

KfK 5208  
August 1993

# **Künstliche Intelligenz im Härtetest der kommerziellen Praxis**

G. Frederichs, M. Rader  
Abteilung für Angewandte Systemanalyse

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



**KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE**

**Abteilung für Angewandte Systemanalyse**

**KfK 5208**

**Künstliche Intelligenz im Härtetest der  
kommerziellen Praxis**

*G. Frederichs, M. Rader*

**Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe**

Als Manuskript gedruckt  
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

ISSN 0303-4003

## Zusammenfassung

Über Expertensysteme hat es in den letzten Jahren zahlreiche Technikfolgenabschätzungen gegeben, die jedoch kaum auf konkrete Erfahrungen zurückgreifen konnten. Die Befragung kommerzieller Entwickler von Expertensystemen, über die hier berichtet wird, ist ein Versuch, die inzwischen vorliegenden Praxiserfahrungen für eine empirisch gestützte Deutung dieser Technologie nutzbar zu machen.

Gefragt wurde nach den Zielen und Erwartungen der Auftraggeber, nach den Formen und Methoden der Projektdurchführung, nach den Resultaten und Erfahrungen bisheriger Projekte sowie nach der übergreifenden Beurteilung aus der Sicht des Praktikers. Anhand des Interview-Materials ergeben sich interessante und zum Teil wohl auch überraschende Einblicke zu den Themen der Expertensystemtechnik und zur "Künstlichen Intelligenz" (KI), die bisher eher spekulativ und vorwiegend im akademischen Milieu diskutiert worden sind.

Trotz der geringen Zahl bisher bekanntgewordener Anwendungen erweist sich die Praxis der kommerziellen Expertensystem-Entwicklung als ein Tätigkeitsfeld mit hoher Eigendynamik. In der kurzen Zeit ihres Bestehens haben sich unter dem Diktat der Praxisanforderungen eine Reihe von Trends eingestellt, die der bisherigen Diskussion neue Akzente aufsetzen. Dazu gehören unter anderem: der Trend zur Integration "wissensbasierter Systeme" in die traditionelle EDV-Welt; die Abkehr vom rein regelbasierten Ansatz und, in Verbindung damit, die zunehmende Bevorzugung konstruktivistischer Lösungen; die Pragmatisierung der alten KI-Visionen und die abnehmende Bedeutung der menschlichen Intelligenz als Maßstab; der häufiger werdende Verzicht auf standardisierte "Shells" und "Tools" sowie auf die einst als unverzichtbar geltende "Erklärungskomponente".

Der Milieuwechsel von der akademischen KI-Forschung zur auftrag-gebundenen Expertensystem-Entwicklung gibt Anlaß, über alte Fragen neu nachzudenken: zur Praxisrelevanz der Künstlichen Intelligenz, zu ihrem Einfluß auf die Informatik und auf die Informationstechniken, zu den Risiken einer angewandten KI sowie schließlich zur Marktfähigkeit der Expertensystem-Technik. Zu diesen Fragen ergeben sich aus den Interviews eine Reihe von neuen Anregungen, die in dem vorliegenden Bericht zur Diskussion gestellt werden.

## Summary

### AI in the Hardness Test of Commercial Use

In recent years there have been numerous technology assessment projects on expert systems, most of which were unable to draw on any kind of practical experience. The survey among commercial developers of expert systems, which forms the basis for this report, is an attempt to utilize existing practical experience for an empirically supported assessment of this technology.

Individual questions covered topics such as the goals and expectations of the customers who commissioned expert systems, the forms and methods of project execution, results and experience gathered from existing projects in addition to an overall appraisal from the perspective of the practitioner. The interview material provides interesting, and sometimes surprising, insights into the subjects of expert system technology and artificial intelligence (AI), which have previously been the subject of widespread speculation and discussion confined largely to the academic sphere.

Despite the small number of confirmed applications, the practical field of expert system development reveals itself as a highly dynamic area of activity. During the short period of its existence a number of trends have emerged to cope with the demands of practical needs and these set new accents in the existing discussion. Among these are: the trend towards the integration of "knowledge based systems" into the traditional data processing environment; the abandonment of the pure rule-based approach and, linked with this, an increasing preference for constructivist solutions; the pragmatization of the old AI visions and the decreasing importance of human intelligence as a yardstick; the increasing abandonment of standardized "shells" and "tools" in addition to the "explanation component" which was formerly regarded indispensable.

The switch of the environment from academic AI research to commission-bound development of expert systems is an occasion to reconsider old topics; the practical relevance of artificial intelligence, its influence on computer science and information technology, the risks of applied AI and, finally, the marketability of expert system technology. The interviews produce a number of new suggestions on these issues which are presented for discussion in the current report.

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung: Künstliche Intelligenz und Informationstechnik .....	1
2.	Fragestellungen der Untersuchung .....	6
2.1	Zum Kontext der Fragestellungen .....	8
2.1.1	Unrealistische Zielsetzungen .....	8
2.1.2	Unzuverlässigkeit der KI-Software .....	8
2.1.3	Blindheit gegenüber den sozialen Folgen .....	10
2.2	Reaktionen auf die Kritik .....	10
2.2.1	Die Methodologie der Wissensakquisition .....	10
2.2.2	Begrenzung der Wissensdomänen .....	11
2.2.3	Konnektionismus .....	11
2.2.4	Partizipative und dialogische Systemgestaltung .....	11
2.2.5	Konstruktion statt Repräsentation .....	12
2.3	Zum Kontext der Untersuchung: Die Expertensystemtechnik ....	12
3.	Die Befragung kommerzieller Expertensystem-Entwickler .....	19
3.1	Zur Durchführung der Erhebung .....	19
3.2	Zur Stichprobe und zur Lage der Branche .....	22
3.3	Einordnung der Untersuchung .....	25
4.	Ergebnisse der Befragung .....	28
4.1	Ziele und Erwartungen des Expertensystemeinsatzes .....	28
4.2	Zur Durchführung von Entwicklungsprojekten .....	37
4.2.1	Das Vorgehen bei der Wissensakquisition .....	44

4.2.2	Sonstige Praktiken und Erfahrungen .....	52
4.3	Resultate und Feedback aus der Anwendung .....	60
4.4	Die KI aus der Perspektive des Praktikers .....	66
4.4.1	Fragen zur Wissensakquisition und Wissensrepräsentation .....	67
4.4.2	Die neuen programmiertechnischen Mittel der KI .....	73
4.4.3	Was ist "Künstliche Intelligenz"? .....	76
4.4.4	Zusammenfassende Urteile zur Expertensystemtechnik .....	80
5.	Diskussion der Interviewergebnisse .....	82
5.1	Was ist angewandte KI? .....	82
5.2	Wie ist eine solche angewandte KI möglich? .....	85
5.3	Ist in der angewandten KI die "Super Software Crisis" vorprogrammiert? .....	87
5.4	Welche Chancen hat die angewandte KI am Markt? .....	91
	Literaturverzeichnis .....	94
	Anhang: Interviewleitfaden .....	101

## **"Künstliche Intelligenz" im Härtetest der kommerziellen Praxis.**

(Bericht über eine Befragung von Expertensystem-Entwicklern)

### **1. Einleitung: Künstliche Intelligenz und Informationstechnik**

Es ist nicht nur die schnelle Hardware-Entwicklung, die dem Bild der Computertechnologie ständig neue Facetten hinzufügt. Dieser immer noch relativ junge Technikbereich ist auch in der Entwicklung seines Selbstverständnisses und der Perspektiven und Methoden noch keineswegs abgeschlossen. Das zeigt sich z.B. in der Informatik, wo die herrschende technikzentrierte, sich formalwissenschaftlich verstehende Richtung (z.B. Denning et al. 1989) von der sogenannten skandinavischen Schule angefochten wird (z.B. Nygaard 1989). Diese hebt die Bedeutung sozialer Kontexte hervor, sowohl auf seiten der Technikentstehung und Entwicklung als auch auf seiten der Technikanwendung (in Deutschland z.B.: Rödiger et al. 1989). Soweit das öffentliche Interesse über spektakuläre Hardware-Innovationen hinausgeht, werden derartige Auseinandersetzungen und Entwicklungen je nach Perspektive voller Hoffnung oder mit Besorgnis beobachtet. Hoffnungen richten sich auf immer neue Anwendungsmöglichkeiten und Märkte, aber auch auf die Lösung zunehmend komplexer werdender Aufgabenstellungen mit Hilfe des Computers, etwa im Umweltbereich, in Planung und Verwaltung, in der Wissenschaft und in der Wirtschaft (BMFT/BMWi 1989, BMFT 1992). Besorgnis verbindet sich mit der Schnelligkeit der Ausbreitung des Computers, die für ein Überdenken der Anwendungen hinsichtlich der Adäquanz und der unbeabsichtigten Auswirkungen und Risiken kaum Zeit läßt. Die Industriesoziologie sieht sich z.B. mit dem Problem konfrontiert, daß die neuen Informations- und Kommunikations-Techniken tradierte Forschungsansätze sprengen (Schmidt 1989, 232). In dem Begriff der "SoftwareKrise" kommt die weltweit wachsende Sorge zum Ausdruck, daß die kaum noch überschaubare Abhängigkeit der Gesellschaft vom Computer in einem Mißverhältnis steht zu der Intransparenz und Unzuverlässigkeit großer Computerprogramme (Forester, Morrison 1990).

Symptomatisch für den Orientierungsbedarf innerhalb und außerhalb der Computertechnologie sind die anhaltenden Auseinandersetzungen über die "Künstliche Intelligenz" (KI, englisch AI= Artificial Intelligence), mit der sich die Informatik nie so recht identifizieren, von der sie sich aber auch nicht eindeutig ab-

grenzen kann. Die KI ist der Ort, an dem sich spekulative Ideen artikulieren, ohne in jedem Fall auf wissenschaftliche oder technische Normen Rücksicht zu nehmen, denen sich eine wissenschaftliche Disziplin wie die Informatik verpflichtet fühlt. Immer wieder erweist sich die KI dadurch als Impulsgeber für neue Entwicklungen, verunsichert aber gleichzeitig das disziplinäre Selbstverständnis der Informatiker. Als Veranschaulichung mag die Frage von Derek Partridge dienen: "Will AI lead to a super software crisis?" (1986), die zugleich eine der brennenden Fragen der Technikfolgenabschätzung ist.

Bis Ende der siebziger Jahre hatte die KI immer wieder spektakuläre Entwicklungen prophezeit, die i.a. nicht eingelöst wurden, und sich dabei von einer Anwendungsorientierung ihrer Forschungsarbeiten immer weiter entfernt. Als KI-typisch wurden solche Arbeiten bezeichnet, die neue Erkenntnisse auf dem Wege zu neuen Computeranwendungen erbrachten. Die Frage der Realisierung solcher Anwendungen selbst trat in den Hintergrund (Schank 1991).

Das änderte sich gegen Ende der siebziger Jahre, als mit dem Konzept der Expertensysteme und mit der "Wissens"-Metapher der große Durchbruch zu einer anwendungsfähigen KI möglich schien. Gestützt wurde dieser Optimismus durch Berichte über erfolgreich angewendete Expertensysteme vor allem in den USA. Diesmal griff die Politik diesen Optimismus auf. Die KI wurde weltweit zur neuen Schlüsseltechnologie erklärt und es wurden große Förderprogramme aufgelegt, publizistisch aufbereitet unter dem Schlagwort der "Fünften (Computer-) Generation" (Vergleiche unten Abschnitt 4.1). In der Bundesrepublik Deutschland führte man die KI darüber hinaus als Lehrfach an den Universitäten ein und verschaffte ihr in Form von KI-Forschungseinrichtungen einen institutionellen Unterbau (Bibel et al. 1987; BMFT/BMWi 1989).

Damit hatte sich die Situation der KI geändert. Die gesellschaftliche Umwelt stellte an den Forschungs- und Entwicklungsbetrieb wieder einen stärkeren Anspruch auf anwendbare Resultate. Die politische Propagierung einer neuen Schlüsseltechnologie hatte Erwartungen geweckt und der Expertensystemtechnik öffentliches Ansehen verschafft, obwohl praktische Erfahrungen kaum vorlagen. Manche großen Firmen, die es sich leisten konnten, experimentierten mit dieser neuen Technologie, teils mit "selbstgestrickten" Systemen, teils mit Entwicklungen, die sie in Auftrag gaben. In dieser Atmosphäre euphorischer Erwartungen wurde eine Reihe von Unternehmen gegründet oder es wurden in bestehenden Softwarehäusern neue Abteilungen eingerichtet, die sich die kommerzielle Entwicklung von Expertensystemen zur Aufgabe machten. Einen Überblick

über solche Unternehmen, ihre Produkte, Projekte und Kundenbranchen geben z.B. die "Euro-KI-Führer" des Oldenbourg Verlages von 1990 und 1991. Kennzeichnend für die Aktualität des Themas in den achtziger Jahren war der Beschluß der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Gestaltung der technischen Entwicklung; Technikfolgenabschätzung und Bewertung", die Expertensysteme in Produktion und Medizin als eine Beispielanwendung der Technikfolgenabschätzung auszuwählen und eine Reihe entsprechender Untersuchungen in Auftrag zu geben (Enquete-Kommission 1990).

Den großen Erwartungen folgte die Ernüchterung. Der vielfach prognostizierte Markterfolg blieb aus (Coy, Bonsiepen 1989, 83f.), und die positive Stimmung hat inzwischen einer verbreiteten Skepsis Platz gemacht. Wenn nicht überhaupt an der Machbarkeit gezweifelt wird, ist es heute üblich, davon zu reden, daß derartige "wissensbasierte Systeme" sich in die herkömmliche EDV-Welt integrieren und dadurch als eigenständige Entwicklungen der KI wieder unsichtbar werden. Aber gerade diese Einschätzung ist alarmierend, weil sie das unauffällige Eindringen von KI in die herkömmliche EDV behauptet. Angesichts der relativen "Disziplinlosigkeit" der KI im oben genannten Sinne wäre zu bedenken, ob dabei die alten Ingenieurstugenden der Zuverlässigkeit und Sicherheit technischer Entwicklungen noch ausreichend zur Geltung kommen. (Wir werden allerdings solche Befürchtungen noch etwas differenzieren müssen, siehe Abschnitt 5.3).

Die Möglichkeit eines Eindringens von KI in die herkömmliche EDV ist unter anderem deshalb nicht von der Hand zu weisen, weil es eine wesentliche Intention der Programme der "Fünften Generation" war, die moderne Computertechnologie unter Zielsetzungen zu fördern, die an Ideen der Künstlichen Intelligenz orientiert waren (Winograd, Flores 1989, 226). Und in der Tat wird es zur Zeit noch zu wenig beachtet, daß trotz fundamentaler Kritik am Sinn und an der Machbarkeit der Expertensysteme und trotz des bisherigen Scheiterns der Expertensystemtechnik am Markt es dennoch bereits so etwas wie eine Praxis der Anwendung von KI gibt. Jenseits spektakulärer Markterfolge wird in zahlreichen F&E-Projekten an einer Nutzbarmachung "wissensbasierter Systeme" und anderer KI-Ansätze weitergearbeitet. Dafür stehen die neu geschaffenen KI-Forschungseinrichtungen von Bund und Ländern sowie ein verbreitetes Interesse in Wirtschaft, Wissenschaft und Militär an neuartigen Anwendungen einer fortgeschrittenen EDV. Ein wichtiger Begleitumstand dabei sind die spektakulären Weiterentwicklungen der Hardware, die manche ehemals utopischen KI-Vorstellungen in den Bereich des Machbaren zu rücken scheinen. Neue KI-Ansätze, Programmierspra-

chen und Entwicklungsumgebungen nähren die Hoffnung, daß die EDV neuen Anwendungsbereichen in der Produktion, in der Arbeitsorganisation, im Umweltbereich, in der Forschung usw. zugeführt werden kann.

Mit den Expertensystemen wurde, vielleicht etwas überschwenglich, ein neuer Schritt der gesamten EDV-Entwicklung propagiert, nämlich der Übergang von der Datenverarbeitung zur Wissensverarbeitung. Das hat die naheliegenden Fragen nach der Realisierbarkeit, nach den Folgen und nach der Wünschbarkeit provoziert, die in einer Reihe von Technikfolgenabschätzungen untersucht worden sind (siehe Abschnitt 3). Unsere Untersuchung nimmt den behaupteten Wandel von der Daten- zur Wissensverarbeitung ernster als er vielleicht gemeint war. Wie auch immer eine Praxis der KI-Anwendungen aussehen mag, sie ist in jedem Fall von großem Interesse für die Technikfolgenabschätzung. Bei aller analytischen Unterscheidung zwischen KI und Informatik bleibt die KI doch ein Teil der Informatik und übt einen unübersehbaren, aber auch schwer zu durchschauenden Einfluß auf die gesamte EDV und die expandierenden Informationstechniken aus. Der Hang zur Spekulation könnte zu gewagten Anwendungen führen und die heute mehr denn je geforderten Tugenden der Vorsicht und Verantwortung aufweichen (Booß-Bavnbeck 1991). Es könnten aber auch von der KI positive Impulse ausgehen zu einer bewußteren und verbesserten Umgehensweise mit den "neuen Technologien", worauf z.B. Bonsiepen im Zusammenhang mit der Softwarekrise hingewiesen hat (Bonsiepen 1990). Auch Malsch (1992) gewinnt dem Thema positivere Aspekte ab. Er hält es für möglich, daß die KI mit der Ergänzung der Intelligenzmetapher durch die Wissensmetapher eine pragmatische Wende eingeleitet habe. Insbesondere verfolgt er die Frage einer möglichen Transformation des Wissens aufgrund der Anwendung wissensbasierter Technologien, ohne von vornherein eine Wertung vorzunehmen (Malsch 1987).

Zum Schluß dieser Einleitung sei noch eine Anmerkung in eigener Sache hinzugefügt. An einer neuen Technologie interessiert vor allem, wie sie sich in der Praxis bewährt. Entsprechend war es ursprünglich auch unser Anliegen, Expertensystemen in der praktischen Anwendung im Hinblick auf die einschlägigen Fragestellungen zu analysieren - ähnlich wie es in der Untersuchung an der Universität Dortmund geschehen ist, über die mittlerweile Zwischenberichte vorliegen (Mill 1991, Malsch 1991, Bachmann 1992, Bachmann et al. 1992). Wir haben davon jedoch im Verlauf des Projekts Abstand genommen. Uns schien eine Anwendungspraxis in dem erforderlichen Sinne noch gar nicht vorhanden zu sein. Das äußert sich nicht nur in der relativ geringen Zahl von Anwendungen, sondern auch dar-

in, daß viele Anwender, die wir gefunden haben, den Einsatz ihres Expertensystems noch als vorläufiges Experiment betrachteten. Diese Beobachtung ist möglicherweise nicht repräsentativ und soll hier deshalb nicht zu sehr betont werden. Aber beides zusammen, die relativ geringe Anzahl von Anwendungen und diese mehrfach beobachtete Zurückhaltung der Anwender, stand in einem auffallenden Widerspruch zu dem durchgängigen Optimismus der kommerziellen Entwickler von Expertensystemen, der nicht nur Zweckoptimismus zu sein schien. Wir vermuteten hier Zusammenhänge, die in der bisherigen Diskussion nicht gesehen worden sind, und machten aus der Not (der geringen Zahl von Expertensystemanwendungen) eine Tugend, indem wir nach den Hintergründen fragten und uns dabei an diejenigen hielten, die ausgesprochen auskunftsfreudig waren, also an die kommerziellen Entwickler von Expertensystemen. Den Widerspruch konnten wir, wie wir meinen, auflösen, und stießen dabei auf interessante Vorgänge in der KI-Entwicklung.

