

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
Inhaltsverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
1.1 Über dieses Buch	1
1.2 Themenbereiche des Buches	2
2 Wissensbasierte Systeme im Überblick	6
2.1 Beispiele für wissensbasierte Systeme	6
2.1.1 Geldabheben am Automaten	6
2.1.2 Medizinische Diagnose	8
2.2 Wissensbasierte Systeme und Expertensysteme	10
2.3 Eigenschaften von Experten und Expertensystemen	10
2.4 Zur Geschichte wissensbasierter Systeme	12
2.5 Das medizinische Diagnosesystem MYCIN	13
2.6 Aufbau und Entwicklung wissensbasierter Systeme	16
2.6.1 Architektur eines wissensbasierten Systems	16
2.6.2 Entwicklung eines wissensbasierten Systems	18
3 Logikbasierte Wissensrepräsentation und Inferenz	20
3.1 Formen der Inferenz	20
3.1.1 Menschliches Schließen und Inferenz	20
3.1.2 Charakterisierung der Inferenzrelation nach Peirce	23
3.1.3 Deduktives Schließen	26
3.1.4 Unsicheres Schließen	26
3.2 Logische Systeme	28
3.2.1 Signaturen	28
3.2.2 Formeln	29
3.2.3 Interpretationen	30
3.2.4 Erfüllungsrelation	32
3.3 Eigenschaften klassisch-logischer Systeme	34
3.3.1 Erfüllungsrelation und Wahrheitsfunktionalität	34
3.3.2 Modelle und logische Folgerung	35
3.3.3 Inferenzregeln und Kalküle	37
3.3.4 Korrektheit und Vollständigkeit von Kalkülen	39
3.3.5 Logisches Folgern durch Widerspruch	39
3.3.6 Entscheidbarkeitsresultate	40
3.4 Logische Grundlagen: Aussagenlogik	41
3.4.1 Syntax	41

3.4.2	Semantik	42
3.4.3	Äquivalenzen und Normalformen	44
3.4.4	Wahrheitstafeln und Ableitungen in der Aussagenlogik	46
3.5	Logische Grundlagen: Prädikatenlogik 1. Stufe	46
3.5.1	Signaturen und Interpretationen	47
3.5.2	Terme und TermAuswertung	49
3.5.3	Formeln und Formelauswertung	50
3.5.4	Äquivalenzen	53
3.5.5	Ableitungen in der Prädikatenlogik 1. Stufe	56
3.5.6	Normalformen	58
3.5.7	Unifikation	60
3.6	Der Resolutionskalkül	61
3.7	Erweiterungen	63
3.8	Wie kommt der Delphin in den Karpfenteich?	65
4	Regelbasierte Systeme	68
4.1	Was sind Regeln?	68
4.2	Die Wissensbasis eines regelbasierten Systems	73
4.3	Inferenz in einem regelbasierten System	74
4.3.1	Datengetriebene Inferenz (Vorwärtsverkettung)	77
4.3.2	Zielorientierte Inferenz (Rückwärtsverkettung)	79
4.4	Das Problem der Widersprüchlichkeit	81
4.5	Die Erklärungskomponente	82
4.6	Signalsteuerung im Eisenbahnverkehr durch Regeln	83
4.7	MYCIN – ein verallgemeinertes regelbasiertes System	86
4.8	Modularität und Effizienz regelbasierter Systeme	92
4.9	Ausblick	93
5	Maschinelles Lernen	94
5.1	Definition des Lernens	94
5.2	Klassifikation der Ansätze zum maschinellen Lernen	95
5.2.1	Klassifikation gemäß der benutzten Lernstrategie	96
5.2.2	Klassifikation gemäß dem gelernten Typ von Wissen	100
5.2.3	Klassifikation gemäß dem Anwendungsbereich	101
5.3	Erlernen von Entscheidungsbäumen	101
5.3.1	Entscheidungsbäume	102
5.3.2	Erzeugung von Regeln aus Entscheidungsbäumen	104
5.3.3	Generieren von Entscheidungsbäumen	105
5.3.4	Bewertung des Lernerfolges und Anwendungen	110
5.3.5	Die induktiven Lernverfahren ID3 und C4.5	111
5.4	Lernen von Konzepten	114
5.4.1	Eine Konzeptlernaufgabe	115
5.4.2	Allgemeine Problemstellung	116
5.4.3	Repräsentation von Beispielen und Konzepten	118
5.4.4	Lernen von Konzepten als Suchproblem	120
5.4.5	Versionenräume	122

