

Michael Karst

Methodische Entwicklung von Expertensystemen

Michael Karst

Methodische Entwicklung von Expertensystemen

DWV Springer Fachmedien
Wiesbaden GmbH

Die Deutsche Bibliothek — CIP-Einheitsaufnahme

Karst, Michael:

Methodische Entwicklung von Expertensystemen / Michael

Karst. — Wiesbaden : Dt. Univ.-Verl., 1992

(DUV : Wirtschaftswissenschaft)

Zugl.: Saarbrücken, Univ., Diss., 1991

ISBN 978-3-8244-0106-2 ISBN 978-3-663-14584-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-14584-4

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1992

Ursprünglich erschienen bei Deutscher Universitäts-Verlag GmbH, Wiesbaden 1992.



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Gedruckt auf chlorarm gebleichtem und säurefreiem Papier

Meiner Mutter, meinem Vater

Geleitwort

Die Software-Krise führt dazu, daß Technologien entwickelt werden, mit deren Hilfe Anwendungssysteme auf einem hohen Abstraktionsniveau modelliert und realisiert werden können. Ziel ist das Erreichen einer möglichst hohen Flexibilität in der Anwendungsentwicklung bei gleichzeitiger Steigerung der Produktivität. Seinen Niederschlag finden diese Konzepte nicht zuletzt in den objektorientierten Ansätzen der Methoden und Tools für die Softwareentwicklung.

Das vorliegende Buch überträgt die entwicklungsmethodischen Ansätze des Software Engineerings auf den Bereich des Knowledge Engineerings, also auf die Entwicklung von Expertensystemen bzw. von wissensbasierten Systemen. Neben der Beschreibung der methodischen Grundlagen im Rahmen des Knowledge Engineerings wird ein Schwergewicht auf die Einbindung der Methoden und Modelle in den Gesamttablauf des Entwicklungsprojektes gelegt. Hierbei wird auf verschiedene Methoden des Software Engineerings zurückgegriffen, die übernommen und adaptiert werden, wie etwa die Datenmodellierung nach der Entity-Relationship-Methode, die für die Modellierung von Wissensinhalten um geeignete Konstrukte erweitert wird. Ergänzt werden die übernommenen Ansätze um eigenentwickelte Verfahren wie etwa die formale Gestaltung der Projektblätter zur Planung und Steuerung des Projektablaufs.

Ausgehend von der Ablaufsteuerung des Entwicklungsprojektes werden die Methoden und Modelle den einzelnen Projektschritten zugeordnet und so ein ganzheitliches, phasenorientiertes Modell abgeleitet. Bemerkenswert ist hierbei, daß alle Schritte bei der Entwicklung von wissensbasierten Systemen methodisch analysiert und modelliert werden; dies gilt insbesondere für die wichtigen Phasen der Wissensmodellierung, -evaluierung und -konsolidierung. Abschließend wird ein Tool für die computergestützte Entwicklung von wissensbasierten Systemen entwickelt, das die zuvor abgeleiteten Verfahren und Modelle dynamisch in den Entwicklungsprozeß einbindet.

Das Buch arbeitet somit nicht nur die theoretischen Grundlagen für die Entwicklung wissensbasierter Systeme auf, sondern gibt darüber hinaus auch wertvolle Hinweise für die praktische Durchführung von KI-Projekten sowie für die Gestaltung geeigneter Knowledge-Engineering-Werkzeuge.

A.-W. Scheer

Vorwort

Expertensysteme stoßen auf ein zwiespältiges Echo: Auf der einen Seite wird solchen Anwendungen für die weitere Entwicklungen innerhalb der Datenverarbeitung eine sehr hohe, ja sogar bestimmende Bedeutung zugemessen, auf der anderen Seite weckt schon das Schlagwort Expertensystem Skepsis und Mißtrauen; fällt es doch schwer, zählbare Erfolge in Form von erfolgreich in der Praxis eingesetzten Expertensystemen zu nennen. Als unvoreteilhaft haben sich hierbei die Diskussionen erwiesen, in denen allzu häufig die Rede von Intelligenz oder intelligenten Systemen war. Dies mußte gerade den unbedarften potentiellen Anwender irritieren, der solche Systeme unmittelbar an der menschlichen Intelligenz zu messen versucht ist. Tatsächlich sind jedoch Expertensysteme weit davon entfernt und erheben auch nicht den Anspruch, "intelligent" zu sein, Intelligenz abzubilden oder gar Intelligenz selbständig aus einer eigenen Logik heraus abzuleiten.