Der Widerspruch löst sich wie folgt auf: Der Nutzen der Expertensysteme für den Anwender liegt nicht nur in dem fertigen Produkt, sondern auch in den Dienstleistungen, die von dem jeweiligen Softwarehaus im Zusammenhang mit der Expertensystementwicklung und während der häufig darüber hinaus aufrechterhaltenen Geschäftsverbindung erbracht werden. Dieser Nutzen ist jedoch diffuser und weniger gut zu rechtfertigen als die in der öffentlichen Euphorie propagierten Erzungenschaften der Expertensystemtechnik. Gerade diese sind aber nicht immer so eindeutig nachzuweisen, wie gerade wieder die erwähnte Dortmunder Untersuchung zu zeigen scheint. So kommt es, daß die Anwender von Expertensystemen sich manchmal etwas schwer tun, ihr Engagement für die neue Technologie zu vertreten, während die Entwickler durchaus Chancen haben, über die Expertensystemschiene eine spezifische KI-Marktlücke zu finden. Daher ihr Optimismus. Der folgende Bericht wird diese Zusammenhänge verdeutlichen.

## 2. Fragestellungen der Untersuchung

Ausgangspunkt der Untersuchung ist, daß vor dem Hintergrund massiver politischer und institutioneller Weichenstellungen zugunsten der Expertensystem-Technologie Systeme entwickelt werden, die als Expertensysteme verstanden sein wollen - unabhängig davon, ob sie diese Bezeichnung im Sinne der akademischen Diskussion verdienen. Das Interesse der Untersuchung gilt der Situation, daß ein aus der Ideenküche der Künstlichen Intelligenz stammender Ansatz in die Praxis der Systementwicklung übergeführt wird. Damit unterwirft sich die KI erstmals in ihrer Geschichte im großen Maßstab dem Härte-test einer Verwertbarkeit ihrer Ideen unter Praxis- und Marktbedingungen. Das ist ein Milieuwechsel, den manche KI-Ideen möglicherweise nicht überleben. Wenn man sich für den Einfluß der KI auf die EDV interessiert (wofür wir in der Einleitung plädiert haben), dann bietet sich hier die Möglichkeit der Beobachtung, die die bisherige, weitgehend spekulative, Diskussion bereichern könnte. Es sind drei Fragenkomplexe, auf die sich das Interesse richten wird:

- 1) Wandel der KI: Welche Momente der "KI-Welt" sind robust genug, sich im veränderten Milieu durchzusetzen und welche gehen angesichts des "Realitätsschocks" unter? Gibt es Veränderungen und Anpassungen? Wie sehen diese aus?
- 2) Überprüfung der KI-Kritik: In welchem Umfange bestätigt sich die einschlägige KI-Kritik? Bewahrheiten sich die theoretisch vorausgesagten Realisierungsprobleme und, falls ja, wie werden sie umschifft? (Die KI-Kritik wird unten in Abschnitt 2.1 resümiert.)
- 3) Wandel der EDV: Gibt es Einflüsse auf die herkömmliche EDV und welche Formen nehmen diese an? Sind Auswirkungen auf die Methoden und auf das Selbstverständnis des Software Engineering zu beobachten? Erschließen sich der Computertechnologie neuartige Anwendungen? Auf welche Faktoren ist es zurückzuführen, daß die Expertensystemtechnik am Markt bisher nur geringen Erfolg hatte? Gibt es unter Berücksichtigung dieser Faktoren Erfahrungen, die eine realistische Anwendungsperspektive eröffnen? Welche Chancen und Risiken sind mit einer auf realistische Ausmaße zurückgeschnittenen KI verbunden?

Es ist besonders darauf hinzuweisen, daß diese Fragen primär auf die Praxis der Systementwicklung und nicht auf diejenige der Systemanwendung abzielen. Damit wird dem schon in der Einleitung erwähnten Umstand Rechnung getragen, der allen bisherigen Technikfolgenabschätzungen dieser Technologie zur Last gelegt wird: Daß sie nämlich über eine nur sehr schmale empirische Basis verfügen, weil es kaum Expertensysteme gibt, die sich bereits in der routinemäßigen Anwendung befinden. In der Einleitung war als ein Grund genannt worden, daß der Nutzen von Expertensystemen diffuser ist und daher schwerer zu rechtfertigen, als es die öffentliche Diskussion in ihrer ursprünglichen Euphorie erwarten ließ. Daher existiert bei vielen Anwendern von KI-Systemen eine gewisse Scheu, diese über die Grenzen der eigenen Firma oder Behörde hinaus bekannt zu machen. Hinzu kommt u.U. die übliche Angst vor einer Ausspähung der Firmeninterna, die z.B. in den Wissensbasen niedergelegt sein können. Ein weiterer Faktor könnte sein, daß KI-Produkte aus der Sicht der Geschäftswelt oft von einer Aura des Unseriösen umgeben sind, so daß man dafür getätigte Investitionen nicht gerne publik macht oder diese als nicht ernst zu nehmende Pilotprojekte deklariert. Die Aura des Unseriösen hat etwas mit jenem spekulativen Moment der KI zu tun, durch das sie sich von der als seriöser angesehenen Informatik unterscheidet (siehe oben in der Einleitung). Es ist nicht unwahrscheinlich, daß dieser Aspekt auch über die Grenzen des Wissenschaftssystems hinaus das Bild der KI prägt. Auf dem Höhepunkt der öffentlichen Euphorie für die Expertensysteme Mitte der achtziger Jahre kam dieser Aspekt nicht zur Geltung. Das hat sich aber mit zunehmender Ernüchterung wieder geändert.

Ein weiterer Grund für die verhältnismäßig geringe Zugänglichkeit einer wie auch immer gearteten Anwendungspraxis von KI liegt darin, daß die Definition des Expertensystems oder eines anderen EDV-Produkts als zur KI gehörig nicht eindeutig ist. Viele Systeme, die im Selbstverständnis ihrer Entwickler und Benutzer als "intelligente Systeme" oder als Expertensysteme firmieren, weisen daher nicht die die TA-Forschung interessierenden KI-spezifischen Eigenschaften auf. Man beachte, daß hier die gängige TA-Forschung offensichtlich einen engeren KI-Begriff intendiert als Teile der KI-Community selbst. In der Tat ist die Entscheidung zwischen zwei Risiken schwer zu fällen, zwischen dem Risiko, bestimmte KI-Entwicklungen zu verpassen, und dem Risiko, Geschäftemachern aufzusitzen, die mit dem Wort "Intelligenz" Etikettenschwindel treiben. Es sei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die vorliegende Untersuchung zunächst das zweite Risiko in Kauf nahm und von einem weniger restriktiven KI-Begriff ausging (s.u. Abschnitt 5.1).

## 2.1 Zum Kontext der Fragestellungen

Intuitiv wird man zwischen der Kennzeichnung von KI als spekulativer Wissenschaft und der Zielsetzung, sie anzuwenden, einen Widerspruch sehen. Die Zweifel an einer praktischen Anwendbarkeit von KI-Konzepten und Produkten, hier vor allem der Expertensysteme, lassen sich präzisieren, wenn man die einschlägige KI-Kritik heranzieht. Im wesentlichen kann man drei Hauptrichtungen der Kritik unterscheiden (so auch Malsch 1992):

- unrealistische Zielsetzungen
- Unzuverlässigkeit der KI-Software
- Blindheit gegenüber den sozialen Folgen.

### 2.1.1 Unrealistische Zielsetzungen

Der Vorwurf unrealistischer Vorstellungen über die Modellierbarkeit von Wissen, der von Autoren wie Dreyfus (1972, 1986) und Winograd/Flores (1986) vorgetragen wird, verbindet sich mit der Kritik an einer rationalistischen Grundposition der KI, die nicht auf der Höhe der philosophischen und wissenschaftstheoretischen Diskussion ist. Der KI wird ein atomistischer und objektivistischer Wissensbegriff zum Vorwurf gemacht, der längst als überholt gilt durch holistische Auffassungen und theoretische Annahmen über eine Selbstreferentialität des menschlichen und kulturellen Wissens. Immerhin aber identifizieren sich die genannten Autoren insofern mit der KI, als sie nach neuen hermeneutischen und phänomenologischen Grundlagen suchen. Aber auch das wird aus einer evolutiv-nären Perspektive als vergeblich angesehen, weil das Expertenwissen ein in vielen Berufsjahren gewachsenes Erfahrungswissen ist, das mit zunehmender Kompetenz aus prinzipiellen Gründen immer weniger explizierbar ist (Polanyi 1966). Insofern sei auch der Versuch der "Wissensakquisition", d.h. der Erhebung von Expertenwissen zum Zwecke seiner Darstellung auf dem Computer, zum Scheitern verurteilt.

### 2.1.2 Unzuverlässigkeit der KI-Software

Das zweite große Thema der KI-Kritik ist die Unzuverlässigkeit der KI-Software. Schon in der herkömmlichen EDV kommt dieses Problem im Begriff der "Softwatrekrise" zum Ausdruck, womit sowohl die zum Teil prinzipielle Unmöglichkeit einer Garantie für fehlerfreie Software zum Thema gemacht wird als auch die de facto sich einschleichenden Mängel in der Software-Erstellung, wie es sie bei jeder

menschlichen Tätigkeit gibt, im Falle systemischer und vernetzter Computeranwendungen aber mit besonders weitreichenden Wirkungen (Forester und Morrison 1990). Bei der KI mit ihrer expliziten Bereitschaft zur Bearbeitung vager Aufgabenstellungen potenziert sich diese Gefahr noch, was Partridge mit dem Begriff der "Super Software Crisis" apostrophiert (1986).

Eine wesentliche Ursache für die Fehleranfälligkeit der Software ist die Unübersichtlichkeit großer Computerprogramme und die Nichtantizipierbarkeit ihres Verhaltens. Auch in dieser Beziehung könnte die Expertensystemtechnik mit ihrer Trennung von Wissensbasis und Inferenzteil Anlaß zu verstärkten Bedenken geben, da eine Vorausberechnung des Programmverhaltens noch weniger möglich ist. Partridge erklärt die Eigenschaft, das Verhalten von Programmen nur noch durch Beobachtung verifizieren zu können, sogar zu einer der charakteristischen Eigenschaften der KI (1988).

Eine Strategie gegen die Softwarekrise ist die Standardisierung und Normierung der Programmentwicklung sowie bestimmter Programmierstile, wie z.B. die Modularisierung der Programme, die Vermeidung von Sprungbefehlen und ähnliches. Vor allem das einer Ingenieurtradition verpflichtete "Software Engineering" baut auf die industriemäßige, stark auf Standards und Normen abgestellte Systementwicklung (Willmer und Balzert 1984).

Die mangelnde Fehler- und Widerspruchsfreiheit ("Reliabilität") der Programme in sich ist jedoch nicht der einzige Grund, warum man von einer Softwarekrise spricht. Noch gravierender ist die mangelnde Validität der Systeme aufgrund eines unzureichenden Verständnisses der Anwendungssituation und ihrer falschen oder unvollständigen Spezifikation. Hier ist eine starke Überschneidung mit der oben angegebenen Kritik an der mangelnden Realistik der KI-Vorstellungen gegeben. Der Vorwurf mangelnder Validität, der sich generell an die Software richtet, ist gegen die KI besonders gravierend, da diese ja gerade das Ziel verfolgt, "vage" und daher nicht vollständig spezifizierbare Probleme einer Lösung durch den Computer zuzuführen.

Diametral entgegengesetzt zum ingenieurmäßigen Software Engineering sind Ansätze einer menschenzentrierten (Ehn 1988) und einer partizipativen, dialogischen Programmierung unter der Beteiligung der zukünftigen Benutzer (Floyd 1987), die durch eine höhere Validität der Systementwicklungen und durch die über die Beteiligung an der Entwicklung gewonnene Transparenz neben anderen

wichtigen Zielen auch eine Eindämmung der Softwarekrise zu erreichen versuchen.

### **2.1.3 Blindheit gegenüber den sozialen Folgen**

Diese Kritik verbindet sich mit der allgemeinen Technikkritik, die der Technik mangelnde Rücksicht auf die vorgegebenen sozialen Strukturen zum Vorwurf macht. Sie ist die umfassendste Kritik, da die vorher genannten Kritikthemen der unrealistischen Zielsetzung und der falsch konzipierten Programme zu einem erheblichen Teil ihre Wurzeln ebenfalls in der Ignoranz und der mangelnden Sensibilität gegenüber gewachsenen sozialen Strukturen haben. In bezug auf die Praxisfähigkeit der KI bedeutet diese Kritik, daß die Blindheit gegenüber sozialen Folgen zu einer mangelnden Validität der Systeme und damit zu Fehlfunktionen und zu Akzeptanzproblemen führen kann.

## **2.2 Reaktionen auf die Kritik**

Die Kritik wird von der KI-Gemeinschaft nach langem Zögern heute zunehmend zur Kenntnis genommen, und es gibt eine Reihe von Reaktionen, die in bezug auf die Frage eines Anwendungspotentials der KI von Interesse sind.

### **2.2.1 Die Methodologie der Wissensakquisition**

Einer der grundlegenden Zweifel an der Technik wissensbasierter Systeme betrifft die Möglichkeit, das intuitive Wissen und das Erfahrungswissen von Experten überhaupt zu erheben. Dieser Zweifel bestätigt sich insoweit, als die Wissensakquisition als der schwierigste Schritt bei der Entwicklung solcher Systeme anerkannt ist, ohne daß aber die Machbarkeit grundsätzlich in Frage gestellt wird. Entsprechend gibt es eine intensive Methodendiskussion zur Wissensakquisition. Zum Teil ist diese relativ aufgeklärt und nähert sich durchaus grundsätzlichen Fragen. Dennoch fehlt der Diskussion ein theoretisches Fundament, was in einer gewissen Beliebigkeit der Methodenvorschläge zum Ausdruck kommt. Die grundsätzliche Frage der Nicht-Explizierbarkeit von Expertenwissen bleibt dabei weitgehend offen.

### **2.2.2 Begrenzung der Wissensdomänen**

Eine zunächst plausibel erscheinende Reaktion ist die Absichtserklärung von Expertensystementwicklern, sich auf "eng begrenzte" Wissensdomänen einzuschränken (Puppe 1988). Malsch weist darauf hin, daß man, um der Komplexität zu entkommen, die Anwendung von Expertensystemen auf "systematic domains" reduzieren muß, die zeitstabil und kontextunabhängig sind (Malsch 1992). Erfahrungen in der Automobilbranche haben gezeigt, daß ein in dieser Weise eingeschränktes Expertensystem sich selbst überflüssig macht, weil der Benutzer innerhalb kurzer Zeit gelernt hat, wie es reagieren wird.

### **2.2.3 Konnektionismus**

Starke Resonanz hat die Verabschiedung der symbolistischen Wissensrepräsentation zugunsten einer selbstadaptiven Entstehung von Strukturen innerhalb "lernfähiger" Medien (Neuronalen Netzen), die automatisch eine (nicht mehr analytisch nachvollziehbare) Wissensrepräsentation darstellen. Dieser "konnektionistische" Ansatz wird zur Zeit aus ganz unterschiedlichen Richtungen in Vorschlag gebracht. Unter anderem erhofft man sich eine bessere epistemologische Fundierung der KI (Diederich und Lischka 1987). Einschränkend ist zu bemerken, daß diese Medien nur entsprechend dem zugrundeliegenden Input-Output-Modell funktionieren und nur innerhalb der vom Konstrukteur entworfenen Architektur Strukturen bilden können, deren Adäquanz in bezug auf das zu repräsentierende Wissen bestenfalls durch Beobachtung zu verifizieren ist.

### **2.2.4 Partizipative und dialogische Systemgestaltung**

Formen der partizipativen Wissensakquisition und Systementwicklung finden, wie schon erwähnt, zur Zeit große Aufmerksamkeit. Diese Ansätze kommen den Intentionen der heutigen Technikkritik entgegen, die das "Überstülpen" formaler Systeme über die gewachsenen Strukturen der "Lebenswelt" kritisieren. Sie werden auch in der derzeit aktuellen, gewerkschaftsnahen "Gestaltungsdebatte" thematisiert. Die Entwicklung von Expertensystemen in Interaktion mit den zukünftigen Benutzern erscheint angesichts der Komplexität der realen Anwendungssituation insofern plausibel, als zumindest ein Teil der Komplexität unmittelbar Eingang in den Entwicklungsprozeß findet. Allerdings sind hier so gut wie alle methodischen Probleme noch offen. Konkrete Erfahrungen wären zweifellos von großem Interesse.

## 2.2.5 Konstruktion statt Repräsentation

Eine dem vorigen Ansatz nahezu diametral entgegengesetzte Reaktion ist der Verzicht auf eine nachahmende Wissensrepräsentation zugunsten der Konstruktion funktionaler Äquivalente (siehe auch Abschnitt 4.2.1). Mit dem notwendigen Scheitern einer validen Repräsentation des Wissens, so Malsch (a.a.O.), bestehe die "Chance" der Besinnung auf den Grundgedanken ingenieurmäßigen Erfindens, nämlich nicht die Nachahmung der Natur, sondern ihre Ersetzung durch funktional äquivalente Modelle (Beispiel: das Rad). Bei der Expertensystemtechnik würde dies den Verzicht einer "domain extraction" zugunsten einer "domain creation" bedeuten, d.h. die Transformation des Domänenwissens in Formen, die die Domäne im Hinblick auf die Einbeziehung computergestützter Hilfsmittel neu gestalten. Der Ansatz befindet sich aber in einem Gegensatz zur heutigen Technikkritik und könnte sich neben Validitätsproblemen auch Akzeptanzprobleme einhandeln.

