

Karl Kurbel

# Entwicklung und Einsatz von Expertensystemen

Eine anwendungsorientierte Einführung in  
wissensbasierte Systeme

Mit 46 Abbildungen

Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York  
London Paris Tokyo

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort

<b>1</b>	<b>Künstliche Intelligenz</b>	<b>1</b>
1.1	Entwicklung der Künstlichen Intelligenz	2
1.2	Teilgebiete der Künstlichen Intelligenz	4
1.2.1	Verarbeitung natürlicher Sprache	6
1.2.2	Deduktionssysteme und automatische Programmierung	8
1.2.3	Bilderkennen und Bildverstehen	9
1.2.4	Robotik	11
1.2.5	Intelligent Computer Aided Instruction (ICAI)	13
1.2.6	KI-Sprachen	13
1.2.7	Expertensysteme	13
1.3	Methoden der Künstlichen Intelligenz	14
	Anmerkungen zu Kapitel 1	15
<b>2</b>	<b>Wissensbasierte Systeme</b>	<b>17</b>
2.1	Was ist ein "wissensbasiertes System"?	17
2.2	Expertensysteme	19
2.2.1	Unterschiede zwischen Expertensystemen und konventionellen betrieblichen Informationssystemen	19
2.2.2	Eigenschaften von Experten und Expertensystemen	22
2.2.3	Einordnung von Expertensystemen	25
2.2.4	Aufbau eines Expertensystems	27
2.2.5	Entstehung der frühen Expertensysteme	30
2.2.5.1	Entwicklungslinien	30
2.2.5.2	Mycin	33
2.2.5.3	Entwicklungsaufwand	34
2.3	Darstellung und Auswertung von Wissen	36
2.3.1	Wissensrepräsentation	36
2.3.1.1	Semantische Netze	38
2.3.1.2	Objektorientierte Wissensrepräsentation	40
2.3.1.3	Logik	45
2.3.1.4	Regelbasierte Wissensrepräsentation	47

2.3.2	Abarbeitungsstrategien	53
2.3.2.1	Vorwärts- und Rückwärtsverkettung	54
2.3.2.2	Tiefen- und Breitensuche	58
2.3.2.3	Weitere Aspekte des Schließens	61
	Anmerkungen zu Kapitel 2	62
<b>3</b>	<b>Entwicklung von Expertensystemen</b>	<b>65</b>
3.1	Rollen beim Erstellen eines Expertensystems	65
3.2	Wissensakquisition	68
3.2.1	Grundmodelle der Wissensakquisition	68
3.2.2	Aufgabenkomplexe bei der Wissensakquisition	70
3.2.3	Knowledge Engineering	76
3.2.3.1	Techniken der Wissensextraktion	76
3.2.3.2	Probleme der Wissensakquisition	77
3.2.3.3	Ansätze zur Behebung des "Knowledge engineering bottleneck"	79
3.3	Entwicklungsmethodik	81
3.3.1	Probleme bei der Entwicklung von Expertensystemen	81
3.3.2	Vorgehensweise bei Expertensystementwicklungen	83
3.3.2.1	Phasenmodelle für die Expertensystementwicklung?	83
3.3.2.2	Zum Begriff des "Knowledge Engineering"	85
3.3.2.3	Konzeptionelles Wissensmodell	86
3.3.2.4	Ein Ablaufmodell für Expertensystementwicklungen	92
3.3.3	Projektmanagement bei Expertensystementwicklungen	96
3.3.3.1	Projektplanung	96
3.3.3.2	Projektorganisation	98
3.3.3.3	Projektdurchführung und -kontrolle	100
3.3.4	Entwicklungsstufen eines Expertensystems	104
3.4	Werkzeuge zur Entwicklung wissensbasierter Systeme	109
3.4.1	Prozedurale Programmiersprachen	111
3.4.2	KI-Programmiersprachen	114
3.4.2.1	Lisp	114
3.4.2.2	Prolog	118
3.4.3	Wissensverarbeitungssprachen	123
3.4.4	Expertensystem-Shells	126
3.4.5	Expertensystem-Tools und Entwicklungsumgebungen	130
	Anmerkungen zu Kapitel 3	133

