

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung und Problemstellung der Arbeit	1
1.1. Einführung in die Theorie des Diagnoseproblems	1
1.1.1. Vorbetrachtungen zum Diagnoseproblem	1
1.1.2. Ebenen des Diagnoseproblems	4
1.2. Entscheidungstheorie und das Diagnoseproblem	7
1.2.1. Definitionen zum Diagnoseproblem	7
1.2.2. Die Einordnung des Diagnoseproblems in die klassische Entscheidungstheorie	9
1.2.3. Die Handhabung eines Diagnoseproblems: Das MYCIN-Projekt	13
1.2.4. Mustererkennung durch Künstliche Neuronale Netze (KNN)	19
1.3. Interpretationen des Diagnoseproblems	22
1.3.1. Die Interpretation des Diagnoseproblems als 'Schlußfolgern unter Unsicherheit'	22
1.3.2. Die Interpretation des Diagnoseproblems als Mustererkennungsproblem	22
1.4. Symbolische Entscheidungstheorie versus konnektionistische Entscheidungstheorie	23
1.5. Notwendige Abgrenzungen der Arbeit	24
2. Künstliche Intelligenz und eine symbolverarbeitende Entscheidungstheorie des Diagnoseproblems	27
2.1. Entwicklungslinien der KI und der Entscheidungstheorie	27
2.1.1. Einleitung	27
2.1.2. Einflüsse der KI auf die Entscheidungstheorie	27
2.1.3. Entwicklungsrichtungen in der Entscheidungstheorie	31
2.1.4. Entwicklungsrichtungen in der KI: Die ersten Expertensysteme	34
2.1.4.1. Die DENDRAL-Programme	34
2.1.4.2. Das MYCIN-Projekt	35
2.1.4.3. PROSPECTOR	37
2.1.5. Die Handhabung eines Konfigurationsproblems: R1	39
2.2. Das einfache Diagnoseproblem	42
2.2.1. Der Prädikatenkalkül erster Stufe	43
2.2.2. Das Beschreiben und Erkennen von Situationen beim einfachen Diagnoseproblem	46
2.2.3. Der Satz der handlungskonsistenten Zerlegbarkeit von Situationen	52
2.2.4. Semantische Netze	55
2.2.4.1. Einleitung	55
2.2.4.2. Geschichte und Entwicklung semantischer Netze	55
2.2.4.3. Definition und Konzepte	58
2.2.4.4. Die Frama-Notation	64
2.2.4.5. Anwendung semantischer Netze	65
2.2.5. Die Beschreibung des Entscheidungsfelds als Framemenge	67
2.2.6. Nutzung gemeinsamer Eigenschaften zur Äquivalenzklassenbildung	69
2.2.7. Typen des einfachen Diagnoseproblems	71
2.2.8. Produktionssysteme und regelbasierte Systeme	73

2.2.8.1. Produktionsregeln zur Programmierung einer 'Erkenne-Handle-Maschine'	74
2.2.8.2. Regeln als Wissenrepräsentation	76
2.2.8.2.1. Begriffe und Definitionen	76
2.2.8.2.2. Graphische Darstellungen von Regelmengen	78
2.2.8.2.3. Typen von Wissensbasen	82
2.2.8.2.4. Probleme von Regeln	86
2.2.9. Die Beschreibung eines einfachen Diagnoseproblems durch Regeln	87
2.2.10. Gemeinsamkeiten und Unterschiede der vorgestellten Konzepte	89
2.3. Das allgemeine Diagnoseproblem	91
2.3.1. Die Besonderheiten des Diagnoseproblems	91
2.3.2. Definition zum Diagnoseproblem	94
2.3.3. Methoden des probabilistischen Schließen ('uncertain reasoning')	97
2.3.3.1. Einleitung	97
2.3.3.2. Das Bayes-Theorem als Grundlage eines Modells des 'uncertain reasoning'	99
2.3.3.3. Zadehs Theorie der 'fuzzy sets'	103
2.3.3.4. Das MYCIN-Modell	106
2.3.3.5. Das Prospector-Modell	111
2.3.3.6. Quinlans Kritik	115
2.3.3.7. Schlußbetrachtungen zu den vorgestellten Modellen	122
2.3.4. Die Modellierung von Lösungsobjekten eines Diagnoseproblems als Frame	127
2.3.5. Die Modellierung eines Diagnoseproblems durch Regeln	132
2.3.6. Die Syntax der Regelnetznotation	135
2.3.7. Das Verhältnis von Konfigurationsproblemen zum Diagnoseproblem	139
2.4. Die prozedurale Semantik von Regelnetz- und Regelnotation	142
2.4.1. Einleitung	142
2.4.2. Das Suchen in Graphen	143
2.4.2.1. Grundlegende Suchverfahren: Tiefen- und Breitensuche	144
2.4.2.2. Das Suchen optimaler Wege: Die Verzweige-und-Begrenze-Suche	148
2.5. Die Leistungsfähigkeit des symbolverarbeitenden Ansatzes der KI-Forschung im Bezug auf das Diagnoseproblem	153
2.5.1. Einleitung	153
2.5.2. Die Analyse der abstrakten Lösungsebene	156
2.5.2.1. Techniken des Wissenserwerbs als abstraktes Lösen eines Diagnoseproblems	156
2.5.2.1.1. Knowledge Engineering und Wissensacquisition	156
2.5.2.1.2. Automatische Induktion	161
2.5.2.2. Eigenschaften von Heuristiken im Bezug auf das Diagnoseproblem	165
2.5.2.3. Anforderungen an und Eigenschaften von Heuristiken bei der abstrakten Problemlösung	169