## 2.3 Zum Kontext der Untersuchung: Die Expertensystemtechnik

Das landläufige Bild der Expertensysteme, das auch die frühen Abschätzungen ihres Potentials und ihrer Grenzen geprägt hat, ist das der "Regelkiste" (Christaller 1989): eine mehr oder weniger umfangreiche, möglichst widerspruchsfreie Ansammlung lebensnaher Regeln, die von "Wissensingenieuren" aus Experten des jeweiligen Einsatzgebietes herausgeholt ("geschürft") worden ist. Wenn bei der Benutzung des Expertensystems relevante Falldaten eines Problem es aus dem Anwendungsgebiet eingegeben werden, dann werden mittels einer "Inferenzmaschine" die zutreffenden Regeln "gefeuert" und Empfehlungen automatisch abgeleitet, die Expertenniveau haben. Bei Bedarf kann sich der Benutzer des Systems die Empfehlungen von einer "Erklärungskomponente" erläutern lassen. Derartige Systeme haben den Vorteil, daß sie sofort laufen und bei Bedarf allmählich erweitert werden können, um Sonderfällen (die es ja "leider" immer wieder gibt) gerecht zu werden, oder um neue Aufgaben zu übernehmen. Obwohl diese Idee bestechend klingt, funktioniert sie in der Praxis nur bedingt. Um nur ein paar Probleme anzusprechen:

- Es ist strittig, in welchem Maße Experten Regeln anwenden: Dreyfus und Dreyfus (1986) bezweifeln, daß wirkliche Spitzenkünstler überhaupt Regeln anwenden, Winograd (1987) bezeichnet regelbasierte Systeme als eine "Bürokratie des Geistes".

- Laufende Systeme (damit bezeichnet Mertens (1988) solche Systeme, die tatsächlich in die Anwendung gelangen) sind nicht beliebig erweiterbar: es stellt sich die Frage nach Erweiterbarkeit, Wartbarkeit und Konsistenz der "Regelkiste". Dies wurde besonders augenfällig beim Konfigurationssystem XCON der Firma Digital Equipment, das als "unwartbarer Dinosaurier" bezeichnet wurde (Bullinger und Kornwachs 1990, S.65)
- Die "Wissensakquisition" wurde zunehmend als Nadelöhr bzw. Flaschenhals (Feigenbaum) für die verbreitete Diffusion von Expertensystemen erkannt. Kurse zur Umschulung arbeitsloser Akademiker zum Wissensingenieur wurden nach anfänglich euphorischen Erwartungen sang- und klanglos eingestellt (Jansen 1990). Inzwischen wird auch bezweifelt, daß die Wissensakquisition das wahre Problem sei, da man nicht einmal wisse, wie das "implizite, detaillierte Wissen des Experten" überhaupt darzustellen sei (Breuker u. Wielinga, 1989, S. 265).
- Winograd und Flores (1986) bezweifeln ferner, daß es in einer Vielzahl von Situationen überhaupt darauf ankomme, Probleme zu lösen. Es gehe vielmehr oft darum, das ursprüngliche Problem zu reformulieren und Konfliktsituationen aufzulösen. So könne beispielsweise die ursprüngliche Fragestellung: "Wie repariere ich mein defektes Auto?" in die Frage "Wie komme ich zur täglichen Arbeit?" umgewandelt werden, weil dies das eigentliche Problem besser faßt. Während Menschen zu solcher Reformulierung fähig sind, halten sich Expertensysteme stur an die ursprüngliche Fragestellung und engen damit die Bandbreite möglicher Handlungen ein. "Expertensysteme sind nicht Problemlöser sondern Problemlösungen" (Malsch 1993).
- Die Erklärungskomponente dient bei den wenigsten Expertensystemen wirklich dazu, für den Benutzer die Vorgehensweise zu erläutern. Sie geben allenfalls an, welche Regeln wann benutzt wurden (Regeltrace).

Insgesamt gewinnt also die recht frühe Einschätzung von Dreyfus und Dreyfus (1986) an Zustimmung, daß es sich bei den mit "Expertensystem" bezeichneten Programmen allenfalls um "kompetente Systeme" handelt. Einer der Dreyfus-Brüder ist Philosoph und gehört damit nicht zur eigentlichen "Computing Community". Es könnte sein, daß hierin ein Grund liegt, warum seine schon 1972 formulierte Kritik an den Grenzen des Computers in der amerikanischen KI-Szene jahrelang nicht beachtet worden ist. Aber auch die "Insider" Lenat und Feigenbaum (1990, S.190) räumen ein, daß heutige Expertensysteme lediglich das Niveau des "kompetenten Praktikers" (competent practitioner) erreichen würden, das unterhalb des eigentlichen "Expertenniveaus" liegen würde. Allerdings verweisen sie in diesem Zusammenhang nicht auf Dreyfus/Dreyfus, sondern verkaufen dies als eigene Einsicht.

Die Frage, ob ein Expertensystem einen Experten zu ersetzen beanspruchen könne, oder ob es sich um Programme zur Unterstützung von Experten handle, wurde ohnehin sehr frühzeitig aufgeworfen. Feigenbaum, als der vielleicht wichtigste Pionier der Technik, strebt zweifellos Programme an, die Expertenwissen verkörpern und auch auf der Ebene des Experten operieren. Langfristig ist auch der Einsatz automatischer Methoden der Wissensakquisition sein Ziel, da menschliche "Wissensingenieure" seiner Einschätzung nach weit von Perfektion entfernt sind.

Trotz des Anspruchs von Feigenbaum erweisen sich Expertensysteme nach dem geschilderten Ansatz der "Regelkiste" doch als sehr beschränkt verwendungsfähig. Stuart Dreyfus (1989) beschreibt die Bereiche, in denen sie erfolgreich benutzt werden können, wie folgt:

- Domänen, in denen Berechnungen erforderlich sind und in denen sich das Problem programmieren läßt.
- Die Fehlerdiagnose in Bereichen, in denen auch Menschen viel in Handbüchern nachschlagen müssen.
- Bereiche, in denen Leistungen unterhalb des Niveaus des Menschen ausreichen.

Die Schwächen der "Regelkiste" werden denn auch offensichtlich von den meisten Entwicklern gesehen, was sich u.a. daran erkennen läßt, daß der Kritik an der ersten Expertensystemgeneration wenig widersprochen wird. Europäische Entwickler scheuen sich im Gegensatz zu ihren nordamerikanischen Kollegen auch nicht, Dreyfus/Dreyfus zu zitieren (z.B. van de Riet 1987, Bartsch-Spörl 1987). Die Kritik von Winograd/Flores (1986) bzw. Winograd (1987) ist dagegen auch in den USA aufgrund der Rolle Winograds in der KI-Geschichte offensichtlich nicht so leicht zu ignorieren (vergl. etwa Gasser 1991, S.113).

Ein Ansatz, die Schwächen dieser ersten Generation von Expertensystemen zu überwinden, liegt in der Darstellung des Wissens der Domäne in der Form eines "Modells". Steels (1985) schlägt ein solches Modell zusätzlich zur "Regelkiste" vor, um die Ableitung neuer Regeln zu ermöglichen, wenn die vorhandene Sammlung Lücken aufweist oder sonst versagt. Inzwischen scheint der vorherrschende Ansatz die Modellierung der gesamten Wissensdomäne zu sein, ohne den Anspruch, vom Experten tatsächlich verwendete Regeln wiederzugeben. Erfolgskriterium ist die "funktionale Äquivalenz" von Expertensystem und Expertenwissen.

Gleichzeitig mit dieser Entwicklung ist inzwischen die Bezeichnung "Expertensystem" bei den beteiligten Entwicklern und Vertreibern der Technik in Ungnade gefallen, um durch den allgemeineren Begriff "wissensbasiertes System" ersetzt zu werden. Der Begriff "Expertensystem" war von jeher umstritten, da zweideutig. Zudem versprach er mehr als von den tatsächlich realisierten Programmen gehalten werden konnte. Mark Fox von der Carnegie-Mellon University, gleichzeitig ein Mitgründer des "Knowledge Craft"-Vertreibers Carnegie Group Inc., unterscheidet zwischen Expertensystemen und wissensbasierten Systemen wie folgt: "Systeme, die Domänenwissen auf eine Weise verwenden, die sich von der des Experten unterscheidet, um eine Suche zu lenken, werden als wissensbasierte Systeme (knowledge-based systems) bezeichnet. Expertensysteme sind dagegen "Systeme, die Expertise (die vom Expertenwissen gelenkte Suche) mit anderen Formen der Suche (ohne Bezug zur Problemlösung durch den Experten, aber unter Hinzuziehung einer großen Menge Domänenwissens) kombinieren" (Fox 1990, S.13). Nach dieser Unterscheidung gibt es nur wenige "echte" Expertensysteme: die meisten damit bezeichneten Programme sind demnach eigentlich "wissensbasierte Systeme". Kritik wird auch gelegentlich an dieser Bezeichnung geäußert, die ja impliziert, man könne "Wissen" automatisch verarbeiten. Streng genommen, werden auch in "wissensbasierten Systemen" lediglich Zeichenketten manipuliert, die ja erst durch ihre Verwendung durch den Menschen eine Bedeutung im Sinne von "Wissen" bekommen können (vergl. Luft 1988, oder Coy und Bonsiepen 1989). Dennoch haben sich die Begriffe "Expertensystem" und "wissensbasiertes System" so weit eingebürgert, daß sie sich trotz möglicher Einwände auf absehbare Zeit halten werden. Im folgenden Bericht werden wir uns der Terminologie der jeweiligen Entwickler anschließen. In der Tendenz scheinen "Expertensysteme" eher "stand-alone"-Systeme zu sein, während "wissensbasierte Systeme" in umfangreichere Programmpakete integriert sind. Über den Gebrauch der Begriffe herrscht aber keineswegs Konsens, und Einwände bzw. Nuancierungen widerspiegeln offensichtlich auch Erfahrungen, Erwartungen, Vorbehalte und Ansprüche der Entwickler, die jeweils davon Gebrauch machen.

Wegen des Fehlens wirklich fundierter Informationen zu praktischen Anwendungen von wissensbasierten Systemen auf der Basis von empirischen Untersuchungen befassen sich kritische Studien vorwiegend mit "idealisierten" Systemen, die auf die Behauptungen, Vorstellungen und Beschreibungen eines Teils der Entwickler zurückgehen (siehe dazu unten Abschnitt 3.3). Dabei hat sich ein Kanon von Themen eingeschrieben, wie Arbeitslosigkeit ehemaliger Experten sowie Verant-

wortung und Haftung bei selbständig entscheidenden Expertensystemen, ohne daß diese Themen durch die real existierenden Systeme begründet wären. Von größerer praktischer Bedeutung im Kontext der Technikfolgen-Abschätzung sind zweifellos die von den eher pragmatisch ausgerichteten Praktikern vertretenen Ziele und Ansprüche. Musen (1990, S.25) verweist beispielsweise auf eine Aussage Allen Newells, wonach "Wissen eine Abstraktion sei, die unabhängig ist von den Symbolen, die Menschen zur jeweiligen Repräsentation dieses Wissens benutzen.(...) Das Wissen selbst kann niemals niedergeschrieben, sondern nur in seiner Anwendung beobachtet werden." Und, weiter unten: "Selbst wenn Experten ihr Wissen in Formulierungen zusammenfassen, die ähnlich klingen wie Produktionsregeln, haben die Repräsentationen, die wir als Wissensingenieure erzeugen, nichts zu tun mit den tatsächlichen Strukturen in den Köpfen dieser Experten, deren Verhalten wir zu modellieren versuchen."

Eine Konsequenz aus dieser Erkenntnis ist, das Ergebnis der "Wissensakquisition" lediglich noch als ein konzeptionelles Modell der Expertise (z.B. A. Voß, 1990, S.13) zu betrachten. Expertensysteme sind demnach die "softwaretechnische Umsetzung eines konzeptuellen Modells des menschlichen Problemlösungsverhaltens". Kriterium für die "Güte" der Software ist gemäß der Forderung Derek Partridges denn auch die "Adäquatheit". Stellvertretend für diese Sichtweise kann der Beitrag von Brigitte Bartsch-Spörl im Schwerpunktheft "Wissensakquisition" der Zeitschrift "KI" genannt werden, in dem sie u.a. schreibt: "... Aktivitäten zur Entwicklung von (Experten-)Systemen sind ... charakterisierbar als Versuch, einen allmählich kritisch werdenden Ist-Zustand soweit zu verbessern, daß man damit wieder für ein paar Jahre (über-)leben kann - und in so einer Situation ist es bei weitem nicht damit getan, vorhandene Expertise möglichst unverfälscht auf einem Rechner zum Laufen zu bringen"(Bartsch-Spörl 1990, S.34).

Eine derartige Sichtweise relativiert sehr stark den Stellenwert, dem das "rapid prototyping" bisher für die Entwicklung von Expertensystemen zugemessen wurde. Die Idee des "rapid prototyping" besteht u.a. darin, rasch eine lauffähige Version des (Expertensystem-)Programms zu erstellen, die einen "Kern" für die spätere, praktisch einsetzbare Version bildet. "Die Kritik richtet sich vor allem dagegen, daß bei dieser Vorgehensweise nicht sauber zwischen Erhebung und Analyse des Wissens einerseits und Operationalisierung des Wissens andererseits getrennt wird"(Tank 1990, S.28). Die Unzulänglichkeit dieser Vorgehensweise liege darin begründet, daß die Operationalisierungssprachen zu universell seien, was zu starker "Technologieorientiertheit" und "Problemferne" führen würde. Eine

Reaktion hierauf sei die Entwicklung "generischer Erhebungswerkzeuge" (z.B. für Diagnose oder Konfiguration), die allerdings wiederum die Gefahr des Hineinzwängens von Wissen in von Informatikern vorgedachte Schemata mit sich bringe.

Als Vorteil des "Knowledge Engineering" nennt Becker (1990, S.33) das aus anderen EDV-Anwendungen seit geraumer Zeit bekannte Phänomen der effizienteren Organisation als Ergebnis der für die Implementation erforderlichen Analyse des Anwendungsbereichs: "So besteht einerseits die Chance, durch die vorgenommenen Neuorganisation gerade auch diffuser Wissensgebiete zu einer besseren Strukturierung von Wissensinhalten zu kommen." Dabei erweist sich, daß "nicht alles, was für Außenstehende komplex aussieht,...es tatsächlich sein und vor allem bleiben (muß)"(Bartsch-Spörl a.a.O., S.36). Eine Konsequenz sei, daß Expertensystemprojekte manchmal "vorzeitig, aber erfolgreich mit einer Papierversion enden."(ebd.) Auch dies ist eine mögliche Ursache für die Beendigung eines Expertensystemprojekts, die wahrscheinlich bisher wenig beachtet wurde. Allerdings widerspricht ein solches Resultat den bisherigen Erfahrungen mit der EDV: ist man einmal so weit, daß man ein Programm implementieren könnte, hält es nichts mehr auf. Alternativ könnten die Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Analyseergebnisse in Software so groß sein, daß die Umsetzung der organisationsbezogenen Erkenntnisse effektiver ist als der unzulängliche Versuch, sie auch noch softwaremäßig umzusetzen: Die Entwickler scheuen sich vor dem Scheitern und empfehlen deshalb, es bei der organisatorischen Umgestaltung zu belassen.

Interessant ist die offensichtlich an Beliebtheit zunehmende Perspektive, auch Benutzerbedürfnisse bei der Wissensakquisition zu berücksichtigen: "Experten sind für andere Leute schwer zu verstehen - und zwar umso schwerer, je besser und effizienter sie arbeiten. Daraus folgt, daß die Arbeitsweise eines Experten für weniger erfahrene Benutzer eines die-Arbeitsweise-des-Experten-kopierenden Expertensystems eine unüberwindbar hohe Verständnishürde aufbauen kann." (Bartsch-Spörl, a.a.O. S.34). Bartsch-Spörl fordert deshalb die Entwicklung von Modellen der Expertise von Expertengruppen (Organisations-Entwicklungs-Ansatz) und Bell und Hardiman (Diaper 1989) befürworten die Einbeziehung des Repertoires der möglichen Anfragen der Systembenutzer in die Wissenserhebung (vergl. Besprechung von Janetzko in "KI" 2/90).

Die Artikel im Schwerpunktheft "Wissensakquisition" der "KI" lassen unterschiedliche Einschätzungen der Bedeutung verschiedener Akteure im Wissensakquisitionsprozeß erkennen:

- Marchand plädiert für ein 2-Phasenmodell, in dem bei der Analyse der Wissensdomäne der Wissensingenieur Vorrang besitzt, bei Aufbau und vor allem Pflege der Wissensbasis der Experte dominiert. Marchand befürwortet außerdem einen möglichst frühzeitigen Übergang der Verantwortung auf den Experten.
- Staab fordert dagegen, daß der Wissensingenieur nicht zuletzt in die Rolle eines Domänenexperten hineinwächst.
- Laske(1989) sowie Bonsiepen und Coy (1990) fordern den verstärkten Erwerb sozialwissenschaftlicher Erkenntnisse durch Informatiker, also auch Wissensingenieure.
- Bartsch-Spörl (1990) befürwortet die Einbeziehung von Expertengruppen. Bell und Hardiman auch die Erhebung von Benutzerbedürfnissen (s.o.).

Was wir hier referiert haben, ist die Diskussion der "Praktiker", d.h. derjenigen, die selbst Systeme entwickeln oder zumindest im unmittelbaren Kontext der Systementwicklung arbeiten. Davon zu unterscheiden ist die akademische KI-Diskussion, die inzwischen zu weiterführenden Forschungsbemühungen übergegangen ist, z.B.:

- "intelligente Fachsysteme" (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz in Kaiserslautern und Saarbrücken), die Expertenwissen und Alltagswissen zu einen trachten;
- CYC (von Douglas Lenat u.a. bei MCC, Austin Texas), dem Versuch, eine große "Wissensbasis" mit menschlichen "Konsenswissen" (das, was nicht in Enzyklopädien steht, weil es als bekannt vorausgesetzt wird) zu kompilieren;
- "Soar" (von Paul Rosenbloom, Allen Newell et al.), einem erneuten Versuch, menschliche Intelligenz mittels "universeller" Verfahren der Symbolverarbeitung zu simulieren.

Bemerkenswert ist, daß diese Perspektiven in der oben genannten "Praktiker"-Szene kaum eine Rolle spielen. Derartige Ansätze wurden auch von uns im Interview nicht explizit angesprochen, doch schien ihre Relevanz für die meisten befragten Entwickler bestenfalls in weiter Ferne zu liegen, da sie im Zusammenhang mit den Erwartungen an die KI(-Wissenschaft) nicht erwähnt wurden. Neuronale Netze scheinen dagegen bereits praktische Bedeutung erlangt zu haben: einige der besuchten Unternehmen waren dabei, Anwendungen solcher Netze zu entwickeln.

### 3. Die Befragung kommerzieller Expertensystem-Entwickler

#### 3.1 Zur Durchführung der Erhebung

Für die Untersuchung der in Abschnitt 2 genannten Fragen wählten wir die Form einer Befragung unter kommerziellen Entwicklern von Expertensystemen, die zum Zeitpunkt der Befragung (1989/90) bereits über einige Jahre Praxiserfahrung verfügten. Sie repräsentieren eine Unternehmensgruppe, die sich erstmals in größerem Umfang auf das unternehmerische Wagnis eingelassen hat, im akademischen Milieu entstandene KI-Konzepte und Prototypen in die routinemäßige Praxis von Betrieben zu transferieren. Diese Consultingunternehmen und Softwarehäuser bieten die Entwicklung von fertigen Expertensystemen im Kundenauftrag an (Vergleiche auch unten Abschnitt 3.2).