Gemessen am heutigen Stand der Entwicklung ist es angebracht, Expertensysteme lediglich als eine besondere Art von Softwareprodukten zu verstehen. Der im Zusammenhang mit der Entwicklung von Expertensystemen verwendete Begriff des Knowledge Engineerings ist hierbei nicht so weit vom klassischen Software Engineering entfernt, wie man versucht ist anzunehmen. In diesem Sinne läßt sich Knowledge Engineering auch als eine besondere Technik des Software Engineerings interpretieren. Mit dieser Technik erweisen sich Probleme als lösbar, die bisher nach der klassischen Vorgehensweise der Software-Erstellung nicht oder nur sehr ineffizient umgesetzt werden konnten.

Expertensysteme haben in jüngster Zeit in solch starkem Maße Einzug gehalten in die verschiedensten wissenschaftlichen Bereiche, daß man annehmen muß, daß Expertensysteme sich zu *den* Software-Systemen der kommenden Jahre entwickeln werden. Bemerkenswert ist hierbei jedoch die Tatsache, daß die Theorie, soweit sie die grundlegenden Erkenntnisse und Entwicklungen im Bereich der Expertensysteme betrifft, in unverhältnismäßig starker Diskrepanz zur Praxis steht, wenn man von den greifbaren, realisierten Ergebnissen ausgeht. Hauptursache ist hierfür das Fehlen einer durchgängigen Konzeption zur Erstellung von Expertensystemen auf der Basis von wissenschaftlich durchdachten Methoden, Modellen und Vorgehensweisen. Der Ansatz des Rapid Prototypings, der vielfach als Methode der Expertensystemerstellung aufgeführt wird, ist zwar geeignet, in relativ kurzer Zeit ein kleines und überschaubares Expertensystem zu entwickeln, muß aber in dem Augenblick versagen, in dem das System eine gewisse Komplexität übersteigt.

Expertensysteme in der Betriebswirtschaft werden sich nur dann durchsetzen, wenn sie mit der in der freien Wirtschaft üblichen Systematik und Professionalität erstellt und eingesetzt werden. An betriebswirtschaftliche Expertensysteme sind somit besonders hohe Anforderungen hinsichtlich einer systematischen und durchgängigen Entwicklung zu stellen, andererseits muß überprüft werden, ob und in welchem Maße innerbetriebliche Abläufe und Strukturen vor dem Hintergrund dieser neuen Technologie zu überdenken und anzupassen sind.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden zunächst die Grundlagen für den Einsatz und die Entwicklung von wissensbasierten Systemen ausgeführt und darauf aufbauend ein Phasenmodell für die systematische Entwicklung solcher Systeme zusammengestellt. Anschließend werden Methoden, Modelle und Verfahren, wie sie im Rahmen einer Expertensystem-Realisierung angewendet werden, entwickelt und zusammengestellt. Auf der Grundlage des vollständigen Phasenmodells und der Gesamtheit der Methoden, Modelle und Verfahren wird schließlich ein System konzipiert, das die Entwicklung eines Expertensystems durchgängig über alle Entwicklungsphasen hinweg begleitet und unterstützt, in dem das anwendungsspezifische Phasenmodell generiert und die geeigneten Methoden, Modelle und Verfahren zugeordnet, aktiviert und für die Entwicklung zur Verfügung gestellt werden.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. A.-W. Scheer, der mich in die Thematik einführte und mir jederzeit die erforderliche Unterstützung gewährte.