2.5.2.4. Das Diagnoseproblem im Licht der normativen und deskriptiven Entscheidungstheorie	175
2.5.3. Schlußbetrachtungen zum symbolischen Ansatz.....	181
3. Konnektionismus und eine konnektionistische Entscheidungstheorie des Diagnoseproblems	183
3.1. Einleitung.....	183
3.2. Grundlagen des konnektionistischen Ansatzes	185
3.2.1. Das biologische Vorbild neuronaler Netze.....	185
3.2.2. Ein allgemeines funktionales Äquivalent neuronaler Netzwerke.....	191
3.3. Assoziative Speicher.....	194
3.3.1. Assoziative Speicher: Merkmale und Tauglichkeit für das Diagnoseproblem	194
3.3.2. Das Grundmodell eines einfachen assoziativen Speichers.....	199
3.3.3. Formales Modell eines einfachen assoziativen Speichers.....	201
3.3.4. Tauglichkeit eines assoziativen Speichers zur Handhabung von Diagnoseproblemen	213
3.3.5. Hopfield-Netze zur Handhabung von einfachen Diagnoseproblemen	215
3.3.6. Die Boltzmann-Maschine zur Handhabung von (einfachen) Diagnoseproblemen	222
3.3.7. Deterministische Varianten der Boltzmann-Maschine.....	231
3.4. Die Handhabung des Diagnoseproblems durch Perceptrons.....	234
3.4.1. Das einfache lineare Modell	234
3.4.1.1. Die Netzwerk-Topologie.....	234
3.4.1.2. Eigenschaften des einfachen linearen Modells.....	238
3.4.1.3. Anwendung des einfachen linearen Modells auf das Diagnoseproblem.....	240
3.4.2. Multilayer-Perceptrons	242
3.4.2.1. Die verallgemeinerte Delta-Regel	242
3.4.2.1.1. Inhaltliche Bedeutung der verallgemeinerten Delta-Regel	242
3.4.2.1.2. Die einfache Gradientenabstiegsprozedur in Multilayer-Perceptrons	245
3.4.2.2. Spezifikation eines Multilayer-Perceptrons	250
3.4.2.3. Eigenschaften von Multilayer-Perceptrons	256
3.4.2.4. Eigenschaften der Delta-Regel	267
3.4.2.5. Anwendung von Multilayer-Perceptrons auf das Diagnoseproblem.....	272
3.4.2.6. Multilayer-Perceptrons zur Approximation beliebiger Funktionen	276
3.4.2.7. Die Lerngeschwindigkeit von Multilayer-Perceptrons	296
3.4.2.7.1. Alternative Outputfunktionen	297
3.4.2.7.2. Functional Links und High-Order Neural Networks.....	305
3.4.2.7.3. Alternative Lernalgorithmen.....	313
3.4.2.7.4. Berechnung optimaler Startpunkte und stochastisches Lernen	321
3.4.2.8. Neuere Entwicklungen: Backpropagation in non-feedforward Netzwerken.....	327
3.4.2.9. Abschließende Würdigung	328
3.5. Alternative Modelle zur Handhabung von Diagnoseproblemen.....	331

3.5.1. Einleitung.....	331
3.5.2. Hamming-Netze	333
3.5.3. Counterpropagation-Netzwerke (CPN).....	335
3.5.4. Neuronale Netze zur Kategorienbildung.....	339
3.5.4.1. Selbständige Kategorienbildung zur Handhabung von Diagnoseproblemen	339
3.5.4.2. ART1-Netze.....	340
3.5.4.3. ART2-Netze.....	347
3.5.4.4. Unsupervised learning nach Pao.....	349
3.6. Anwendungsbeispiele einer konnektionistischen Entscheidungstheorie des Diagnoseproblems: Ableitung von Kauf- und Verkaufhandlungen für den Aktienmarkt, den BUND-FUTURE und den Dollar	353
3.6.1. Kauf- und Verkaufhandlungen für den Aktienmarkt als Diagnoseproblem	353
3.6.2. Ableitung der abstrakten Lösung durch Künstliche Neuronale Netzwerke.....	356
3.6.3. Simulation: Das Multilayer-Perceptron zur Ableitung von Kauf- und Verkaufhandlungen	357
3.6.4. Simulation: Die Boltzmann-Maschine zur Ableitung von Kauf- und Verkaufhandlungen	363
3.6.5. Ableitung von Kauf- und Verkaufhandlungen für den BUND- Future	364
3.6.6. Ableitung von Kauf- und Verkaufhandlungen für den Dollar	366
3.6.7. Würdigung der Simulationsergebnisse.....	367
4. Schlußbetrachtungen.....	371
ABSTRACT	375
Literaturverzeichnis	383
Schlagwortverzeichnis	399