Eine Dokumentation der Erfahrungen, die auf diesem Sektor gemacht wurden, erschien aus einer Reihe von Gründen für die Beantwortung der genannten Fragen besonders geeignet:

- Angehörige derartiger Unternehmen beteiligen sich rege an einer laufenden Diskussion zu Problemen der Akquirierung und Darstellung von Expertenwissen, die im Fachorgan "KI" der Gesellschaft für Informatik stattfindet (z.B. Heft 2/90). Man konnte daher Interesse für die Erhebung und Kooperationsbereitschaft erwarten.
- Consultingunternehmen bzw. Softwarehäuser sind gezwungen, neue Aufträge zu akquirieren, so daß ein großes Interesse an der Darstellung erfolgreich abgewickelter Vorhaben vermutet werden konnte.
- Die Erfahrungen dieser Unternehmen wurden bei den Arbeiten für die Enquete-Kommission TA (siehe Abschnitt 3.3) wenig berücksichtigt, obwohl sie eine wichtige Ergänzung der Erfahrungen der Anwender und akademischen Entwickler der Expertensystemtechnik darstellen dürften. Das wurde auch anlässlich der Anhörung der Kommission zu Fragen der Verantwortung und Haftung als ein Einwand vorgebracht.

Der Befragung wurde ein Interviewleitfaden zugrunde gelegt (siehe Anhang). Er enthält vier Abschnitte, die in etwa dem Gang einer Projektabwicklung folgen: I. Auftragsvergabe, II. Durchführung, III. Resultat, IV. zusammenfassende Beurteilung. Im fünften Abschnitt wurden die Kontextdaten zum jeweiligen Unternehmen erhoben:

- I. Ziele und Erwartungen der Auftraggeber bei Expertensystementwicklungen, u.a.: typische Probleme, die Anlaß für die Unternehmen gaben, sich mit der Expertensystemtechnik als einer Lösungsmöglichkeit auseinanderzusetzen.

Diese Informationen sollen die Erwartungsstrukturen an die Expertensystemtechnik aufzeigen, die durchaus nicht mit den öffentlich, etwa im Rahmen der politischen Förderung, propagierten Zielen übereinstimmen müssen. Auch bei den (potentiellen) Anwendern der Expertensystemtechnik finden Lernprozesse statt, wenn z.B. im Gespräch mit den Softwarehäusern übertriebene Vorstellungen auf das Machbare zurückgeschraubt werden. Hier könnten sich erste Hinweise auf die Korrektur unrealistischer KI-Vorstellungen durch die Praxis ergeben.

- II. Erfahrungen bei der Durchführung von Expertensystementwicklungsprojekten: Projektorganisation, Knowledge Engineering, Methoden, Wartung und Pflege, Verantwortung etc. Bei diesem Themenkreis vor allem erwarteten wir Hinweise auf typische Probleme, wie sie in der einschlägigen Expertensystem- und KI-Kritik prognostiziert worden sind, und darauf, wie die Entwicklerpraxis mit solchen Problemen umgeht.
- III. Resultate: Feedback aus den Unternehmen, Erfahrungen mit Anwendungen der Systeme etc. Erfolge bzw. Mißerfolge sind natürlich besonders aufschlußreich in Bezug auf die Einschätzung der Technologie. Allerdings darf dabei nicht außer acht gelassen werden, daß die Auskünfte der Entwickler hierüber Selbstdarstellungen sind, die nur bedingt den genauen Sachverhalt wiedergeben dürften. Die Auswertung wird darauf Rücksicht zu nehmen haben. Eine systematische Erhebung der Anwendungsfälle wäre vermutlich aufschlußreicher gewesen. Zu den Gründen, warum wir letztlich doch davon Abstand genommen haben, haben wir oben am Ende der Einleitung Stellung genommen.
- IV. Zusammenfassende Beurteilung: Schwierigkeiten, Aufwand, Erweiterungsfähigkeit, Einschätzung der KI etc. In dieser Phase der Interviews wurde die Ebene der unmittelbaren Praxiserfahrung verlassen, um aus etwas größerer Distanz, aber immer unter Bezug auf die eigenen Erfahrungen, die (zum Teil theoretischen) Fragestellungen unserer Untersuchung zu diskutieren.
- V. Kontextdaten zum Unternehmen, u.a.: Ausbildung der Mitarbeiter, die für die Wissensakquisition und -modellierung zuständig sind. Zum Abschluß wurden sogenannte "harte" Daten über die Geschichte, die Entwicklung und die Ausstattung des Unternehmens erhoben, "hart" insofern, als es sich hierbei nicht um Einschätzungen handelt. Diese Daten sollten das Bild der Unternehmen abrunden und unter anderem wenigstens einen gewissen Einblick in die von ihnen erstellten Produkte ergeben.

Die Interviews fanden in einer willkürlichen Auswahl von Unternehmen statt, die im schon erwähnten "Euro KI-Führer" der Zeitschrift "KI" aufgelistet waren. Die Aussagen werden im vorliegenden Bericht anonymisiert, wenn auch für Insider eine Zuordnung von praktischen Fällen zumindest dann möglich sein dürfte, wenn die Schilderung von Erfahrungen eine detailliertere Beschreibung von Projekten erfordert. Ein Zwischenbericht (Frederichs, Rader 1991) wurde den Befragungsteilnehmern zur Korrektur und Stellungnahme vorgelegt, um den Beteiligten eine Einordnung ihrer eigenen Erfahrungen im Vergleich mit den anderen Unternehmen ihres Zweiges zu ermöglichen. Die Absicht, damit zugleich einen Diskurs über die im Zwischenbericht angesprochenen Fragestellungen und Interpretationen zu initiieren, scheiterte leider an einer zu geringen Beteiligung.

Die Auswahl der Unternehmen stellt kein Bewertungskriterium dar, sie erfolgte rein nach Opportunitätsgesichtspunkten, z.B. der Möglichkeit, mit einer Reise mehrere Unternehmen zu erfassen. Doch dürfte insgesamt eine repräsentative Bandbreite unterschiedlicher Ansätze, Meinungen und Erfahrungen erfaßt worden sein.

Wie oben in der Einleitung bereits erklärt, wurde auf eine Vorführung der entwickelten oder in Entwicklung befindlichen Systeme verzichtet. Die Tatsache einer mehrjährigen Existenz der befragten Firma oder Abteilung auf der Grundlage der Entwicklung von Expertensystemen haben wir als Garantie für eine ausreichende kommerzielle Entwicklungspraxis betrachtet. Bei den jüngeren Firmen waren die Projekte zum größten Teil noch nicht abgeschlossen.

Neben dem Verzicht auf eine objektive Begutachtung der Systeme ist die Untersuchung einer weiteren wesentlichen Einschränkung unterworfen: Rammert (1992a, S.6) betont, daß in der frühen Phase einer Technikgenese, wo es unter anderem um den Aufbau eines Marktes geht, Befragungen von Experten äußerst skeptisch zu betrachten sind, da sie (sofern sie mit ihren eigenen Produkten darin involviert sind) eher zu optimistischen Einschätzungen neigen. Diese Skepsis ist unleugbar auch bei der hier vorliegenden Untersuchung angebracht, so daß das Spektrum der Fragen, auf die einigermaßen objektive Antworten garantiert werden können, von vornherein eingeschränkt ist. Die Möglichkeiten zu optimistischer oder gar "geschönter" Interviewauskünfte werden im vorliegenden Bericht jeweils beachtet. Der Bericht versucht darzustellen, daß das, was an objektiven Beobachtungen übrigbleibt, dennoch die Erhebung gelohnt hat.

Der bereits erwähnte Interviewleitfaden wurde den Firmen jeweils etwa eine Woche vorher zugeschickt. Die etwa zweistündigen Interviews wurden von den Autoren durchgeführt, wobei sie sich in den Rollen als Gesprächsführer und Protokollant von Interview zu Interview abwechselten. Gesprächspartner auf seiten der Firmen waren jeweils ein oder zwei leitende Mitarbeiter. Der Verlauf des Interviews folgte in etwa dem Leitfaden, ließ aber gelegentliche Abweichungen zu. Auf einen Mitschnitt der Gespräche wurde zugunsten einer offeneren Gesprächsatmosphäre verzichtet. Jeweils unmittelbar nach dem Interview wurde das Protokoll von beiden Interviewern gemeinsam erstellt, wobei die Mitschrift des Protokollanten und zusätzliche Notizen des Gesprächsführers zugrundegelegt wurden.

Die Form eines relativ freien und möglichst zwanglosen Interviews war einer formaleren Vorgehensweise vorgezogen worden, weil erstens zu wenig Vorinformationen über den Befragungsgegenstand wie auch über die Interviewpartner zur Verfügung standen, die eine gezieltere Strukturierung der Interviews gerechtfertigt hätten. Zweitens wurde angesichts der Möglichkeit, daß manche Antworten interessenbedingt nicht ganz objektiv ausfallen würden, darauf Wert gelegt, die Gespräche atmosphärisch anzureichern, um möglichst viele Kontextbeobachtungen zur Einschätzung der Antworten in das anschließende gemeinsame Protokoll mit aufnehmen zu können. Die Interviews, die Protokolle und die Auswertungen wurden durch zwei sich gegenseitig kontrollierende, in der empirischen Sozialforschung erfahrene Wissenschaftler bei ausgiebiger Diskussion der (Selbst-) Täuschungsmöglichkeiten ausgeführt, so daß sie mit gutem Gewissen als "empirisch gestützte Aussagen" zur Diskussion gestellt werden können.

### **3.2 Zur Stichprobe und zur Lage der Branche**

Insgesamt wurden Gespräche an 12 Stellen geführt. Dabei handelte es sich um 9 kommerzielle Softwarehäuser bzw. Consulting- Unternehmen, die eine vollständige Entwicklung von wissensbasierten Systemen bzw. Expertensystemen nach Kundenspezifikationen anbieten. An vier Gesprächen waren jeweils zwei Personen beteiligt, so daß insgesamt 16 Personen befragt wurden. Obwohl es sich dabei keineswegs nur um männliche Personen handelte, wird in dem vorliegenden Bericht durchgehend in männlicher Form auf die Befragten Bezug genommen, um die Anonymität zu wahren.

Obwohl einige der Unternehmen Entwicklungsumgebungen oder Shells vertrieben, in einem Fall es sich sogar um einen Teilbetrieb eines in erster Linie als

Hardwarehersteller bekannten Unternehmens handelte, war keines der Unternehmen ausschließlich an die eigenen Produkte gebunden. Drei Unternehmen waren als reine "KI-Häuser" gegründet worden, obwohl eines davon sich inzwischen diversifiziert hatte. Ein Unternehmen wurde bereits 1969, noch ohne KI-Bezug, gegründet, die übrigen Unternehmen zwischen 1980 und 1989. Die reinen "KI-Häuser" wurden 1980, 1984 bzw. 1989 gegründet. Drei Unternehmen sind Bestandteil größerer Konzerne, und mindestens ein weiteres Unternehmen hat eine finanzstarke "Mutter" im Hintergrund.

Die Anzahl der Mitarbeiter im KI-Bereich schwankte zwischen 4 und ca. 40, wobei diese vermutlich je nach Bedarf durch freie Mitarbeiter und studentische Hilfskräfte verstärkt werden. Sämtliche Unternehmen sind denn auch am Standort von Universitäten, aus denen Hilfskräfte oder auch beruflicher Nachwuchs rekrutiert werden können. In einem Wirtschaftsunternehmen bestand die KI-Gruppe aus 2 Personen. In zwei Fällen handelte es sich um Projekte an Hochschulen, wobei im ersten Fall die "Kerngruppe" aus zwei Personen bestand, zu der sich jedoch zahlreiche Doktoranden, Diplomanden und Studenten gesellen dürften. Die zweite KI-Gruppe an einer Universität bestand aus insgesamt 9 Personen, die meisten davon mit Doppelqualifikationen in der eigentlichen Domäne der Entwicklungen einerseits und in der Informatik andererseits.

Eine zuverlässige Aussage zur wirtschaftlichen Lage der Entwicklerunternehmen ist nicht möglich, da hierzu keine vergleichbaren Daten erhoben werden konnten. Die meisten der Unternehmen waren nicht ausschließlich vom KI-Geschäft abhängig, so daß aus den Wirtschaftsdaten keine Rückschlüsse über den KI-Markt möglich wären. Eine der besuchten Gruppen war erst als Beitrag zur Diversifikation des Mutterunternehmens gegründet worden, als Maßnahme zur Verteilung des unternehmerischen Risikos. Allerdings sträubte man sich gerade dort, von "Expertensystemen" zu sprechen, da wissensbasierte Komponenten nur jeweils ein Teil der dort entwickelten Systeme darstellten.

Die große Mehrzahl der Personen, die an der Entwicklung von wissensbasierten Systemen mitwirkt, wurde als Informatiker, Mathematiker, Physiker, Ingenieur oder Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler ausgebildet. Genauere Zahlen hierüber haben wir nicht erhoben. Besondere Kenntnisse oder Voraussetzungen des "Knowledge Engineering" waren in keinem der Unternehmen zu finden. Einige bildeten zwar neueingestellte Mitarbeiter aus, doch weniger im Sinne einer systematischen Durcharbeitung eines Curriculums als in der pragmatischen Weitergabe gemachter Erfahrungen. Vereinzelt hatten die Entwickler auch Erfahrungen

mit Absolventen von "Knowledge Engineering"-Lehrgängen gemacht, doch wurden diese Kurse nicht besonders positiv eingeschätzt und ihre Absolventen dementsprechend wenig nachgefragt.

Lediglich drei Unternehmen hatten eine zweistellige Anzahl von Projekten im Bereich der wissensbasierten Systeme durchgeführt. Dabei handelte es sich auch um die ältesten KI-Anbieter der Stichprobe. Die übrigen Unternehmen hatten durchweg ein bis vier Projekte durchgeführt, zum Zeitpunkt der Befragung die wenigsten davon bis zur Anwendungsreife. Wie weit die anderen Projekte jeweils zu einem eigenen wissensbasierten System geführt haben, können wir nicht eindeutig ermessen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß es sich bei manchen der zahlreichen Projekte lediglich um Machbarkeitsstudien handelte, die in mehrere Stufen untergliedert wurden und je nach Erfolg fortgeführt oder eingestellt wurden.

Für Außenstehende verblüffend ist die Sicherheit, mit der über die Erfahrungen aus den durchschnittlich doch recht wenigen Projekten gesprochen wird, an denen die einzelnen Befragten beteiligt waren. Dies läßt sich auf den recht erheblichen Entwicklungsaufwand zurückführen, der für die Erstellung von wissensbasierten Systemen, insbesondere für das Knowledge Engineering, erforderlich ist. Sämtliche Entwicklungsstellen produzierten als "Endprodukte" fertige "stand-alone" Expertensysteme oder wissensbasierte Komponenten komplexerer EDV-Systeme, wobei ein Trend fort von Stand-Alone Systemen hin zu integrierten Komponenten festzustellen ist. Außerdem vertrieben drei Unternehmen sogenannte Entwicklungsumgebungen ("Tools") und zwei Unternehmen Shells (Schalen, d.h. "leere" Expertensysteme ohne Wissensbasis). Ein Befragter gab an, sein Unternehmen entwickle "alles, was mit KI zu tun hat".

Die überwiegende Mehrzahl der Entwicklungen war für den Einsatz in der "Industrie" bestimmt, mit deutlichen Schwerpunkten in der chemischen Industrie und der Elektroindustrie. Als weitere Auftraggeber traten häufiger Transportunternehmen im weitesten Sinne (also inklusive Air Carrier) und das Banken- und Versicherungsgewerbe auf. Vereinzelt waren Anwendungen für Behörden oder Forschungsbetriebe bestimmt.

Mehrheitlich wurden die Systeme für Planungs- und Diagnoseaufgaben entwickelt (Nennung in sieben Interviews). Fünf Befragte hatten Projekte zur Entwicklung von Expertensystemen für Konfigurationsaufgaben in Arbeit oder abgeschlossen, zwei für Simulationsaufgaben. Auf etwas anderer Ebene lagen Angaben, die sich auf das Anwendungskonzept für die wissensbasierten Systeme bezo-

gen: je zwei Befragte nannten "Ausbildung" und "Beratung" als beabsichtigte Anwendungskontexte, einer die "Entscheidungsunterstützung". Einzelne Beispiele werden ausführlicher in der Auswertung der Interviews diskutiert.

Schließlich bleibt zu erwähnen, daß die "Szene" in diesem Bereich noch recht klein und stark vernetzt ist: ein Teil der Befragten bezog sich auf Erfahrungen, die sie in anderen, teilweise in der Stichprobe vertretenen, Unternehmen gemacht hatten. Dort gab es denn auch zwei neuere Unternehmen, die aus zwei der älteren Unternehmen hervorgegangen waren. Ein weiteres Unternehmen war unmittelbar aus der Expertensystemgruppe einer Hochschule hervorgegangen. Die Projekte waren teilweise noch an der Hochschule begonnen worden, und auch viele der berichteten Erfahrungen stammten aus der Hochschulzeit.

Die hohe Fluktuation, die mit derartigen Erscheinungen verbunden ist, könnte längerfristig Kontinuitätsprobleme für die Auftraggeber von wissensbasierten Systemen aufwerfen: Gerade das Knowledge Engineering ist eine zeitraubende Aufgabe, deren Erfolg nicht zuletzt von der individuellen Leistung des Wissensingenieurs abhängt. Wie noch dargelegt werden wird, wenden die wenigsten Unternehmen standardisierte Verfahren zur Wissensakquisition an; man verläßt sich vielmehr auf das Fingerspitzengefühl, den "gesunden Menschenverstand" oder Alltagstheorien. Die damit einhergehende Individualisierung der Entwicklungsleistung schafft für den Auftraggeber Unsicherheit, beispielsweise bezüglich folgender Punkte: Wie sollen Wartung, Pflege und Erweiterung des wissensbasierten Systems vertraglich geregelt werden, wenn damit gerechnet werden muß, daß der beteiligte Wissensingenieur gar nicht mehr beim Auftragnehmer arbeitet? An welches Unternehmen sollen mögliche Folgeaufträge vergeben werden, wenn sich das wissensbasierte System in besonderer Weise bewährt?

### **3.3 Einordnung der Untersuchung**

Die Risikothematik der Expertensystemtechnik ist seit den achtziger Jahren, sozusagen als flankierende Maßnahme der politischen Initiativen, in Form von Technikfolgenabschätzungen (TA) intensiv behandelt worden. Das ergab sich automatisch aus der allgemeinen gesellschaftlichen Technikdiskussion, die nach der Kernenergie und neben der Gen-Technik in der Informationstechnik eines ihrer großen Themen gefunden hat. Die Ausbreitung der Informationstechnik und das zunehmende Bewußtsein der sozialen Auswirkungen haben die Computertechnologie (und mit ihr die KI) zu einem Forschungsbereich werden lassen, dem große

soziale Relevanz zugeschrieben wird (Nygaard 1986; Rödiger et al. 1988). Die Kritik stimmt in zentralen Aussagen mit der allgemeinen Technikkritik überein, aber auf die Informatik treffe sie insofern besonders zu, als diese gesellschaftliche Prozesse zum unmittelbaren Objekt ihrer Forschung und Anwendung mache (Coy 1989, S.256).