Michael Karst

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XIX
1. Grundlagen der Expertensysteme	1
1.1 Expertensysteme in der Betriebswirtschaft	1
1.1.1 Merkmale von Expertensystemen in betrieblichen Einsatzbereichen	1
1.1.2 Die strategische Bedeutung von Expertensystemen	8
1.1.3 Grundlegende Probleme bei der Entwicklung von Expertensystemen	10
1.1.4 Klassifikation von Expertensystemen nach ihrem Anwendungsparadigma	13
1.1.5 Betriebswirtschaftliche Einsatzbereiche für Expertensysteme	16
1.2 Übersicht über Aufbau und Wirkungsweise von Expertensystemen	20
1.2.1 Abgrenzung der Wissensverarbeitung gegen Datenverarbeitung	20
1.2.2 Aufbau von Expertensystemen	23
1.2.3 Die Darstellung des Wissens	32
1.2.4 Die Verarbeitung des Wissens	42
1.2.5 Die Programmierstile bei der Implementierung von Expertensystemen	49
1.3 Die Hardwareklassen zur Entwicklung von Expertensystemen	53
1.4 Die Werkzeugklassen zur Entwicklung von Expertensystemen	55
1.4.1 Sprachen der Künstlichen Intelligenz (KI-Sprachen)	55
1.4.2 Knowledge-Engineering-Sprachen (KE-Sprachen)	58
1.4.3 Shells	58
1.4.4 KI-Tools	59
1.5 Bewertung und Ausblick	60
2. Methodische Entwicklung von Expertensystemen	64
2.1 Anforderungen an eine Methodik zur Entwicklung von Expertensystemen	64
2.2 Ansätze zur methodischen Entwicklung von Expertensystemen	66
2.2.1 Der explorative Ansatz	67
2.2.2 Das Rapid Prototyping	68
2.2.3 Das iterative Modell	71
2.2.4 Das Life-Cycle/Redesign-Modell	72
2.2.5 Das lineare Phasen-Modell	75
2.2.6 Vergleichende Betrachtung der methodischen Ansätze	77
2.3 Konzeption eines Phasenmodells zur Entwicklung von Expertensystemen	78
2.3.1 Überblick	78
2.3.2 Die detaillierten Projektschritte des vollständigen Phasenmodells	81

3. Das vollständige Phasenmodell zur methodischen Entwicklung von Expertensystemen	85
3.1 Vorbereitungsphase	85
3.1.1 Einführung in die Grundmechanismen der KI	86
3.1.2 Einarbeitung in die Problemstellung und Wissensdomäne	88
3.1.3 Erstellung eines Prototypen	89
3.1.4 Rechtfertigung des Expertensystem-Lösungsansatzes	90
3.1.5 Grobe Kosten-/Aufwand- und Nutzenschätzung	91
3.2 Projektdefinition	94
3.2.1 Anforderungen und Voraussetzungen	94
3.2.2 Organisatorische Vorbereitungen	102
3.2.3 Projektplanung und -organisation	105
3.3 Analyse-Phase	107
3.3.1 Ist-Analyse	107
3.3.2 Analyse der Wissensdomäne	108
3.4 Konzeptionsphase	112
3.4.1 Systemkonzeption	112
3.4.2 Systemgestaltung	117
3.4.3 Systemkomponenten	126
3.4.4 Knowledge-Engineering-Methodik	130
3.4.5 Festlegung des Entwicklungsparadigmas	141
3.4.6 Festlegung des Anwendungsparadigmas	145
3.4.7 Kosten- und Aufwandschätzung	147
3.4.8 Nutzenschätzung	149
3.5 Implementierungsphase	153
3.5.1 Implementierung der Typologie	153
3.5.2 Implementierung schriftlich dokumentierten Wissens	154
3.5.3 Der Kreislauf der Wissenserhebung	154
3.5.4 Implementierung der Systemschnittstellen	158
3.5.5 Implementierung der Benutzeroberfläche	159
3.5.6 Implementierung der Erklärungskomponente	159
3.5.7 Implementierung der Wissenserwerbskomponente	160
3.6 Einführungsphase	161
3.6.1 Reimplementierung	161
3.6.2 Systemintegration	162
3.6.3 Schulung	162
3.6.4 Einführung des Systems	163
3.6.5 Systemfreigabe	163
3.7 Anwendungsphase	163
3.7.1 Betrieb	163
3.7.2 Wartung	164
3.7.3 Wissensabgleich	164
3.7.4 Weiterentwicklung	165