5.4.6	Das Versionenraum-Lernverfahren	125
5.4.7	Anwendungsbeispiel	127
5.4.8	Eigenschaften des Versionenraum-Lernverfahrens	131
5.4.9	Konzeptlernen mit Merkmalsbäumen	132
5.5	Data Mining und Wissensfindung in Daten	137
5.5.1	KDD – Knowledge Discovery in Databases	137
5.5.2	Der KDD-Prozess	139
5.5.3	Data Mining	140
5.5.4	Assoziationsregeln	142
5.5.5	Warenkorbanalyse	146
6	Fallbasiertes Schließen	150
6.1	Motivation	150
6.2	Ein Beispiel	151
6.3	Fallbasiertes Schließen und CBR-Systeme	152
6.3.1	Grundzüge des fallbasierten Schließens	152
6.3.2	CBR-Systeme	153
6.3.3	Anwendungsgebiete des fallbasierten Schließens	155
6.3.4	Fallbasiertes Schließen im Vergleich mit anderen Methoden	156
6.3.5	Die Grundtypen fallbasierten Schließens	157
6.4	Der Prozess des fallbasierten Schließens	157
6.4.1	Der CBR-Zyklus	157
6.4.2	Die Prozesse im einzelnen	159
6.5	Die Repräsentation von Fällen	162
6.5.1	Die Komponenten eines Falles	163
6.5.2	Problem- und Situationsbeschreibung	164
6.5.3	Die Repräsentation von Lösungen	165
6.5.4	Das Resultat eines Falles	166
6.5.5	Methoden der Fallrepräsentation	167
6.6	Die Indizierung von Fällen	168
6.6.1	Das Indexvokabular	169
6.6.2	Die Kennzeichnung eines Falles durch Indizes	171
6.7	Suche nach geeigneten Fällen	174
6.8	Organisationsformen der Fallbasis	177
6.9	Die Bestimmung der Ähnlichkeit	179
6.9.1	Die Hamming-Ähnlichkeit	180
6.9.2	Die gewichtete Hamming-Ähnlichkeit	182
6.9.3	Verallgemeinerte Ähnlichkeiten	183
6.9.4	Beispiel: Ähnlichkeiten im PATDEX/2 - System	187
6.9.5	Andere Ähnlichkeitsbestimmungen	189
6.10	Adaption	190
6.10.1	Substitutionsmethoden	191
6.10.2	Andere Adaptionsmethoden	193
6.11	Wie ein fallbasiertes System lernt	193
6.12	Einige abschließende Bemerkungen	194

7	Nichtmonotones Schließen I – Truth Maintenance-Systeme	196
7.1	Die Rolle des nichtmonotonen Schließens in der KI	196
7.2	Monotone vs. nichtmonotone Logik	198
7.3	Truth Maintenance-Systeme	200
7.4	Justification-based Truth Maintenance-Systeme – JTMS	202
7.4.1	In’s und Out’s – die Grundbegriffe eines JTMS	202
7.4.2	Der JTMS-Algorithmus	207
7.4.3	Anwendungsbeispiele	215
7.4.4	Die JTMS-Inferenzrelation	219
7.5	Assumption-based Truth Maintenance-Systeme – ATMS	222
7.5.1	Grundbegriffe	222
7.5.2	Arbeitsweise eines ATMS	223
7.6	Verschiedene TMS im Vergleich	227
7.7	Ausblicke	228
8	Nichtmonotones Schließen II – Default-Logiken	230
8.1	Default-Logik nach Reiter	230
8.1.1	Aussehen und Bedeutung eines Defaults	230
8.1.2	Die Syntax der Default-Logik	232
8.1.3	Die Semantik der Default-Logik	234
8.1.4	Ein operationaler Zugang zu Extensionen	237
8.1.5	Prozessbäume	242
8.1.6	Berechnung von Prozessbäumen	246
8.1.7	Eigenschaften der Reiter’schen Default-Logik	247
8.1.8	Normale Defaults	250
8.2	Die Poole’sche Default-Logik	252
8.3	Nichtmonotone Inferenzrelationen für Default-Logiken	257
8.4	Probleme und Alternativen	260
8.5	Kriterien zur Beurteilung nicht-monotoner Inferenzoperationen	262
8.6	Rückblick	263
9	Aktionen und Planen	265
9.1	Planen in der Blockwelt	265
9.2	Logische Grundlagen des Planens	266
9.3	Der Situationskalkül	267
9.3.1	Aktionen	267
9.3.2	Situationen	267
9.3.3	Veränderungen zwischen Situationen	268
9.3.4	Ausführungsbedingungen und Effektaxiome	268
9.3.5	Zielbeschreibungen	269
9.4	Probleme	270
9.4.1	Das Rahmenproblem	270
9.4.2	Das Qualifikationsproblem	271
9.4.3	Das Verzweigungsproblem	272
9.5	Plangenerierung im Situationskalkül	272
9.6	Planen mit STRIPS	275

