LISP-Ausdrücke	233
8.3.3	Wichtige LISP-Funktionen	238
8.3.4	Definition und Aufruf neuer Funktionen	244
8.4	Programmelemente	247
8.4.1	Verarbeitung von Listen	247
8.4.2	Bedingte Anweisungen und Let-Konstruktionen	250
8.4.3	Weitere LISP-Funktionen	252
8.5	Programmbeispiel: Tiefe-Zuerst-Suche in Graphen	253
8.6	Merkmale der Programmiersprache LISP	262
	Literaturhinweise	265
9	Logische Programmierung in PROLOG	266
9.1	Syntax von PROLOG	266
9.2	Abarbeitung logischer Programme	269
9.2.1	Semantik logischer Programme	269
9.2.2	Steuerfluß bei der Verarbeitung logischer Programme	270
9.2.3	Interpretation des Ergebnisses	273
9.3	Programmelemente	276
9.3.1	Verarbeitung von Listen	277
9.3.2	Rekursive Programmierung	279
9.3.3	Built-in-Prädikate	279
9.4	Programmbeispiele	285
9.4.1	Bestimmung von Pfaden in Graphen	285
9.4.2	Zusammenfassung eines Widerstandsnetzwerkes	292
9.5	Anwendungsgebiete von PROLOG	296
	Literaturhinweise	299
10	Objektorientierte Programmierung	300
10.1	Grundidee der objektorientierten Programmierung	300
10.1.1	Objekte	300
10.1.2	Hierarchien von Objekten	302
10.2	Verarbeitung von Frames in LISP	303
10.2.1	Darstellung von Frames durch Listen	303
10.2.2	Funktionen zum Editieren von Frames	304
10.2.3	Vorbelegungen und Dämonen	307
10.2.4	Funktionen für die Vererbung	309
10.3	Objektorientierte Programmierung in LISP	312
10.3.1	Erweiterung von Frames zu Objekten	312
10.3.2	Nachrichtenaustausch zwischen den Objekten	313
	Literaturhinweise	318
11	Die Softwaretechnologie der Künstlichen Intelligenz	319
11.1	Anforderungen an eine neue Softwaretechnologie	319
11.2	Sprachen und Programmierstile	320
11.2.1	Merkmale der KI-Sprachen	320
11.2.2	Programmierstile der Künstlichen Intelligenz	322

11.2.3 Aufbau von Sprachebenen	325
11.2.4 Anwendungsgebiete von LISP und PROLOG	326
11.3 Strukturierung von Wissensverarbeitungssystemen	327
11.4 Voraussetzungen für die Entwicklung von KI-Programmen	329
11.5 Spezialhardware für Aufgaben der Künstlichen Intelligenz	330
12 Technische Expertensysteme	334
12.1 Grundstruktur und Aufgabengebiete	334
12.1.1 Erweiterung wissensbasierter Systeme zu Expertensystemen	334
12.1.2 Aufgabenklassen	335
12.1.3 Einsatzgebiete von Expertensystemen	337
12.2 Entwurf und Implementierung	338
12.2.1 Wissenserwerb und <i>Knowledge engineering</i>	338
12.2.2 Hilfsmittel für die Implementierung von Expertensystemen	340
12.3 Gegenwärtiger Entwicklungsstand und Entwicklungsrichtungen . .	341
Literaturhinweise	342
Literaturverzeichnis	343
Anhänge	347
Anhang 1: Vollständige Programmausdrucke	347
Programme zum Kapitel 2	347
Programme zum Kapitel 3	350
Programme zum Kapitel 4	357
Programme zum Kapitel 8	367
Programme zum Kapitel 9	368
Programme zum Kapitel 10	370
Anhang 2: Kurze Anleitungen zur Arbeit mit dem LISP- und dem PROLOG-Interpreter	373
Der XLISP-Interpreter	373
Der MPROLOG-Interpreter	374
Anhang 3: Dateienverzeichnis	375
Programme zum Band 1	375
Programme zum Band 2	376
XLISP-Interpreter	377
MPROLOG-Interpreter	377