Da die bisherigen Technikfolgenabschätzungen (TA) dieser Technologie nur wenige Expertensysteme im praktischen Einsatz auffinden konnten, sind sie oft von Szenarien und Anwendungsformen ausgegangen, die sich auf die Projektionen der Promotoren stützten. Auf diese Weise ist ein relativ weit entwickeltes Problembewußtsein über die potentiellen Folgen einer Technologie entstanden, die bisher hauptsächlich in den Köpfen existiert (Coy 1989). Rammert (1992) weist darauf hin, daß gerade dies ein sinnvoller Beitrag von TA sein kann, wenn das erhöhte Problembewußtsein in diesem frühen Stadium der Technologieentwicklung den weiteren Verlauf in vernünftige Bahnen lenkt. Andererseits besteht die Gefahr, daß ein solcher Einfluß gering ist, wenn die TA-Aussagen den tatsächlichen Entwicklungen zu sehr vorauslaufen und dadurch unglaubwürdig werden. Diese Gefahr besteht besonders bei der KI mit ihrem Hang zur Spekulation. Man muß aufpassen, daß die TA-Forschung nicht den ungenügenden Trend der KI zu unrealistischen Utopien verstärkt, indem sie in ihren Szenarien auf gar nicht realisierbaren Visionen herumreitet, dafür aber möglicherweise die weniger spektakulären, jedoch u.U. nicht weniger riskanten tatsächlichen Entwicklungen verpaßt.

Im folgenden wird ein kurzer Überblick über vierzehn Untersuchungen zur Expertensystem-Technologie gegeben, die mit dem Anspruch einer Technikfolgen-Abschätzung durchgeführt worden sind bzw. werden. Koenemann (1986) und Scheffé (1988) enthalten Vorüberlegungen zu umfassenderen Technikfolgen-Abschätzungen auf der Basis von Literaturanalysen. Eine Analyse von Coy und Bonshagen (1989) untersucht den wissensbasierten Ansatz aus der Perspektive einer theoretischen Informatik, die sich auch des gesellschaftlichen Kontextes ihrer Anwendung bewußt ist. Die Studien für die erste Enquete-Kommission "Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" des Deutschen Bundestages (Deutscher Bundestag 1987) beruhen hauptsächlich auf Literaturlauswertungen, zum Teil auch auf Befragungen von Entwicklern. Allerdings scheint das zu einer etwas einseitigen Orientierung an den optimistischen Erwartungen der Entwickler und Anbieter der Expertensystemtechnik hinsichtlich des Wissensverarbeitungspotentials dieser Technik geführt zu haben. Hier zeigte sich auch ein bekanntes Dilemma der Technikfolgen-Abschätzung: je früher sich TA-Studien mit einer potentiell fol-

genreichen Technik befassen, desto weniger sind die Konturen dieser Technik umrissen und desto vager müssen die Aussagen bezüglich ihrer Folgen ausfallen. Setzen TA-Studien zu einem späteren Zeitpunkt an, können bereits Festlegungen getroffen worden sein, wo zu einem früheren Zeitpunkt Gestaltungsspielräume bestanden hatten.

Diese Überlegungen waren vermutlich mit ein Grund dafür, daß auch die zweite Enquete-Kommission "Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" des Bundestages sich der Thematik Expertensysteme zuwandte. Diese Kommission gab insgesamt drei Untersuchungen zum Thema "Expertensysteme" in Auftrag, von denen eine sich mit Entwicklungen und Anwendungen in der Medizin befaßte (GSF/MEDIS 1988). Wegen besonderer Bedingungen in diesem Gebiet sind die Ergebnisse dieser Studie nur bedingt allgemeingültig. Lediglich eine der Untersuchungen (Bullinger, Kornwachs 1989) zum Produktionsbereich enthält Fallstudien, Erkenntnisse aus diesen Fallstudien wurden aber wegen der Kürze der Bearbeitungszeit weder in dieser Untersuchung selbst, noch im Parallelgutachten von Lutz und Moldaschl (1989) systematisch berücksichtigt. In den meisten der 8 Fälle handelte es sich um Pionieranwendungen mit Demonstrationscharakter, d.h. ein Hauptmotiv der untersuchten Entwicklungen war, die prinzipielle Machbarkeit von Expertensystemen zu demonstrieren, weniger die Auswirkungen in der Anwendungspraxis empirisch zu untersuchen.

Zwei der im angeführten Gutachten des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation enthaltenen Fallstudien sind auch das Kernstück eines Gutachtens dieser Einrichtung (Kornwachs und Bullinger 1989) für ein Gemeinschaftsprojekt des Internationalen Arbeitsamtes in Genf und des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft (Hillenkamp 1989). Dieses Projekt brachte ein weiteres Papier mit drei Fallstudien hervor (Senker et al. 1988), die ebenfalls Pionieranwendungen von Expertensystemen zum Gegenstand haben. Die Autoren dieses Papiers verweisen ausdrücklich auf ihre Schwierigkeit, laufende Anwendungen zu finden.

An abgeschlossenen Studien ist schließlich auf eine Studie des Karlsruher Ingenieurbüros ibek hinzuweisen (Daniel und Striebel 1990), die ebenso wie die bereits angeführte Studie von Coy und Bonsiepen im Rahmen des So-Tech-Programms des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen erstellt wurde. Für die ibek-Studie wurden neben einer umfassenden Literaturlauswertung zwar auch Expertengespräche mit Entwicklern und Anwendern der Expertensystemtechnik durchgeführt, doch enthält der Bericht keine Fallstudien, sondern, ähnlich dem Bericht

von Lutz und Moldaschl für die zweite Enquete-Kommission TA, Szenarien zur möglichen Weiterentwicklung bzw. zu denkbaren Anwendungskonzepten der Expertensystemtechnik und ihren jeweiligen Auswirkungen. Ähnlich wie der Abschlußbericht der Enquete-Kommission (Deutscher Bundestag 1990) weist der IBEK-Bericht auf die Notwendigkeit weiterer Studien hin, insbesondere solche mit empirischer Grundlage.

1990 lief das vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderte Verbundprojekt "Veränderung der Wissensproduktion und -verteilung durch Expertensysteme" an (Cremers 1989). Das Projekt besteht aus sechs Teilprojekten unter Beteiligung der Universitäten Dortmund, Bonn, Bielefeld und Essen, der Fraunhofer-Gesellschaft und der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD). Der Titel des Projekts spricht zwei Diskussionsbereiche an: das Thema "Wissensproduktion", das u.a. an Vorarbeiten und Entwicklungen in der GMD anknüpft, und das Thema "Wissensverteilung", das die Qualifikationsdebatte zur Expertensystemtechnik z.B. unter dem Aspekt der Verteilung von Wissen zwischen Mensch und Maschine aufgreift.

Ebenfalls an der Universität Dortmund gibt es ein weiteres vom BMFT gefördertes Projekt zur Untersuchung von fünf industriellen Anwendungsbereichen für Expertensysteme: technische Diagnose in der Instandhaltung, Produktionsplanung und Steuerung (PPS), Chemisches Labor, Prozeßleittechnik sowie Konfiguration von technischen Anlagen (Mill 1991, Malsch 1991, Bachmann 1992, Bachmann et al. 1992). Diese Untersuchung haben wir bereits oben in der Einleitung erwähnt. Von allen beschriebenen Projekten dürfte dieses am stärksten empirisch ausgerichtet sein.

#### 4. Ergebnisse der Befragung

##### 4.1 Ziele und Erwartungen des Expertensystemeinsatzes

Anfang bis Mitte der achtziger Jahre entstand eine breite Debatte über die sich ändernden Anforderungen, die sich aus den Bedingungen der industriellen Produktion (fort von der Massenproduktion, hin zu Kleinserien, verstärkte Erfüllung von Kundenwünschen) ergaben. Aufgrund der sich daraus ergebenden Flexibilitätsanforderungen wurde dem "Wissen" zunehmend eine Schlüsselstellung als Produktionsfaktor zuerkannt. Für besondere Aufregung sorgte in diesem Zusammenhang dann die Ankündigung Japans, mit Rechnern einer sogenannten fünf-

ten Generation die maschinelle Verarbeitung und Erzeugung von Wissen zu ermöglichen. Da nun Expertensysteme das Potential zur Speicherung, Verarbeitung und Generierung von Wissen versprachen, sollten diese nach den Vorstellungen ihrer Promotoren künftig eine zentrale Rolle in der Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der westlichen Industrieländer spielen. Allerdings lagen in dieser Zeit kaum praktische Erfahrungen mit der Technik vor und insbesondere keine objektiven Bewertungen des tatsächlichen Wissensverarbeitungspotentials ein Einwand vorgebracht.

So konnte man von verschiedenen größeren Unternehmen hören (die Gesamtzahl ist unbekannt), die Versuche mit Expertensystemen unternahmen. Das Motiv mochte der Wunsch sein, im Wettbewerb technologisch einen Vorsprung zu erzielen bzw. nicht von der internationalen Konkurrenz diesbezüglich überholt zu werden. Die Verfügbarkeit von Shells, und später von "Tools", erlaubte es ihnen, diese Expertensysteme mit eigenem Personal zu entwickeln, ohne daß dies über den Kreis der unmittelbar Beteiligten hinaus bekannt zu werden brauchte. Würde das System erfolgreich implementiert, so hätte sich daraus ein Wettbewerbsvorteil ergeben können. Scheiterte die Entwicklung, könnte dies verschwiegen werden, vielleicht mit dem angenehmen Nebeneffekt, daß die Konkurrenz in Unkenntnis des Scheiterns sich ebenfalls erfolglos an der Entwicklung eines Systems für ähnliche Zwecke versuchte. Vielleicht läßt sich so erklären, daß relativ wenig über derartige Versuche bekannt geworden ist. Mehr Aufschluß über die Motivlage konnte man erwarten, wenn Expertensysteme an kommerzielle Systementwickler in Auftrag gegeben wurden. Dies war der Gegenstand des Teils I unseres Interviews (siehe Interviewleitfaden im Anhang).

Frage I,1: Welches sind die typischen Anlässe für Unternehmen, sich mit der Expertensystemtechnik zu befassen?

Die Antworten ergaben relativ übereinstimmend eine Tendaussage. Im Gegensatz zu den in den ersten Jahren gelegentlich auftretenden Motiven der Neugier oder des Prestigedenkens, wie wir sie oben im Zusammenhang mit den Eigenversuchen an der neuen Technologie skizziert haben, ist es heute die Nachfrage nach Problemlösungen, die den Anlaß zur Auftragsvergabe bildet. Ein Befragter umschrieb dies als Bewegung fort von "technologiegetriebenen" hin zu "problemgetriebenen" Anwendungen. Diese wird mehr oder weniger von den meisten befragten Entwicklern bestätigt. Ein Befragter merkte an, daß der "technology push" (wie er ihn bezeichnete) inzwischen mehr historische Bedeutung für wissensbasierte Systeme habe. Es gab aber auch Variationen des "technologiegetriebenen"

Einstiegs: so wurde zweimal angeführt, es gebe schon funktionierende Systeme (demonstrated solutions), die manche Unternehmen dazu animieren würden, es selber zu versuchen. Dies kann man als Bestreben interpretieren, technologisch nicht ins Hintertreffen zu geraten (eine Nennung), wie auch als Bestreben, es der Konkurrenz gleichzutun (eine Nennung).

Bei der Nachfrage nach Problemlösungen handelt es sich nach Auskunft der Befragten um Probleme, die mit herkömmlichen Mitteln nicht lösbar seien. Sechs Befragte formulierten ausdrücklich, daß hier der EDV neue Möglichkeiten erschlossen würden. In einer ähnlichen Richtung liegen drei Äußerungen, die sich auf die zunehmende Komplexität von zur Aufgabenbewältigung erforderlichen Informationen beziehen.

Eingedenk der Warnung (s. Abschnitt 3.1), daß Äußerungen von Experten skeptisch zu beurteilen seien, wenn diese in den Aufbau eines neuen Marktes involviert sind, ist zu überlegen, wie weit der in den Antworten behauptete Trend von "technologiegetriebenen" zu "problemgetriebenen" Anwendungen nicht Wunschdenken ist oder Schönfärberei. Denn ohne Zweifel kommt darin eine Pragmatisierung der Auftragsgründe zum Ausdruck, die als Hinweis auf einen "echten" Bedarf interpretiert werden könnte. Gerade angesichts der sich häufenden Mißerfolgsmeldungen von Expertensystemanwendungen dürften die Entwickler an einer solchen Konsolidierung ihrer Geschäftsgrundlage interessiert sein. Wir können den Einwand an dieser Stelle nicht widerlegen, sind aber aufgrund weiterer Hinweise dazu geneigt, der genannten Trendaussage zu glauben. (Allerdings wird der Einwand damit nicht als erledigt betrachtet. Wir werden im Verlauf des Berichts darauf zu achten haben, ob sich weitere Gesichtspunkte zu seiner Einschätzung ergeben.)

Angesichts der übertriebenen Anfangserwartungen hinsichtlich der Wissensverarbeitung von Expertensystemen (siehe oben Abschnitt 2.1) dürfte es sich im Lauf der achtziger Jahre herumgesprochen haben, daß die ehrgeizigen Ziele des "5th Generation"-Programmes Japans und der dadurch ausgelösten Parallelvorhaben der USA und der europäischen Länder nicht im öffentlich verkündeten Ausmaß realisierbar sind. Andererseits wäre es unplausibel, wenn das verbreitete starke Interesse an der Expertensystemtechnik nicht nach verbleibenden realistischen Einsatzmöglichkeiten Ausschau hielte. Es könnte sein, daß Entwickler und Nachfrager auf dem einen oder anderen Gebiet fündig geworden sind, eine These, für die wir im folgenden noch eine ganze Reihe von Hinweisen finden werden.

In diesem Zusammenhang ist es von Interesse, daß bei den Auskünften über die Art der Probleme, die das Interesse der Auftraggeber an Expertensystemen begründen, nur von vier Befragten auf die Wissens-Semantik Bezug genommen wurde: Mitarbeiterwissen konservieren, da diese demnächst ausscheiden würden (eine Nennung), solches Wissen besser nutzen (zwei Nennungen) und die Mitarbeiter entlasten (eine Nennung). Im Vergleich zur massiven Verwendung der Wissens-Metapher, die einst der Legitimation der politischen Förderung dieser Technologie diente, spielt sie in der Erfahrung der Systementwickler offenbar keine dominante Rolle. Allerdings sieht das in den Antwortverteilungen zur zweiten Interview-Frage etwas anders aus. In dieser Frage wurden eine Reihe möglicher Motive für die Auftragsvergabe aufgelistet, wie sie in der einschlägigen Literatur über den Einsatz von Expertensystemen vorzufinden sind (S. die folgende Tabelle 1).

TABELLE 1: Häufigkeiten der Antworten auf Frage I,2

---

Frage I,2: Gibt es aus der Sicht der Unternehmen besondere Problemlagen, bei deren Bewältigung Expertensystemtechnik Abhilfe verspricht?  
Geben Sie bitte an, wie häufig die folgenden Gesichtspunkte eine Rolle spielen: (Antwortkategorien: fast immer; häufig; gelegentlich; selten; nie; k.A. = keine Auskunft)

---

1) Erweiterung und Verbesserung vorhandener EDV

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
2	2	2	1	(1) 2	1

2) Konservierung von Expertenwissen

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
4	4	1	0	2	1

3) Bessere Verfügbarkeit von Expertenwissen

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
8	2	0	0	1	1

4) Verbesserung von Ausbildung und Training

fast immer	häufig		gelegentl.	selten	nie	k.A.
0	4		5	0	2	1

(Eine Nennung: "Das ist ein Nebeneffekt, kein Ziel.")

5) Verbesserung der Entscheidungsqualität (breitere Berücksichtigung von Informationen und Alternativen; größere Verlässlichkeit, Reproduzierbarkeit und Konsistenz)

fast immer	häufig		gelegentl.	selten	nie	k.A.
4	(2)	4	(1)	0	0	1

6) Beschleunigung von Material- und Informationsflüssen und auch von Entscheidungsprozessen

fast immer	häufig		gelegentl.	selten	nie	k.A.
1	(1)	5	3	1	0	1

7) Entlastung von Experten, Abbau von Streß

fast immer	häufig		gelegentl.	selten	nie	k.A.
1	4		4	1	1	1

(Eine Nennung: "Entlastung bedeutet nicht immer Abbau von Streß.")

8) Abbau von Routinetätigkeiten, Aufgabenerweiterung

fast immer	häufig		gelegentl.	selten	nie	k.A.
0	6		3	1	1 (0)	1

9) Bessere Nutzung von Produktionskapazitäten (Reduktion von Stillstand, Beschleunigung von Reparatur und Wartung)

fast immer	häufig		gelegentl.	selten	nie	k.A.
3	3		1 (2)	0	2	1

(Eine Nennung: "Je nach Aufgabe des Expertensystems.")

10) Vereinheitlichung (Reduktion von Fehlern; konstante Qualität)

fast immer	häufig		gelegentl.	selten	nie	k.A.
4	(1)	3	3 (1)	1	0	1

11) Steigerung der betrieblichen Flexibilität

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
2	3	1	2	1	3

12) Erfahrungssammeln mit neuer Technologie

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
4	(1) 1	3	2	0	1

13) Flexibilisierung der Arbeitszeit

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
0	0	0	1	1	(6) 3

14) Neue Produkte bzw. Erschließung neuer Märkte

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
0	0	1	1	(3) 3	4

(Die eingeklammerten Zahlen geben Zwischenabstufungen, z.B. "häufig bis fast immer" wieder).

Im Gegensatz dazu, daß die Wissens-Metapher in den Antworten zur ersten Frage nur eine relativ geringe Rolle spielt, bekommt jetzt die "bessere Verfügbarkeit von Expertenwissen" die meiste Zustimmung, und auch die "Konservierung von Expertenwissen" wird noch mit am häufigsten als Motiv für die Auftragsvergabe angegeben. Diesen Widerspruch zwischen der ersten und der zweiten Frage erklären wir damit, daß die Befragten bei der ersten Frage, also ohne vorformulierte Ziele, stärker ihre eigenen Geschäftserfahrungen reflektierten. Wenn aber Formulierungen aus der Wissensmetaphorik genannt werden, dann rasten bei den meisten Befragten sofort die gängigen Argumentationsmuster ein und es wird ihnen rein gewohnheitsmäßig zugestimmt. Angenommen, diese Deutung ist richtig, dann folgt daraus, daß die Wissensmetaphorik in den tatsächlichen Erfahrungen keine so große Rolle spielt, wie es die Antwortverteilungen bei Frage 2 suggerieren. Auch diese Schlußfolgerung wollen wir vorläufig so stehen lassen, um sie im Verlauf der weiteren Auswertung weiter zu überprüfen.