4. Strategien, Methoden und Entscheidungsmodelle des Expertensystem-Projektmanagements	166
4.1 Konzeptionelle Entscheidungen	166
4.1.1 Management-Entscheidungen	166
4.1.2 Festlegung der Systemkonzeption	170
4.1.3 Einbindung und Integrationskonzept	172
4.1.4 Festlegung des Entwicklungs- und Anwendungsparadigmas	172
4.1.5 Kosten-/Aufwand-/Nutzenschätzung	174
4.2 Methodische und verfahrenstechnische Modelle	176
4.2.1 Projektplanung und -steuerung	176
4.2.2 Strukturierung der Wissensdomäne	180
4.2.3 Wissensakquisitionsmodell	183
4.2.4 Wissensvalidierung, Wissenskonsolidierung und Systemvalidierung	184
4.2.5 Entwicklung eines Wartungskonzeptes	187
4.3 Selektive Entscheidungsmodelle	188
4.3.1 Checkliste zur Problemeignung	188
4.3.2 Auswahl der Entwicklungs- und Anwendungshardware	190
4.3.3 Toolauswahl für Entwicklung und Anwendung	192
4.3.4 Auswahl und Festlegung des Projektplanungs- und -steuerungsverfahrens	199
4.4 Darstellungstechnische Methoden	202
4.4.1 Entwicklung eines Organisationsrahmens	202
4.4.2 Konzeption der Wissensformalisierung	206
4.4.3 Das Modell der Wissensdarstellung	207
4.4.4 Die Wissens-Beschreibungssprache	210
4.4.5 Beispiel einer Wissensmodellierung	215
5. Modellierung eines Systems zur Unterstützung von Expertensystemprojekten	218
5.1 Konzeption eines computergestützten Expertensystem-Projektmanagements	218
5.2 Konzeption eines computergestützten KE-Tools	219
5.2.1 Modellierung der Benutzeroberfläche	219
5.2.2 Der Funktionsbereich 'System'	228
5.2.3 Der Funktionsbereich 'Vorbereitung'	230
5.2.4 Der Funktionsbereich 'Definition'	232
5.2.5 Der Funktionsbereich 'Analyse'	233
5.2.6 Der Funktionsbereich 'Konzeption'	234
5.2.7 Der Funktionsbereich 'Implementierung'	238
5.2.8 Der Funktionsbereich 'Einführung und Anwendung'	239
5.2.9 Der Funktionsbereich 'Projekt'	241
5.3 Abgrenzung des KE-Tools von herkömmlichen Entwicklungswerkzeugen	243
Literaturverzeichnis	249