9.6.1	Zustände und Zielbeschreibungen	275
9.6.2	STRIPS-Operatoren	275
9.6.3	Planen mit Vorwärtssuche	277
9.6.4	Planen mit Rückwärtssuche	277
9.6.5	Behandlung des Rahmenproblems in STRIPS	281
9.7	Nichklassische Planungssysteme	282
9.8	Planung und autonome Agenten	286
10	Quantitative Methoden I – Probabilistische Netzwerke	288
10.1	Ungerichtete Graphen – Markov-Netze	289
10.1.1	Separation in Graphen und probabilistische Unabhängigkeit	290
10.1.2	Markov-Eigenschaften und Markov-Graphen	293
10.1.3	Konstruktion von Markov-Graphen	295
10.1.4	Potential- und Produktdarstellungen	296
10.2	Gerichtete Graphen – Bayessche Netze	302
10.3	Inferenz in probabilistischen Netzen	307
10.3.1	Bayes-Netze und Potentialdarstellungen	307
10.3.2	Der permanente Cliquesbaum als Wissensbasis	311
10.3.3	Der Algorithmus von Lauritzen und Spiegelhalter	313
10.3.4	Berücksichtigung fallspezifischer Daten	317
10.4	Bayessche Netzwerke in praktischen Anwendungen	321
10.5	Erlernen Bayesscher Netze aus Daten	322
10.6	Probabilistische Inferenz unter informationstheoretischen Aspekten	323
10.7	Weitere Anwendungen	328
10.7.1	Proteinklassifikation mittels Hidden Markov Models (HMM)	328
10.7.2	Herzkrankungen bei Neugeborenen	331
10.7.3	Suchterkrankungen und psychische Störungen	335
11	Quantitative Methoden II – Dempster-Shafer, Fuzzy & Co.	338
11.1	Verallgemeinerte Wahrscheinlichkeitstheorie	338
11.2	Die Dempster-Shafer-Theorie	340
11.2.1	Basismaße und Glaubensfunktionen	340
11.2.2	Dempster's Kombinationsregel	343
11.2.3	Sensorenauswertung in der mobilen Robotik mittels Dempster-Shafer-Theorie	346
11.3	Fuzzy-Theorie und Possibilistik	347
11.3.1	Fuzzy-Theorie	348
11.3.2	Possibilitätstheorie	351
11.3.3	Expertensysteme mit Fuzzy-Regeln	353
A	Wahrscheinlichkeit und Information	356
A.1	Die Wahrscheinlichkeit von Formeln	356
A.2	Randverteilungen	361
A.3	Bedingte Wahrscheinlichkeiten	362
A.4	Der Satz von Bayes	364
A.5	Mehrwertige Aussagenvariable	366

A.6	Abhängigkeiten und Unabhängigkeiten	368
A.7	Der Begriff der Information	372
A.8	Entropie	373
B	Graphentheoretische Grundlagen	377
B.1	Graphen und Cliques	377
B.2	Triangulierte Graphen	381
B.3	Die running intersection property RIP	386
B.4	Hypergraphen	387
	Literaturverzeichnis	392
	Index	400