<b>4</b>	<b>Anwendungsgebiete und Einsatz von Expertensystemen</b>	<b>137</b>
4.1	Anwendungskategorien	137
4.1.1	Problemklassen	137
4.1.2	Anwendungsgebiete	142
4.2	Betriebliche Anwendungen von Expertensystemen	144
4.2.1	Übersicht über betriebliche Anwendungsgebiete	144
4.2.2	Ausgewählte Anwendungsbeispiele	147
4.2.2.1	Expertensystem zur Luftfrachtplanung und -disposition	147
4.2.2.2	Expertensysteme zur Jahresabschlußanalyse	149
4.2.2.3	Expertensystem zur Darlehensgewährung	151
4.2.2.4	Expertensysteme im Produktionsbereich	153
4.2.2.5	Konfigurierungssysteme	157
4.2.2.6	Expertensystem für den Einkauf	164
4.3	Expertensysteme aus Managementsicht	165
4.3.1	Eignung von Expertensystemen für betriebliche Aufgabenstellungen	165
4.3.2	Strategische Einordnung von Expertensystemen	167
	Anmerkungen zu Kapitel 4	172
<b>5</b>	<b>Schwachstellen und Grenzen der Expertensystemtechnologie</b>	<b>177</b>
5.1	Anbindung von Expertensystemen an betriebliche Informationssysteme	177
5.1.1	Das Softwareumfeld eines betrieblichen Expertensystems	177
5.1.2	Verbindung von Datenbanksystemen und wissensbasierten Systemen	178
5.2	Schwierigkeiten bei Entwicklung und Einsatz	181
5.2.1	Probleme bei der Projektplanung und -durchführung	181
5.2.1.1	Verfügbarkeit des Experten	182
5.2.1.2	Entwicklungsdauer	182
5.2.1.3	Aufwandschätzung für eine Expertensystementwicklung	184
5.2.1.4	Probleme bei der Wissensextraktion	188
5.2.1.5	Werkzeugprobleme	189
5.2.2	Zur "Korrektheit" von Expertensystemen	191
5.2.2.1	Probleme bei der Bewertung eines Expertensystems	191
5.2.2.2	Ansätze zu Validierungsverfahren	193
5.2.3	Das Problem der Wissenspflege	194

5.3	Mißerfolge von Expertensystemen	196
5.4	Was Expertensysteme nicht können	197
	Anmerkungen zu Kapitel 5	200
	<b>Literaturverzeichnis</b>	202
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	209

# 1 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Der Begriff "Künstliche Intelligenz" (KI) stellt eine Übersetzung des englischen "Artificial Intelligence" (AI) dar. Gegenstand der KI ist die Erforschung "intelligenten" Problemlösungsverhaltens und darauf aufbauend die Entwicklung "intelligenter" Computersysteme.

Eine einheitliche, allgemein akzeptierte Definition hat sich bisher noch nicht herausgebildet. Dies liegt unter anderem daran, daß bereits der Begriff "Intelligenz" sich nur schwer definieren läßt. Am Rande sei auch darauf hingewiesen, daß die Bedeutung des englischen Worts "intelligence" mit der deutschen Übersetzung nicht genau erfaßt wird.

Da eine exakte Definition nicht gegeben werden kann, behilft man sich meist mit mehr oder weniger vagen Umschreibungen. Beispielsweise schlägt E. Rich folgende Charakterisierung vor: "Künstliche Intelligenz (KI) ist die Forschung darüber, wie man Computer Dinge ausführen lassen kann, die zur Zeit noch vom Menschen besser beherrscht werden" [1]. Diese Charakterisierung weist den Nachteil auf, daß sie sozusagen an den gegenwärtigen Stand der Computerwissenschaft gebunden ist; diese entwickelt sich jedoch ständig weiter.

Etwas allgemeiner gefaßt und breiter akzeptiert ist eine Definition, die auf M. Minsky zurückgeht:

*"Artificial Intelligence is the science of making machines do things that would require intelligence if done by men" [2].*

Folgt man dieser Beschreibung, so weisen "intelligente" Computersysteme Eigenschaften und Fähigkeiten auf, mit denen man bei menschlichen Verhaltensweisen Intelligenz assoziiert, z.B. Problemlösen, Lernen, Sprachverstehen, Erklären etc. Die KI untersucht solche Verhaltensweisen, indem sie sie auf dem Rechner simuliert, und versucht, sie einer systematischen, ingenieurmäßigen Betrachtungsweise zugänglich zu machen [3].

Angeichts der Schwierigkeiten, Intelligenz zu definieren, erscheint es gegenwärtig sinnvoller, die KI anhand der verwendeten *Methoden* und der *Anwendungsgebiete* für diese Methoden abzugrenzen. Einer solchen Abgrenzung und Einteilung der KI folgt auch die Abbildung 1-1.

Die häufig gestellte Frage, ob denn Maschinen "denken" können, ist von nachrangigem Interesse und eher philosophischer Natur. Eine Analogie aus der Welt des Films mag die Betrachtungsweise der KI veranschaulichen: "Wir haben uns an die kinematographische Täuschung gewöhnt, daß Bilder laufen können. Jetzt erleben wir die informatische Täuschung, daß Maschinen denken können" [4]. Im Vordergrund steht also nicht die Frage, ob Maschinen denken oder nicht; vielmehr interessiert man sich für die *Ergebnisse*, die die