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1: Nutzenpotentiale und Problembereiche bei der Entwicklung von Expertensystemen . . .	4
Abb. 1-2: Entwicklungszeiten von Expertensystemen	7
Abb. 1-3: Übersicht über die Anwendungstypen von Expertensystemen	13
Abb. 1-4: Perspektiven wissensbasierter Systeme in verschiedenen Anwendungsbereichen . . .	19
Abb. 1-5: Abgrenzung von KI-Problemen gegen Software-Engineering-Probleme	21
Abb. 1-6: Die Komponenten eines Expertensystems	24
Abb. 1-7: Übersicht über Wissensrepräsentationsarten und -techniken	33
Abb. 1-8: Beispiele zweier Regeln von MYCIN	36
Abb. 1-9: Mögliche Strategien der Wissensverarbeitung	45
Abb. 1-10: Die wichtigsten Suchstrategien von Inferenzkomponenten	47
Abb. 1-11: Die Hardwareklassen für die Expertensystem-Entwicklung	60
Abb. 1-12: Die Werkzeugklassen für die Expertensystem-Entwicklung	61
Abb. 2-1: Ziele und Eigenschaften einer Methodik zur Expertensystemerstellung	65
Abb. 2-2: Methodische Ansätze zur Entwicklung von Expertensystemen	66
Abb. 2-3: Der Ansatz von Harmon / King	69
Abb. 2-4: Der Ansatz von Partridge	71
Abb. 2-5: Die Phasen des Life-Cycle-Modells des Software Engineerings	73
Abb. 2-6: Die Phasen des Life-Cycle/Redesign-Modells des Knowledge Engineerings	73
Abb. 2-7: Der Ansatz von Buchanan u.a.	74
Abb. 2-8: Der Ansatz nach Freiling u.a.	76
Abb. 2-9: Die Hauptphasen des vollständigen Phasenmodells	79
Abb. 2-10a: Das vollständige Phasenmodell (1)	81
Abb. 2-10b: Das vollständige Phasenmodell (2)	82
Abb. 2-10c: Das vollständige Phasenmodell (3)	83
Abb. 2-10d: Das vollständige Phasenmodell (4)	84

Abb. 3-1: Der Nutzen von Expertensystemanwendungen	93
Abb. 3-2: Anforderungskatalog für die Eignung des Expertensystemeinsatzes	95
Abb. 3-3: Entscheidungsraster für den Einsatz eines/mehrerer Experten	101
Abb. 3-4: Entscheidungsraster für den Einsatz interner/externer Experten	101
Abb. 3-5: Aufgaben des Projektleiters	105
Abb. 3-6: Eignung der verschiedenen Wissensrepräsentationsarten	120
Abb. 3-7: Festlegung der Wissensverarbeitung	121
Abb. 3-8: Kriterien und Charakteristika der Validierung	125
Abb. 3-9: Problemkreise bei der Aquisition des Fachwissens	133
Abb. 3-10: Übersicht über die verschiedenen Wissensakquisitionsarten	135
Abb. 3-11: Der Kreislauf der Wissenserhebung	155
Abb. 4-1: Risiken bei der Abwicklung von Expertensystemprojekten	167
Abb. 4-2: Entscheidungsmodell für die Auswahl der Organisationsform	173
Abb. 4-3: Kosten-, Aufwand und Nutzenkalkulation	175
Abb. 4-4: Risiken bei der Abwicklung von KI-Projekten	179
Abb. 4-5: Strukturierung der Anwendungsdomäne	181
Abb. 4-6: Ablaufplan für den Kreislauf der Wissensimplementierung	182
Abb. 4-7: Schema zur Auswahl der geeigneten Wissensakquisitions-Methoden	184
Abb. 4-8: Wissensakquisitions- und Validierungsplan	186
Abb. 4-9: Voraussetzungen für den Expertensystem-Einsatz	188
Abb. 4-10: Checkliste zur Problemeignung	189
Abb. 4-11: Eignung der Rechner- und Werkzeugklassen für die Expertensystementwicklung	190
Abb. 4-12: Checkliste zur Hardwareauswahl	191
Abb. 4-13: Beispiele für Entwicklungswerkzeuge	192
Abb. 4-14: Checkliste zur Vorselektion von KI-Tools	193
Abb. 4-15: Checkliste zur Grobanalyse von KI-Tools	194