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1.2.-1.: Die Ebenen des Diagnoseproblems.....	6
Abbildung 1.2.3.-1.: Das Stanford Heuristic Programming Projekt.....	14
Abbildung 1.2.3.-2.: MYCIN-Dialog Teil 1.....	16
Abbildung 1.2.3.-3.: MYCIN-Dialog Teil 2.....	18
Abbildung 1.2.4.-1.: Kohonens Experiment.....	20
Abbildung 2.1.4.2.-1.: Aufbau eines wissensbasierten Systems.....	37
Abbildung 2.2.4.2.-1.: Ein 'Speichermodell'	57
Abbildung 2.2.4.3.-1.: Beispiel eines semantischen und eines gewöhnlichen Netzes in Anlehnung an Winston	62
Abbildung 2.2.4.3.-2.: Ein semantisches Netz.....	63
Abbildung 2.2.4.4.-1.: Ein Frame	64
Abbildung 2.2.4.5.-1.: Graphische Darstellung einer Regel.....	66
Abbildung 2.2.4.5.-2.: Einheitliche Objekt und Regelrepräsentation	67
Abbildung 2.2.5.-1.: Objekt-Attribut-Wert-Tripel des Beispiels 2.2.5.-1.....	69
Abbildung 2.2.6.-1.: Eine Äquivalenzklassenhierarchie	70
Abbildung 2.2.6.-2.: Ein primitives Regelnetz	71
Abbildung 2.2.8.1.-1.: Eine Erkenne-Handle-Maschine	75
Abbildung 2.2.8.2.2.-1.: Die Elemente eines Inferenznetzes	79
Abbildung 2.2.8.2.2.-2.: Beispiel eines Inferenznetzes	80
Abbildung 2.2.8.2.2.-3.: Beispiel eines UND/ODER-Baums.....	81
Abbildung 2.2.8.2.2.-4.: Darstellung einer Regelmenge durch ein Regelnetz	82
Abbildung 2.2.8.2.3.-1.: Beispiel einer strukturierten und einer unstrukturierten Wissensbasis.....	84
Abbildung 2.2.9.-1.: Notation einer Regelmenge als Regelnetz.....	89
Abbildung 2.3.3.5.-1.: 1. Beispiel einer Gewißheitsfunktion	113
Abbildung 2.3.3.5.-2.: 2. Beispiel einer Gewißheitsfunktion	113
Abbildung 2.3.4.-1.: Das Lösungsobjekt 'Anzahlungen'	128
Abbildung 2.3.4.-2.: Das Lösungsobjekt 'Anzahlungen' mit Gewißheitsfaktor	128
Abbildung 2.3.4.-3.: Das Lösungsobjekt 'Anzahlungen' mit Gewißheitsfaktor und Gewißheiten der Merkmalsausprägungen.....	128
Abbildung 2.3.4.-4.: Das Lösungsobjekt 'Anzahlungen' mit 'Makro'-Attributen.....	129
Abbildung 2.3.4.-5.: Die Lösungsobjekte 'Lieferantenkredit' und 'Kontokorrentkredit'	130
Abbildung 2.3.4.-6.: Ein Regelnetz mit Schlußkanten und Makrobedingungen.....	131
Abbildung 2.3.5.-1.: Die Notation einer Regelmenge als Regelnetz mit Schlußkanten und Makrobedingungen	135
Abbildung 2.3.6.-1.: Zwei Pfade in einem Regelnetz	137
Abbildung 2.3.6.-2.: Ein Beispiel für konjunktiv verknüpfte Bedingungen	138
Abbildung 2.3.6.-3.: Ein Beispiel für disjunktiv verknüpfte Bedingungen.....	139
Abbildung 2.4.2.1.-1.: Ein Beispielgraph	144
Abbildung 2.4.2.1.-2.: Beispiel einer Tiefensuche	146
Abbildung 2.4.2.1.-3.: Beispiel einer Breitensuche	147
Abbildung 2.4.2.2.-1.: Beispiel eines Graphens mit Übergangsgewißheiten	148
Abbildung 2.4.2.2.-2.: Beispiel eines Suchprozesses in Regelnetzen	151
Abbildung 2.4.2.2.-3.: Ausschnitt aus einem Graphen.....	152
Abbildung 2.5.1.-1.: Die Ebenen des Diagnoseproblems.....	155
Abbildung 2.5.2.3.-1.: Ein Regelnetz zur 'Aktienkursprognose'	174