Auch bei den anderen vorgegebenen Zielen sollte man vielleicht nicht all zu viel Bedeutung in die Antwortverteilungen hineinlegen. Da bis auf zwei Ausnahmen

alle Alternativen weitgehend Zustimmung fanden, wurde wahrscheinlich eher der Plausibilität als der tatsächlichen Erfahrung entsprechend geantwortet. Es dürfte schwerfallen, hier beides auseinanderzuhalten. Interessant ist allerdings die starke Streuung bei dem Item "Erweiterung und Verbesserung vorhandener EDV" (s.Tab.1). Im Lichte von Ergebnissen im weiteren Verlauf des Interviews kann man das dahingehend interpretieren, daß hier zwei konträre Erfahrungen gemacht werden. Einerseits starke Vorbehalte in den EDV-Abteilungen der Kundenfirmen, andererseits aber doch auch die Erfahrung (oder eben die Plausibilitätsüberlegung), daß die Verbesserung herkömmlicher EDV ein adäquates Anwendungsfeld für den wissensbasierten Ansatz ist. Die starke Verneinung bei dem Item "Flexibilisierung der Arbeitszeit" und dem Item "neue Produkte oder Erschließung neuer Märkte" (s.Tab.1) kann man wohl dahingehend deuten, daß beide Themen im Zusammenhang mit Expertensystemen keine große Rolle spielen.

Frage I,3: Gab es in den Unternehmen schon frühere Versuche einer alternativen Problemlösung?

Diese Frage bezog sich auf erfolglose Versuche, mit der herkömmlichen EDV die Probleme anzugehen, die später zum Gegenstand von KI-Entwicklungsvorhaben wurden. In den Antworten zur ersten Frage deutete sich ja bereits an, daß manche Entwickler in der Expertensystemtechnik ein Instrument zur Bewältigung neuartiger Aufgaben sehen. Die große Mehrzahl der Befragten wußte von konkreten Versuchen, Probleme mit der konventionellen EDV zu lösen, die dann gescheitert waren. Eine typische Ursache war die zu große Komplexität der Aufgabenstellung. Die übrigen Befragten wiesen darauf hin, daß es Probleme gibt, die wegen der Aussichtslosigkeit des Vorhabens gar nicht erst mit der konventionellen EDV angegangen worden waren. Dazu gehört beispielsweise die Fehlerdiagnose, die zu komplex sei, um sie auf klassische Weise zu programmieren.

Frage I,4: Gibt es typische Erwartungen bezüglich der Qualifikationsentwicklung im Zuge des Expertensystemeinsatzes? (z.B. Einsparung von Experten vs. Entlastung der Experten usw.). Inwieweit wurden diese Erwartungen eingelöst?

Ein in der Fachdiskussion relativ kontroverses Thema sind die Potentiale der wissensbasierten Systeme im Hinblick auf das Qualifikationsgefüge der Anwenderunternehmen. Zumindest früher dürfte bei potentiellen Anwendern die Auffassung verbreitet gewesen sein, man könne Experten durch Expertensysteme ersetzen. Genährt wurde dieser Standpunkt nicht zuletzt durch die Behauptung, man

könne mittels dieser Technik Wissen speichern, verarbeiten und gar neues Wissen generieren. Dagegen hatte stets die Ansicht bestanden, man könne Experten mit Expertensystemen allenfalls unterstützen bzw. von Routineaufgaben entlasten, wobei auch strittig war, wie wünschenswert diese Entlastung ist. Um den Einfluß der Standpunkte in dieser Frage einschätzen zu können, wurde die Frage gestellt, ob es seitens der Auftraggeber typische Erwartungen bezüglich der Qualifikationsentwicklung im Zuge des Expertensystemeinsatzes gebe.

Wie zu erwarten war, hatten die Befragten hier sehr unterschiedliche Erfahrungen gemacht. Häufig wurde in den Interviews angegeben, daß nicht die Qualifikation der Experten das Problem sei, sondern die zu geringe Zahl von Experten bzw. deren Überlastung. Eine mögliche Rolle der Expertensysteme in dieser Situation war die Automatisierung von EDV-mäßig zu bewältigenden Routinetätigkeiten. Ein Befragter problematisierte allerdings eine solche Vorgehensweise, da Routine auch für das Gesamtwissen des Experten eine wichtige Rolle spiele. Über andere Unternehmen wurde in den Interviews berichtet, in denen durch den Expertensystemeinsatz eine Verbesserung von Entscheidungs- und Beratungsleistungen erwartet wird. Anstatt eine solche Verbesserung durch einen höheren Personalaufwand zu erzielen, sollen Experten durch das Expertensystem in die Lage versetzt werden, mehr Alternativen oder zusätzliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Ein ähnliches Ziel verfolgte eine der von uns befragten universitären Gruppen: hier strebte man an, mit dem System komplexe Aufgaben zu bewältigen und die Qualität der Aufgabenerfüllung zu verbessern. Entgegen der von der Kritik häufig zu hörenden Befürchtung konnten zumindest mit diesem Konzept keine Experten eingespart werden, es wurde vielmehr im stärkeren Maße als bisher qualifiziertes Personal benötigt.

Eine andere Vorgehensweise war die, mit dem Expertensystem geringer qualifizierten Mitarbeitern zu ermöglichen, der Tätigkeit eines Experten nachzugehen. Dies setzt allerdings voraus, daß man die Wissensbestandteile, die wirklich den Expertenstatus ausmachen, erkennen, rechnermäßig erfassen und verarbeiten kann. Das wird zumindest von Kritikern der Expertensystemtechnik angezweifelt - ein Befragter bestätigte denn auch die Auffassung von Dreyfus/Dreyfus (1986), wonach Expertensysteme nicht über das Niveau einer beschränkten Kompetenz hinauskommen. Er fügte jedoch hinzu, daß das Knowledge Engineering dazu beitragen würde, das Expertenwissen transparenter zu machen, um damit auch seine Diffusion zu erleichtern - mit der Einschränkung, daß die damit erstellten Expertensysteme nur zur Unterstützung dienen könnten. Das Wissen veralte vom Zeit-

punkt der Implementation an und müsse deshalb vom Experten aktualisiert werden.

Ein Befragter verneinte zwar die Tendenz, minderqualifizierte Benutzer mit Expertensystemen zu anspruchsvolleren Aufgaben heranzuziehen, meinte aber auch Bestrebungen von Anlagebauern und Maschinenherstellern zu erkennen, mittels Diagnosesystemen eine Aufgabenverschiebung zulasten des Kunden zu bewirken. Dies kann selbstverständlich im Interesse des Kunden sein, wenn dadurch die Anreize eines Experten wegen eines Bagatellschadens entfällt.

Zwei Befragte gaben an, daß die Erwartungen der Auftraggeber manchmal überzogen seien, d.h. daß tatsächlich Einsparungen von Experten angestrebt werden. Solche Aufträge habe man in beiden Unternehmen schon mal abgelehnt.

Diese Aussagen verdeutlichen die Widersprüchlichkeit, die in den Erwartungen an Expertensysteme herrscht. Zum Teil wird die Möglichkeit der Höherqualifizierung mit Hilfe des Expertensystems bezweifelt, zum Teil erwartet. Keiner der Befragten konnte seinen Standpunkt zu dieser Frage durch konkrete Erfahrungen belegen. Schließlich meinte einer der Befragten, die Auftraggeber würden sich hinsichtlich ihrer Mitarbeiterqualifikationen im Zusammenhang mit Expertensystemen kaum Gedanken machen.

Frage I,5: Geht die Zielrichtung eher auf Rationalisierungseffekte hinaus oder eher auf eine Verbesserung der Beschäftigungsverhältnisse und Arbeitsstrukturen?

In der Befragung stellte sich heraus, daß eine Unterscheidung dieser beiden Kategorien (Rationalisierung vs. Verbesserung der Arbeitsbedingungen) nicht einfach ist. Besondere Schwierigkeiten machte dabei der Begriff "Rationalisierung", der meist als Einsparung von Arbeitskräften verstanden wurde. Fünf Befragte gaben an, Expertensysteme würden zur Verbesserung des Beschäftigungsverhältnisses eingesetzt; zwei davon gaben aber auch an, dieses Ziel sei etwa gleichrangig mit dem der Rationalisierung. Die Abgrenzungsproblematik läßt sich deutlich am Beispiel einer Antwort aufzeigen, wonach es beim Expertensystemeinsatz um die Entlastung der Experten von Routine ginge, aber auch um eine bessere Nutzung des Wissens. Vordergründig klingt "Entlastung von Routine" nach einer Aufwertung der Tätigkeit des Experten. Bedenkt man jedoch die bereits zitierte Auffassung, daß Routinetätigkeiten einen wichtigen Beitrag zum Gesamtwissen eines Experten beisteuern, bleibt eigentlich nur das Ziel einer effizienteren Nutzung des Wissens übrig. Das bedeutet Rationalisierung in dem Sinne, daß die Einstel-

lung zusätzlicher Experten (die es am Arbeitsmarkt möglicherweise gar nicht gibt) unterbleiben kann (die fiktive Einsparung von Arbeitskräften). In diesem Sinne ist auch eine Antwort zu deuten, wonach Hauptziele des Einsatzes die Qualitätsverbesserung (sonst nur durch zusätzlichen Aufwand pro Aufgabe zu erreichen) und die Produktivitätssteigerung seien. Ein Verlust von Arbeitsplätzen durch Rationalisierungseffekte kam demnach nicht vor. Als problematisch wäre vor dem beschriebenen Hintergrund die von einem weiteren Befragten geäußerte Auffassung zu betrachten, der Wegfall von Routine ermögliche eine Nutzung des Kreativitätspotentials. Wenn Routine allerdings den Löwenanteil des Expertenalltags ausmacht, kann dies zur Folge haben, daß sein Kreativitätspotential nicht oder nur partiell genutzt wird. Dies kann leicht zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Arbeitszufriedenheit des Experten führen. Die Aufgabe des Wissensingenieurs bestünde darin, ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Routinetätigkeit und Tätigkeiten, bei denen sich das Kreativitätspotential entfalten kann, zu finden. Da dieses aber ein Gebiet ist, auf dem nur spärliche gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse vorliegen, dürfte die Gestaltung des wissensbasierten Systems für den Entwickler keine triviale Aufgabe sein.

Zwei weitere Befragte nannten explizit das Ziel der Einsparung von Experten, wobei dies in erster Linie durch den Verzicht auf weitere Einstellungen erreicht werden sollte. In einem Fall wurde hinzugefügt, daß man solchen Tendenzen entgegenzusteuern versuche, da die Experten unverzichtbar seien. Dies bezieht sich wohl auf Bestrebungen, über kurz oder lang Experten durch Expertensysteme zu ersetzen. Insgesamt zeigt sich bei den Auftraggebern eine Tendenz, die Potentiale wissensbasierter Methoden realistischer einzuschätzen als dies in der Phase der KI-Euphorie noch vor wenigen Jahren der Fall war. Die Entwickler von Programmen auf der Basis dieser Methoden sind ebenfalls erheblich nüchterner in ihrer Selbstdarstellungspolitik geworden und steuern im eigenen Interesse vielleicht noch vorhandenen überzogenen Erwartungen entgegen. Gleichwohl sind die eigenen Einstellungen der Entwickler bezüglich des Wissensdarstellungs- und Wissensbearbeitungspotentials nicht konsistent: gelegentlich schimmert doch noch die Vorstellung durch, man könne Experten weitgehend durch Expertensysteme überflüssig machen.

## **4.2 Zur Durchführung von Entwicklungsprojekten**

Während mit dem ersten Fragenkomplex nach den Motiven und Zielen von Unternehmen gefragt wurde, die sich mit den Möglichkeiten wissensbasierter Systeme

befassen, ging es in einem umfangreichen zweiten Fragenkomplex um die konkrete Durchführung von Projekten zur Entwicklung von Programmen auf der Grundlage wissenschaftlicher Methoden.

Frage II,1: Von wem geht in den Unternehmen typischerweise die Initiative für die Entwicklung eines Expertensystems aus?

- von übergeordneten Stellen außerhalb des Hauses
- von der Leitung
- aus der EDV-Abteilung
- aus der betreffenden Fachabteilung
- von einzelnen Mitarbeitern
- von der Kundschaft

Durchgängig wurde mit der Einführung neuer (Informations)Techniken die Erfahrung gemacht, daß die Ersteinführung sich in aller Regel auf den Einsatz sogenannter Promotoren zurückführen läßt, Personen, die die Anwendung solcher Techniken angeregt und mit persönlichem Engagement durchgesetzt haben. Eine derartige Maßnahme bedarf sowohl der Fachkompetenz, damit die neue Technik in adäquater Weise eingeführt und eingesetzt wird, als auch der Machtkompetenz, um die Einführung erst zu ermöglichen und gegebenenfalls Widerstand zu überwinden. Im ersten Fall wird vom "Fachpromotor" gesprochen, im zweiten vom "Machtpromotor", wobei sowohl Promotorengespanne mit verteilter Kompetenz als auch die Vereinigung beider Kompetenzen in einem einzelnen Promotor vorkommen (Witte 1972).

In einem Fall wurde diese Situation recht zutreffend charakterisiert: bei den erfolgreichen Anwendungen der Expertensysteme gab es einen firmeninternen "Champion", der hartnäckig die Idee verfochten hat. Dieser war typischerweise nicht einmal der Projektleiter des Entwicklungsvorhabens, sondern stammte aus der mittleren Ebene und kannte sich ausreichend in der Firma aus, um die Potentiale des Expertensystemeinsatzes zu erkennen. Außerdem hatte er Zugang zum Unternehmensmanagement, um diese für die Idee und ihre Umsetzung zu gewinnen. Es gab auch Beispiele, in denen Expertensysteme aufgrund einer Entscheidung der Firmenleitung eingeführt werden sollten, doch sind diese gescheitert, da gerade die Fachkompetenz fehlte bzw. nicht eingebunden wurde. Eine ähnliche Konstellation gab es in einem Großunternehmen: hier hatte ein Mitarbeiter einer zentralen Dienstleistungsabteilung sich konkret mit den Möglichkeiten der KI befaßt und dann seinen Abteilungsleiter von diesen überzeugt. Daraufhin wurde

ein zweiter Mitarbeiter eigens für diese Aufgabe eingestellt. Tabelle 2 gibt die Zusammenfassung der Antworten.

TABELLE 2: Häufigkeiten der Antworten auf Frage II,1

Frage II,1: Von wem geht in den Unternehmen typischerweise die Initiative für die Entwicklung eines Expertensystems aus?

1) Von übergeordneten Stellen außerhalb des Hauses

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
0	1	1	2	(2) 1	3

2) Von der Leitung

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
3	1	4	2	0	1

3) Aus der EDV-Abteilung

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
0	1	0	5	(1) 1	2

4) Aus der betreffenden Fachabteilung

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
2	(1) 3	(1) 1	0	0	2

5) Von einzelnen Mitarbeitern

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
2	4	1	1	1	1

6) Von der Kundschaft

fast immer	häufig	gelegentl.	selten	nie	k.A.
0	0	3	1	2	3

(Die eingeklammerten Zahlen geben Zwischenabstufungen, z.B. "häufig bis fast immer" wieder).

Die Frage II,1 war für die beiden Entwicklungsprojekte an den Universitäten nicht relevant, so daß nur 10 Antworten in die Tabelle eingehen. Das häufige "k.A." kommt daher, daß die Befragten einen solch detaillierten Einblick in die Vorgeschichte der Projekte beim Kunden oft nicht haben.

Aus Tabelle 2 geht relativ eindeutig hervor, daß die Initiative am häufigsten von der Leitung, von der betreffenden Fachabteilung oder von einzelnen Mitarbeitern ausgeht. Insbesondere die häufige Nennung der Fachabteilungen stützt die von den Befragten zu Beginn des Interviews häufig gemachte Aussage (siehe oben Abschnitt 4.1), daß die Auftragsvergabe durch konkrete Probleme motiviert sei.

Wichtig erscheint uns in Tabelle 2 außerdem die auffallend untergeordnete Rolle, die die EDV-Abteilungen der Kunden-Firmen bei der Initiative für Expertensystem-Projekte spielen. Nur ein einziger Befragter äußerte sich positiv mit "häufig", zwei sagten nichts dazu, während die übrigen sieben "selten" oder "nie" die Initiative bei den EDV-Abteilungen sahen. Das scheint recht eindeutig ein distanziertes Verhältnis der angestammten EDV gegenüber den neuen KI-Projekten zu signalisieren. Wir werden das noch wiederholt bestätigt sehen. Allerdings ist angesichts der Erfahrungen mit anderen "neuen" Informations- und Kommunikationstechniken die zurückhaltende Rolle der EDV-Abteilungen nicht überraschend, die häufig sogar die Rolle des "Bremsers" spielen, wie später zu beschreiben sein wird.

Obwohl eigentlich nicht in diesem Kontext angesprochen, erwähnten vier Befragte Unternehmensberater, die gelegentlich eine Rolle im Innovationsprozeß spielen. Allerdings meinte nur ein Befragter, daß diese Rolle eine nennenswerte Bedeutung habe. Ferner gab ein Befragter an, daß die Konkurrenz gelegentlich den entscheidenden Anstoß zur Einführung der Technik gebe.

Frage II,2: Wer war in den Unternehmen verantwortlich für das Projekt?

Die zu dieser Frage gemachten Äußerungen bestätigen im wesentlichen das oben beschriebene Bild. Die Regelung der Zuständigkeit für die Durchführung des Expertensystemprojekts beim Auftraggeber spiegelte nach der Erfahrung der Befragten die Situation bezüglich der "Promotion" der Technik weitgehend wieder. So liegt die Durchführung und Projektleitung fast durchgängig bei der Fachabteilung. Lediglich ein Befragter berichtete auch von Fällen, in denen Grundlagenabteilungen oder gar die EDV-Abteilung zuständig gewesen seien. Dagegen wiesen

zwei Befragte ausdrücklich darauf hin, daß das Projekt am besten sogar dem Einfluß der EDV-Abteilung entzogen wird. In einigen Fällen wurde berichtet, daß der Projektablauf von höherer Stelle aus kontrolliert wurde, was möglicherweise ein Hinweis auf die Bedeutung ist, die Projekten in diesem Bereich zugemessen wird.

Frage II,3: Werden von den Unternehmen vor der Entscheidung, Expertensysteme zu entwickeln, Analysen des Problembereichs durchgeführt? (Häufigkeit wie oben). Was ist das Ziel solcher Analysen?