Abb. 4-16a: Checkliste zur Grobanalyse von KI-Tools (1)	196
Abb. 4-16b: Checkliste zur Grobanalyse von KI-Tools (2)	197
Abb. 4-16c: Checkliste zur Grobanalyse von KI-Tools (3)	198
Abb. 4-17: Auswahl eines Systems zur Projektplanung- und -steuerung	201
Abb. 4-18: Formblatt zur Darstellung von Vorgangsketten	202
Abb. 4-19: Beispiel für eine Vorgangsketten-Darstellung	205
Abb. 4-20: Abgrenzung der Daten- gegen die Wissensmodellierung	208
Abb. 4-21: Grundsymbole der objektorientierten Formalisierung	209
Abb. 4-22: Attribut-Spezifikationen der Wissensbeschreibungssprache	212
Abb. 4-23: Beispiel für die Modellierung einer Wissensbasis	215
Abb. 4-24: Beispiel für die Formalisierung von Anwendungswissen	216
Abb. 5-1: Konzeptionsmerkmale des KE-Tools	220
Abb. 5-2: Ablauforientierte Modellierung des KE-Tools	221
Abb. 5-3: Übersicht über die Funktionen des KE-Tools	223
Abb. 5-4: Das Auswahlfenster des KE-Tools	224
Abb. 5-5: Der prinzipielle Aufbau des KE-Tools	226
Abb. 5-6: Die Funktionen des KE-Tools zur Vorbereitungsphase	230
Abb. 5-7: Die Funktionen des KE-Tools zur Definitionsphase	232
Abb. 5-8: Die Funktionen des KE-Tools zur Analysephase	234
Abb. 5-9a: Die Funktionen des KE-Tools zur Konzeptionsphase (a)	235
Abb. 5-9b: Die Funktionen des KE-Tools zur Konzeptionsphase (b)	236
Abb. 5-10: Die Funktionen des KE-Tools zur Implementierungsphase	238
Abb. 5-11: Die Funktionen des KE-Tools zur Einführungs- und Anwendungsphase	240
Abb. 5-12: Im Knowledge Engineering eingesetzte Tools	243
Abb. 5-13: Die Unterstützungsfunktionalität des KE-Tools im Knowledge Engineering	244

Abkürzungsverzeichnis

AAAI	American Association for Artificial Intelligence
AI	Artificial Intelligence
AwF	Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung
Bd.	Band
BDE	Betriebsdaten-Erfassung
Bsp.	Beispiel
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CASE	Computer-Aided Software-Engineering
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CMU	Carnegie Mellon University
DEC	Digital Equipment Corporation
d. h.	das heißt
DV	Datenverarbeitung
ECAI	European Congress of Artificial Intelligence
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EG	Europäische Gemeinschaft
f.	und folgende Seite
ff.	und folgende Seiten
KE	Knowledge Engineer
GDI	Gesellschaft Deutscher Ingenieure
GI	Gesellschaft für Informatik
GMD	Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung
GWAI	German Workshop on Artificial Intelligence
HIPO	Hierarchical Input-Process-Output
Hrsg.	Herausgeber
IEEE	Institute for Electrical and Electronic Engineers
IJCAI	International Joint Conference on Artificial Intelligence
KBS	Knowledge-Based Systems
KE	Knowledge Engineer (Wissensingenieur)
KI	Künstliche Intelligenz

Lab.	Laboratory
lfd.	laufend
LOC	Lines of Code (Anzahl Zeilen eines Computerprogramms)
lt.	laut
MDE	Maschinendaten-Erfassung
MIT	Massachusetts Institute of Technology
n. Anf.	nach Anforderungen
No.	Numero
Nr.	Nummer
o. J.	ohne Jahr
o. O.	ohne Ort
o. V.	ohne Verfasser
PAP	Programmablaufplan
PC	Personal Computer
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
S.	Seite
s. bes. S.	siehe besonders Seite
SA	Structured Analysis
SDRC	Schlumberger-Doll Research Centre
SIGART	Special Interest Group on Artificial Intelligence
SRI	Stanford Research Institute
SzU	Schriften zur Unternehmensführung
u. a.	und andere
u. U.	unter Umständen
VDI	Verein deutscher Ingenieure
VLSI	Very Large Scale Integration
Vol.	Volume
XPS	Expertensystem
ZfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZwF	Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung
z. B.	zum Beispiel
z. Bsp.	zum Beispiel