Mit dem Übergang von technikinduzierten zu mehr probleminduzierten Innovationen im Bereich der Expertensysteme wäre zu erwarten, daß die Entscheidung, Auswahl und Implementation der technischen Neuerung sorgfältiger als bisher durch Analysen des potentiellen Einsatzbereiches vorbereitet werden. Die Antworten auf die in diesem Zusammenhang gestellte Frage nach solchen Analysen bestätigten jedoch keineswegs diese Vermutung. Drei Befragte gaben vielmehr an, solche Analysen würden selten bis gar nicht vom Auftraggeber durchgeführt, wobei aber einer von diesen drei eigene Machbarkeitsstudien nach klärenden Gesprächen mit dem Auftraggeber durchgeführt hat. Die übrigen Befragten bestätigten, daß derartige Analysen durchgeführt werden, doch ist die Qualität dieser Aussagen sehr unterschiedlich. Die Bandbreite gibt eine der Antworten wieder: die Studien werden häufiger durchgeführt, und zwar sowohl informelle als auch sehr detaillierte. Ziele der Studien sind Abschätzungen der Machbarkeit, der Kosten und des zu erwartenden Nutzens. Ein anderer Entwickler ergänzte, solche Studien könnten nach seiner Erfahrung zwischen fünf und 500 Seiten umfassen, ohne daß der Umfang jedoch einen Aufschluß über die Qualität zuließe: Die Studien enthalten nach seiner Einschätzung kaum relevante, d.h. für den Entwickler brauchbare Aussagen. Drei Befragte erwähnten ausdrücklich, daß sie selbst solche Studien anbieten bzw. anfertigen würden.

In der Rückmeldung auf den Entwurf des vorliegenden Berichts wies ein Entwickler auf die Bedeutung der Prototypen bei der Analyse des Problembereichs hin: Dieser veranschauliche die Tauglichkeit von wissensbasierten Systemen in verschiedenen Problemgebieten. Demnach ist die Praxistauglichkeit von wissensbasierten Systemen im Einzelfall oft ungewiß, so daß die einzige Möglichkeit, sie festzustellen, der Bau einer Prototypversion ist. Allerdings dürfte sich mit Zunahme praktischer Erfahrungen und nach empirischen Analysen (z.B. Bachmann, Malsch u. Ziegler 1992) allmählich herauschälen, welche Faktoren für Erfolg und Mißerfolg konkreter wissensbasierter Systeme von Bedeutung sind, so daß vorbereitende Analysen aufzeigen können, welche Domänen von vornherein aus-

gespart werden sollten und welche den Bau eines Prototyps erfordern, um die Machbarkeit eines Systems zu demonstrieren.

Frage II,4: Werden vor der Entscheidung Kosten-Nutzen-Analysen durchgeführt? Mit welchen Ergebnissen?

Bei der Betrachtung der Innovationsziele war festgestellt worden, daß heutige Anwendungen wissensbasierter Systeme vorrangig zur Lösung dringlicher Probleme dienen sollen. Es wäre deshalb zu erwarten, daß die Auftraggeber der befragten Entwickler für die vorgesehenen Anwendungen Kosten-Nutzen-Analysen durchführen, bevor sie endgültig eine Entwicklung in Auftrag geben. Aus Erfahrungen mit anderen IuK-Techniken, z.B. CAD, ist jedoch bekannt, daß solche Analysen zwar in der Regel vor der Investitionsentscheidung des Unternehmens gefordert werden, sie aber selten nach der Einführung der Technik überprüft werden. So hatten solche Analysen in der Vergangenheit faktisch mehr Ritualcharakter denn irgend welche Bedeutung für die Messung des Erfolges der Innovation. Dies ist nicht zuletzt auf die Unzulänglichkeit bekannter Verfahren zurückzuführen, die insbesondere den Nutzen von IuK-Techniken nur unzureichend erfassen. Eine Frage nach der Durchführung derartiger Kosten-Nutzen-Analysen wurde gerade im Bewußtsein dieses Problems gestellt, da es auch den für Investitionsentscheidungen zuständigen Gremien sicher nicht unbekannt sein dürfte.

Die Auskünfte der Befragten sind in diesem Punkt zumeist recht vage, was sicher auch darauf zurückzuführen ist, daß sie solche Kosten-Nutzen-Analysen nicht durchführen mußten. Ein Befragter vermutete, daß die Analysen intern wohl schon durchgeführt würden, aber daß man von außen wenig Einblick bekäme. Vier Antworten gingen davon aus, daß Kosten-Nutzen-Analysen selten bis so gut wie gar nicht durchgeführt würden, teilweise wegen der damit verbundenen Schwierigkeiten. Ein Entwickler vermutete, daß solche Analysen in den Köpfen schon stattfinden würden, ohne jedoch schriftlich fixiert zu werden, ein weiterer meinte, daß die Analysen zwar durchgeführt werden, der Nutzen aber eher qualitativ denn quantitativ gemessen werden sollte. Ein Entwickler war der Meinung, daß eher technische Anforderungen aufgestellt würden, die den Inhalt eines Lastenheftes abgeben. Ein weiterer Befragter, der ansonsten der Auffassung war, Kosten-Nutzen-Analysen würden nicht so systematisch durchgeführt, wie eigentlich erforderlich wäre, wies darauf hin, daß, da das Prototyping eigentlich den jederzeitigen Abbruch eines Projektes erlaube, das Vorsehen von Soll-Bruchstellen möglich sei. Ein Befragter bezweifelte, daß Kosten-Nutzen-Analysen derzeit durchgeführt würden, da es sich bei den Auftraggebern um große Unternehmen

handele, die sich Experimente leisten könnten. Die kleineren Unternehmen, die schärfer kalkulieren müßten, verhielten sich dagegen abwartend. Allerdings wies dieser Entwickler auch darauf hin, daß bereits wenige Anwendungen der Technik zu erheblichen wirtschaftlichen Effekten führen können: die Einsparung eines einzigen Linienflugzeuges durch ein System zur Flugplanerstellung oder Wartungsplanung könne die Kosten für die Entwicklung mit einem Schlag einspielen. Im Falle der In-House Entwicklung in der Industrie mußten jedoch für beide vorgesehene Anwendungen der Expertensystemtechnik Kosten-Nutzen-Analysen durchgeführt werden, obwohl es sich um ein Großunternehmen handelte, das sich eigentlich die beschriebenen Experimente hätte leisten können (und die Anwendungen für das Unternehmen ausdrücklichen Pilotcharakter besaßen). Dies legt die Vermutung nahe, daß Kosten-Nutzen-Analysen eben doch in einer Vielzahl von Fällen durchgeführt werden, die aber nicht zu besonderen Forderungen gegenüber den externen Entwicklern führen.

Frage II,5: Sind die XPS-Anwendungen eher in ein Gesamtkonzept der EDV-Anwendung eingebettet, oder sind die Projekte häufiger ganz unabhängig von der übrigen EDV zu sehen? (Integration von vornherein eingeplant/ Spätere Anbindung vorgesehen/ Ganz unabhängig)

Ein Faktor, der mit zur Krise am KI-Markt beigetragen hat, war die frühere Notwendigkeit von Spezialrechnern und die damit verbundenen Probleme der (mangelnden) Kompatibilität mit den bereits etablierten EDV-Anwendungen in den Unternehmen. Dies hat zu verstärkten Bemühungen der Entwickler von wissensbasierten Systemen geführt, auf herkömmliche Sprachen und Rechnersysteme zurückzugreifen und generell Aspekten der besseren Integrierbarkeit ihrer Produkte mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Sämtliche für diese Studie befragte Entwickler gaben an, ihre aktuellen Produkte seien für die Einbettung in eine bestehende EDV-Umgebung vorgesehen, wobei dies bei manchen Auftraggebern eine zwingende Forderung darstelle. Einige gaben an, daß dies nicht immer so gewesen sei, und auch heute gebe es noch Ausnahmen von dieser generellen Tendenz: Beratungssysteme würden nach wie vor als "Stand-Alone"-Anwendung konzipiert, und in einem Fall habe ein großer Auftraggeber auf einem "Stand-Alone"-System bestanden. In diesem Fall hält der Entwickler eine spätere Einbindung mittels einer semantischen Schnittstelle für denkbar. Allerdings wies ein Befragter darauf hin, daß das, was als "Stand-Alone"-System realisiert wurde, es meist auch bleibe, und ein weiterer Entwickler meinte, die vorgesehene Integration verzögere sich in der Praxis doch sehr. Der Grund hierfür sind die häufig festgestellten Spannungen mit der traditionellen EDV-Abteilung. Auch wenn keine sofortige Integration

vorgesehen sei, bemühe man sich, mögliche Querverbindungen zu den Aufgabebereichen der konventionellen EDV aufzuspüren, um die spätere Integrierbarkeit zu gewährleisten. Ein weiterer Entwickler hat beobachtet, daß Entwicklungen wissensbasierter Systeme häufig von der übrigen EDV abgekoppelt sind, bemüht sich aber im Interesse dieser Anwendungen gerade auch um die Kompatibilität, um spätere Vorwürfe der Eigenbrödelei entkräften zu können.

#### 4.2.1 Das Vorgehen bei der Wissensakquisition

Ein Komplex mit mehreren Fragen zu den Erfahrungen der Entwickler bei der Wissensakquisition für Entwicklungsprojekte wurde eingeleitet mit einer Frage danach, inwiefern ihnen hier von ihren Auftraggebern Auflagen gemacht wurden. Die meisten Befragten bezogen sich dabei auf die nachfolgende Frage über die Auswahl der Experten, deren Wissen in dem System verwendet werden sollte:

Frage II,6: Besteht bei der Wissensakquisition völlig freie Hand oder werden irgendwelche Vorgaben gemacht? (z.B. Auswahl der Experten; Abgrenzungen der Domäne u.a.)

Frage II,7: Wie werden die Experten normalerweise ausgewählt?

In den meisten Fällen werden die Experten von den Auftraggebern bestimmt und wird auch die Domäne einigermaßen präzise vorgegeben, wobei dies meist keine Beschränkung bedeuten soll und den Wissensingenieuren der Zugang zu weiteren Experten offen steht. Die Auswahl innerhalb des auftraggebenden Unternehmens erfolgte häufig nach zeitlicher Verfügbarkeit, manchmal nach hierarchischen Gesichtspunkten: der Vorgesetzte wurde manchmal den Experten vorgezogen, welche die tägliche Arbeit erledigen. Daraus läßt sich aber nichts über die Qualität des Wissens ableiten; zwar behauptete ein Entwickler, daß das eigentlich benötigte Wissen bei den untergeordneten Sachbearbeitern zu finden sei, doch stellte ein anderer Entwickler fest, daß auch der Fall vorkomme, daß der Vorgesetzte eigentlich die größere Kompetenz im Sachgebiet besitze. Ein weiterer Befragter meinte, wichtig sei die Anerkennung des Experten im Betrieb, aber auch, daß es wünschenswert sei, mehrere Experten mit komplementärem Wissen im Gruppengespräch zu befragen.

Zum Teil ergab sich die Beteiligung mehrerer Experten naturwüchsig aus dem Projektverlauf: der "Erstexperte" wurde vom Auftraggeber bestimmt und dieser nannte weitere Experten im Verlauf der Akquisitionsarbeit, insbesondere wenn er an die Grenzen der eigenen Kompetenz stieß.

Die Beteiligung einer Mehrzahl von Experten kann auch Probleme aufwerfen, wenn sich deren Kompetenzbereiche überschneiden und zu einem Sachverhalt mehrere Ansichten bestehen. Der Fragenkatalog enthielt deshalb die Frage, wie in einem solchen Falle verfahren werde:

Frage II,8: Gibt es Kontroversen zwischen den Experten? Wie wird damit verfahren?

Die meisten Entwickler hatten bereits Kontroversen dieser Art erlebt, was nicht weiter überrascht, da es sich z.B. bei Faustregeln weniger um "hartes", faktisches Wissen handelt als um sehr individuelle Meinungen und Abschätzungen, die zum Teil in sehr persönlich geprägter Sprache formuliert werden. In der Regel wurde versucht, über ein Gruppengespräch zur Einigung zu gelangen, was sich denn auch in den meisten Fällen als erfolgreiche Strategie herausstellte. In zwei Fällen wurde von der Existenz eines "dominierenden" Experten berichtet, dessen Meinung letzten Endes den Ausschlag gab. Ein Befragter vermutete, daß bei In-House-Entwicklungen nur schwer durch Gruppendiskussionen eine Einigung herbeizuführen sei; externe Entwickler würden mäßigend wirken, so daß die Fronten sich nicht verhärten. Allerdings berichtete ein anderer Entwickler von einem Fall, in dem die beiden Kontrahenten eine Woche in erzwungene Klausur geschickt wurden, die denn auch neue Erkenntnisse ergab. In einem weiteren Unternehmen entwickelten die externen Wissensingenieure einen Modellierungsvorschlag, der von allen Beteiligten diskutiert wurde. Offenbar soll die Versachlichung durch ein abstraktes Modell helfen, vorhandene Kontroversen zu entspannen und auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen.

Ein Entwickler äußerte Vorbehalte gegenüber Werkzeugen zur Wissensakquisition, die zur Erstellung einer konsistenten Wissensbasis beitragen sollen, da die Meinungen und Abschätzungen zugunsten der objektivierbaren Fakten verdrängt würden. Im Fall des von uns befragten Industrieunternehmens hatte man noch keine derartigen Kontroversen erlebt, war aber zuversichtlich, diese gegebenenfalls mittels einer Gruppendiskussion lösen zu können, da man bisher die Erfahrung gemacht hatte, daß Mitarbeiter dankbar für jede Gelegenheit waren, ihre Arbeit zu diskutieren. Dies dürfte ein positiver, zunächst nicht beabsichtigter Nebeneffekt der Entwicklung wissensbasierter Systeme sein, der auch anderswo vorzufinden sein dürfte.

Ein gänzlich anderer Ansatz war im Fall der Entwicklung von Umwelt-Experten-systemen an der Hochschule gewählt worden: hier dokumentierte man sämtliche

Ansichten der relevanten Experten mit einer Kennzeichnung der Herkunft dieser Ansichten. Dies wurde damit begründet, daß der Benutzer, und nicht das Programm, Einschränkungen vornehmen solle. Es gebe zudem so viele Auffassungen, daß der Benutzer von ihrer Vielfalt erschlagen würde. Allerdings war dieses System von vornherein als Unterstützungssystem für recht qualifizierte Benutzer konzipiert, und die Domäne (Umwelt) ist nicht in dem Maße analytisch zu durchdringen wie die Einsatzbereiche der meisten übrigen Entwicklungen. Dazu kommt, daß das Wissen, das im Rahmen betrieblicher Expertensystem-Projekte erfaßt werden soll, überwiegend nicht Buchwissen oder das Wissen allgemein anerkannter Experten ist, sondern das sehr spezielle Wissen, das sich eng auf betriebliche Gegebenheiten bezieht.

Weiterhin wurde gefragt, ob es bestimmte, typische Probleme bei der Zusammenarbeit mit Domänenexperten gegeben habe:

Frage II,9: Gibt es typische Probleme bei der Zusammenarbeit mit dem/den Experten? Wenn ja, welche?

Von den Entwicklern wurde kein Problem besonders häufig genannt, dafür aber eine ganze Reihe typischer Probleme, die gelegentlich auftraten:

- Zeitliche Engpässe: Wie bereits erwähnt, ist ein häufiges Motiv für die Entwicklung wissensbasierter Systeme die Entlastung der vorhandenen Experten. So überrascht es denn kaum, daß einige Entwickler Schwierigkeiten hatten, den Experten für eine kontinuierliche Mitarbeit zu gewinnen.
- Angst vor der Entwertung der Qualifikationen: zwei Befragte nannten Anfangswiderstände bei den Experten, die größtenteils auf eine Überschätzung des Leistungspotentials wissensbasierter Systeme zurückzuführen sein dürften. In der Regel konnten die Vorbehalte aber ausgeräumt werden.
- Sprachliche Mißverständnisse: Ein Entwickler führte dies auf verschiedene Terminologien und Denkweisen zurück. Während Informatiker zum Strukturieren neigten, käme es vor, daß die Domänenexperten es nicht gewohnt seien, Dinge auf den Punkt zu bringen.
- Ein Befragter wies darauf hin, daß in der theoretischen Diskussion über Wissensakquisition häufig vergessen werde, daß die Experten im Hinblick auf die EDV keineswegs "jungfräulich" seien, sondern infolge der etwa zwanzigjährigen EDV-Geschichte häufig Vorkenntnisse mitbrächten. So sei ihnen z.B. oft das Denken in BASIC und Flowcharts nur schwer abzugewöhnen.

- In einem weiteren Fall hatte ein Experte ein eigenes, konventionelles EDV-Programm entwickelt, was zwar nur teilweise funktionierte und nur von ihm persönlich zu benutzen war, von ihm jedoch immer als Maßstab für das wissensbasierte System verwendet wurde.

In diesem Fall zeigte sich auch ein Nachteil des "rapid prototyping", dem ja gewöhnlich zugeschrieben wird, rasch eine vorführbare Version des später zur Anwendung vorgesehenen Programmes bereitzustellen, um damit die prinzipielle Machbarkeit zu beweisen und so mögliche Vorbehalte zu überwinden. Bei der Entwicklung einer Zwischenlösung war in diesem Fall ein geringfügiger Fehler gemacht worden, der ohne großen Aufwand sofort zu beheben gewesen wäre, aber zu erheblichen Irritationen führte, weil das Ergebnis in den Augen des Experten unsinnig war. Weil für ihn das System nicht transparent war, konnte er die Ursache des Fehlers und seine leichte Behebbarkeit nicht erkennen. Aus dieser Erfahrung leitete der Entwickler die Forderung ab, daß der Experte mit dem System vertraut gemacht werden müßte. Diese Forderung leitet zur nächsten Frage über:

Frage II,10: Wie weit wird der Experte in das Knowledge Engineering mit einbezogen?

In der Fachdiskussion wird vereinzelt die Auffassung vertreten, es sei die Aufgabe des externen Beraters, den Experten so weit mit dem System vertraut zu machen, daß er sein eigenes Knowledge Engineering durchführen könnte. Bei einer der universitären Entwicklergruppen war diese Voraussetzung in der Weise erfüllt, daß es eine Personalunion Experte/Wissensingenieur gab. Sieht man einmal von der pauschalen Aussagen ab, daß man den Experten völlig in die Wissenserhebung einbeziehen sollte, scheint die vorherrschende Vorgehensweise ansonsten heute die zu sein, daß der externe Wissensingenieur nach den erforderlichen Gesprächen mit dem Experten einen Modellierungsversuch unternimmt, d.h. das Expertenwissen "strukturiert". Dieses Ergebnis wird dann mit dem Experten diskutiert, an Hand von Fällen erprobt und gegebenenfalls modifiziert. Nach einvernehmlicher Lösung ist dann die Eingabe weiteren Wissens durch den Experten möglich. Ein Unternehmen beabsichtigte die Konstruktion einer "Wissenserwerbskomponente", die es dem Experten ermöglichen sollte, seine eigene Wissensakquisition und dellierung durchzuführen. Ein anderer Entwickler setzte maschinelle Verfahren zur Wissensakquisition ein, die in etwa auf das eben beschriebene hinauslaufen dürften.

Frage II,11: Wie gut sind i.a. die Vorkenntnisse des Wissensingenieurs in der Domäne? Wie werden diese erworben? Wie wichtig sind solche Vorkenntnisse?

Wie bereits angemerkt, gab es in einem Fall eine Personalunion von Experten und Wissensingenieuren, was nach Auskunft der Beteiligten Vor- und Nachteile hat. Die Auffassungen der Befragten zur Erforderlichkeit von Vorkenntnissen des Wissensingenieurs in der Domäne erwiesen sich als kontrovers. Dies war kaum anders zu erwarten, gehen doch die Meinungen in diesem Punkt auch in der publizierten Fachdiskussion weit auseinander (vergl. dazu die Aufsätze im Schwerpunktheft 2/90 der Zeitschrift "KI"). Als Faktum steht fest, daß die meisten Wissensingenieure zu Beginn der Projekte regelmäßig über wenige Fachkenntnisse in der Domäne des Entwicklungsprojekts verfügen. Dies liegt häufig daran, daß es sich hierbei um Informatiker handelt, die relativ frisch von der Hochschule kommen. Die wesentliche Vorbereitung besteht aus einem Studium der Fachliteratur, um einen Einstieg zu bekommen und mit der Fachterminologie vertraut zu werden. Ein Befragter bezeichnete eine derartige Vorbereitung auch für die Abfassung von Angeboten für erforderlich. Übereinstimmung gab es weitgehend auch darüber, daß Erfahrung für die Projektbearbeitung wünschenswert sei. Mindestens vier Befragte hielten eine Spezialisierung auf bestimmte Anwendungsdomänen für wünschenswert und auch erforderlich, da die Auftraggeber zunehmend Vorkenntnisse voraussetzen würden. Ein weiterer Befragter gab an, sich früher um Vorkenntnisse bemüht zu haben, sich dies aber inzwischen abgewöhnt habe, da er erkannt hatte, daß seine eigentlichen Stärken in den Methoden und Erfahrungen lägen, die für eine Strukturierung des Wissens erforderlich sind. Offen blieb, ob dennoch eine Spezialisierung zur Effektivitätssteigerung beitragen kann, weil sich etwa Denkstrukturen und -weisen in verschiedenen Domänen zu stark unterscheiden. Einige Befragte wiesen auch auf die Vorteile der Distanz hin: Die Vorstellung, sich in einem Fachgebiet auszukennen, führt dazu, daß die Vorkenntnisse vorstrukturiert werden und so zum Entstehen von Vorurteilen und vorgefertigten Meinungen führen, die bei der Wissensakquisition hinderlich sind. Ein Befragter ergänzte zudem, daß das, was man durch das Studium der Lehrbücher und Fachaufsätze lernen könnte, ohnehin für die Entwicklung von wissensbasierten Systemen uninteressant sei. Die Auftraggeber interessieren sich viel mehr abteilungsspezifisches und persönliches Wissen. Weitere Entwickler bestätigten die Auffassung, daß man durch das Literaturstudium nicht den richtigen Zugang zur Domäne finde, auch danach "weiß man nie, was auf einen zukommt." Ein Vertreter dieser Ansicht wies darauf hin, daß diese Situation immerhin den Vorteil

habe, den eigentlichen Beitrag des Experten auch für diesen erkennbar zu halten, und damit seine Identifikation mit dem Entwicklungsvorhaben zu fördern. Bei zu guten Vorkenntnissen des Wissensingenieurs bestehe die Gefahr, daß dieser sich zum Besserwisser aufspiele, bzw. ihm Besserwisserei unterstellt wird. Allerdings scheint es, daß bei solchen Rechtfertigungsversuchen eine gute Portion Zweckoptimismus enthalten ist: die Notwendigkeit, jeden Fachbegriff und jeden Sachzusammenhang minutiös zu erläutern, dürfte auf Dauer die Geduld auch des bereitwilligsten Experten über Gebühr strapazieren. Das Geheimnis besteht wohl darin, eigene Vorurteile zu erkennen und nicht der Gefahr des Dilettierens zu erliegen.

Im Zusammenhang mit dieser Gefahr kommt der Verwendung bewährter Instrumente und Methoden eminente Bedeutung zu.

Frage II,12: Welche Instrumente und Methoden setzen Sie zur Wissensakquisition ein?

Frage II,13: Setzen Sie Standardinstrumente und Methoden ein, oder wählen Sie fallweise aus? Wie geschieht diese Auswahl?

Frage II,14: Kommt es vor, daß sich die Methoden als nicht angemessen erweisen? Was geschieht in einem solchen Falle?

Aus der Meinungsforschung liegen beispielsweise eine Vielzahl von gut gesicherten Erkenntnissen zum Einfluß von Befragungstechniken, Persönlichkeitsmerkmalen und anderen Faktoren auf deren Ergebnisse vor. Nicht umsonst wird die Erforderlichkeit sozialwissenschaftlicher Grundkenntnisse für Informatiker diskutiert (vergl. Bonsiepen und Coy 1990, Laske 1989). Diese Diskussion erlangt umso größere Bedeutung, wenn man die von den Befragten verwendeten Vorgehensweisen und Instrumente betrachtet.

Etwas zugespitzt läßt sich der Großteil der Antworten auf die Frage, welche Instrumente und Methoden zur Wissensakquisition eingesetzt werden, mit der Antwort eines der Entwickler charakterisieren: "Papier, Bleistift und Recorder", wobei vielleicht noch "der gesunde Menschenverstand" zu ergänzen wäre. Typischerweise werden zur Wissensakquisition Gespräche und Beobachtungen durchgeführt, wobei meist keine standardisierten Instrumente eingesetzt werden, sondern ad-hoc von einer Sitzung zur nächsten über Gegenstand und Verfahren entschieden wird. Einer gewissen Beliebtheit erfreute sich noch "KADS" ("Knowledge Acquisition and Documentation Structuring"), die im Rahmen von ESPRIT geförderte Methodologie zur Wissensakquisition (vgl. Wielinga et al. 1989). Drei der befragten Unternehmen waren zu irgend einem Zeitpunkt an der

Entwicklung dieser Methoden beteiligt gewesen und wandten sie auch entsprechend an. Allerdings identifizierten sich alle drei Unternehmen nicht vorbehaltlos mit KADS und hielten sich bei der Anwendung eher an pragmatische Gesichtspunkte. Ein Entwickler, der nur ad-hoc-Verfahren benutzte, kritisierte KADS mit dem Hinweis, daß er es nicht für durchführbar halte.

Ein Entwickler benutzte Verfahren wie das "Repertory Grid" oder die "semantische Analyse" neben eher pragmatischen Interview- und Beobachtungstechniken, wobei er den Anteil der Beobachtung auf 60% bezifferte; der Rest von 40% entfalle auf Gespräche, die ja auch die genannten Verfahren einbeziehen. (Informationen über die erwähnten Verfahren kann man zum Teil in der Rubrik "KI-Lexikon" der Zeitschrift KI erhalten.) Ein weiterer Entwickler nannte in diesem Kontext die verwendete Sprache und eine Reihe von Darstellungstechniken, wobei deren Verwendung vermutlich zur Strukturierung der Gespräche und Beobachtungen beiträgt.

Ein Unternehmen verwendete schließlich Verfahren der "induktiven Wissensakquisition" mit standardisierten Erhebungsinstrumenten für die Analyse von Fallbeispielen. Der befragte Entwickler berichtet als einziger, daß die eingesetzten Methoden sich gelegentlich als unangemessen, im Sinne von suboptimal, erweisen würden. In einem Fall habe er die umständliche Methode beibehalten, da inzwischen zuviel Aufwand investiert worden war, um einen Neubeginn mit einer effizienteren Methode zu gestatten. Bei diesem Entwickler setzte man längerfristig auf die Automatisierung der Wissensakquisition, wie sie auch von Feigenbaum propagiert wird. Der Hauptgrund für dieses Bestreben ist sicher die häufig gezogene Schlußfolgerung, daß die Wissensakquisition das Nadelöhr der Entwicklung von wissensbasierten Systemen darstellt. Allerdings ist diese Einschätzung, wie bereits erwähnt, strittig. Die Alternative einer Problematisierung des "Wissensbegriffs" und die angeführte Einbeziehung sozialwissenschaftlicher Erkenntnisse in die Informatikerausbildung werden erst in Ansätzen diskutiert, dürften aber langfristig fruchtbarer sein, da Automatisierungsbestrebungen von einem recht eingeschränkten Wissensbegriff ausgehen.

In Richtung auf eine Problematisierung des "Wissensbegriffs" zielte denn auch die nächste Frage nach Bereichen des Wissens, die sich mit dem zur Verfügung stehenden Methoden und im übrigen auch Grundlagenerkenntnissen nicht erschließen lassen:

Frage II,15: Gibt es Bereiche des Wissens, die sich nicht erschließen lassen? Wie wird damit verfahren?

Es gibt eine laufende Diskussion zum "tacit knowledge" bzw. "Erfahrungswissen", das sich nach überwiegender Meinung niemals vollständig erfassen lassen wird, obwohl es für das menschliche Wissen eine anerkannt herausragende Bedeutung hat. Aus den Reaktionen auf diese Frage läßt sich schließen, daß das Bewußtsein der Befragten für diese Problematik wenig ausgeprägt ist, möglicherweise, weil sie für diese (bisher noch?) keine praktische Relevanz besitzt. Eine Reihe von Befragten zeigte Verständnisprobleme, die sich in Rückfragen äußerten, oder auch in Antworten wie der, daß bei einem Vorhaben bestimmtes Wissen auf Wunsch des Auftraggebers nicht erfaßt werden sollte. Einige Entwickler räumten auch ein, daß das Problem ihnen nicht begegnet sei, weil man sich bei der Auftragsakquisition auf das beschränke, was man mit den vorhandenen Kenntnissen und Methoden auch wirklich machen könne: "Wenn man auf solche Grenzen stößt, hat man zuviel versprochen.... Die Grenzen der Modellierbarkeit sollte man gar nicht erst erreichen." Auch bei den Projekten, die nach den angesprochenen Auswahlkriterien angenommen worden waren, stieß man gelegentlich auf Schwierigkeiten, z.B. auf "Grauzonen, bei denen die Auswahl der Erfassungs- und Darstellungstechniken (Fuzzy logic, neuronale Netze) genau durchdacht werden muß." Es gibt auch offensichtlich Bereiche, die erst im Verlauf des Entwicklungsprozesses erschlossen werden, wobei es nicht immer möglich ist, eine für den Experten völlig befriedigende Darstellungsform zu finden: manchmal werden als Ausweg Regeln formuliert, die nur eine Annäherung darstellen. Der Anwender müsse an seinem Wunsch Abstriche machen, ein funktionierendes (gemeint war hier: ein konsistentes) Modell seines Wissens in der Domäne zu bekommen.

Zwei Befragte waren der Auffassung, daß Probleme der mangelnden Erfäßbarkeit von Wissen mit Mitteln der KI zu lösen seien, z.B. Rückgriff auf "tiefes Modellieren", um für die praktische Anwendung "flaches", modellbasiertes Reasoning zu ermöglichen, der Einsatz induktiver Verfahren der Wissensakquisition oder der Einsatz neuronaler Netze, um Parameter zu finden, die dann in wissensbasierten Systemen verwendet werden. Ein Befragter nannte ausdrücklich Beispiele für Bereiche, die er für unzugänglich hielt: Common Sense und den Übergang vom qualitativen zum quantitativen Wissen. Projekte in diesen Bereichen würde er ablehnen. In dem einen der beiden Hochschulprojekte war die Klärung der Frage, welche Bereiche sich erschließen lassen und welche nicht, ausdrücklich Teil des For-

schungsprogramms. Wir werden in einem späteren Teil des Fragebogens noch einmal auf die Problematik der Wissensakquisition zurückkommen.

#### 4.2.2 Sonstige Praktiken und Erfahrungen

In Beschreibungen des Aufbaus von Expertensystemen gehört die "Erklärungskomponente" zu den eigentlich unverzichtbaren Merkmalen der Technik. Zweck dieses Bestandteils ist die "Selbsterklärungsfähigkeit" der Programme, die nach einer Lesart eine kritische Benutzung gestattet, nach einer anderen die Benutzung der Programme durch Personen, die nicht die Kompetenz des Experten besitzen. Gerade dieser Aspekt der behaupteten Selbsterklärungsfähigkeit ist ein häufiger Ansatzpunkt der Kritik, weil diese in aller Regel Ergebnisse nicht wirklich erkläre, sondern bestenfalls die verwendeten Regeln sequentiell aufliste (Regel-Trace).

Frage II,16: Welche Form hat bei Ihren Systemen die Erklärungskomponente? Warum gerade diese Form?

Frage II,17: Wird die Gestaltung der Erklärungskomponente mit den Experten und Benutzern abgestimmt?

Die Entwickler wurden gefragt, welche Form die Erklärungskomponente der von ihnen entwickelten Systeme hat, und wurden gebeten, die Wahl gerade dieser Form zu begründen. Ferner wurde gefragt, inwiefern diese Erklärungskomponente mit den Benutzern bzw. Experten abgestimmt wird. Aus den Antworten der meisten Entwickler ging ein Unbehagen mit der "klassischen" Rolle und der sich daraus ergebenden Form der Erklärungskomponente hervor. Sechs Entwickler verzichteten denn auch gänzlich auf diese Komponente oder statteten ihre Programme allenfalls mit einer sehr rudimentären Erklärungskomponente aus. Dafür wurden verschiedene Begründungen angeführt: es sei erstrebenswert, die Systeme so zu entwickeln, daß sie für den Benutzer transparent bleiben; die bisherigen Ansätze, wie der Regel-Trace, hätten keinen Nutzen; der Bedarf wurde prinzipiell bezweifelt, da für den Benutzer das Ergebnis nicht erklärungsbedürftig sei; erfahrungsgemäß seien bisherige Formen zudem zu umständlich und aufwendig. Zwei Entwickler nannten die Form ihrer Erklärungskomponente ausdrücklich "Tracing", ein weiterer gab an, die Form zu benutzen, die von den gewohnheitsmäßig verwendeten Tools vorgegeben wird, also vermutlich ebenfalls eine Form des "Tracing". Ein Entwickler distanzierte sich eindeutig vom Tracing und gab an, "Erklärungen" anzubieten, deren Gestalt jedoch im Interview nicht näher er-

läutert wurde. Ein weiterer Befragter setzte die von ihm bevorzugte Form der Erklärungskomponente ebenfalls vom Tracing ab: hier nehme sie die Form einer textlichen Darstellung des Hintergrundes der Entscheidung. Ein Entwickler machte die Gestalt der Erklärungskomponente vom Zweck des wissensbasierten Systems abhängig: bei Planungs- und Konfigurationssystemen würde eine Visualisierung favorisiert, bei anderen eine Darstellung der relevanten Zusammenhänge in der Datenstruktur.

Dort, wo die Programme damit ausgestattet wurden, wurde die Gestaltung der Erklärungskomponente durchgängig mit den Benutzern abgestimmt. Doch auch in diesen Fällen wurde ihre Bedeutung meist stark relativiert: demnach besitzt sie ihre größte Bedeutung für das "Debugging". In der routinemäßigen Anwendung kommt sie dagegen kaum zum Zuge.

Frage II,18: Ab wann wird das System an die Anwender übergeben?

Die meisten Systeme werden an die Auftraggeber übergeben, wenn damit zumindest ein Teil der vereinbarten Aufgaben bearbeitet werden können. Häufig ist eine Pilotphase vorgesehen, während der Aufgaben parallel mit dem System und auf konventionelle Weise bearbeitet werden. Solche Feldtests dienen auch dazu, noch vorhandene Fehler aufzuspüren und auszumerzen, sowie der "Oberfläche" im Hinblick auf ihre Benutzungsfreundlichkeit einen letzten Schliff zu geben. Der Vollzug der Integration wurde als Kriterium für die Übergabe unterschiedlich gewertet: in einem Fall war dies der entscheidende Gesichtspunkt für die Übergabe an den Auftraggeber, in einem anderen Fall sollte diese erst später stattfinden. In einem Fall verfolgte man eine sukzessive Einführungspolitik: zunächst an einem Einzelarbeitsplatz, dann in der Breite. Dieser Entwickler verfolgte außerdem die Politik, das System bewußt nach Fertigstellung an den Anwender abzugeben, bot also keine Weiterentwicklungs- oder Pflegeleistungen an. In einem Fall war beabsichtigt, die Produkte des Entwicklers prinzipiell mit einer Wissenserwerbskomponente auszustatten, um die Systeme bereits nach Fertigstellung dieser Komponente an den Anwender zu übergeben. Dies war allerdings noch nicht realisiert worden. Die fertigen Systeme eines anderen Entwicklers hatten eine Art "Baumstruktur", und hier war beabsichtigt, die Programme an die Anwender zu übergeben, sobald eine "Ablaufunterstützung", die gewissermaßen den "Stamm" oder das "Rückgrat" des Systems darstellte, fertig war.

Die beiden nächsten Fragen befaßten sich mit Konflikten und Akzeptanzproblemen, die im Zuge der Entwicklung und Einführung der wissensbasierten Systemen aufgetreten waren.

Frage II,19: Kam es im Zuge Ihrer Tätigkeit zu Konflikten mit Benutzern, Gewerkschaften, Betriebsräten oder sonstigen Betroffenen? Wenn ja: Worum ging es dabei?

Sieben Entwickler waren im Verlauf ihrer Tätigkeit keinerlei Konflikten, insbesondere mit den späteren Benutzern oder den Betriebsräten der Anwenderunternehmen, begegnet. Einer ergänzte sogar, daß ihm derlei Konflikte auch nicht vom Hörensagen bekannt seien.

Kompetenzprobleme bzw. Schwierigkeiten mit den EDV-Abteilungen der auftraggebenden Unternehmen waren dagegen, wie bereits dargelegt wurde, häufiger aufgetreten. In zwei Fällen wurde berichtet, daß Betriebs- bzw. Personalräte vom Anfang an in die Entwicklungen einbezogen wurden, da "Expertensystem" ein Reizwort sei, welches, ergänzend angemerkt, auch unnötige Befürchtungen erweckt und dadurch Konflikte hervorrufen kann. In drei Fällen traten konkrete Verzögerungen auf, die durch Konflikte mit Betriebs- oder Personalräten verursacht wurden. In zwei davon ging es um die Befürchtung, daß die verwendeten Daten auf Personen bezogen werden könnten, um Leistungs- oder Verhaltenskontrollen durchzuführen. Erst als diese Möglichkeit technisch bzw. per Betriebsvereinbarung ausgeschaltet wurde, durfte das Expertensystem praktisch eingesetzt werden. Dagegen wurde für den dritten Konfliktfall keine Lösung gefunden: hier war eine beabsichtigte Folge der Anwendung die Zusammenlegung von bisher getrennten Organisationseinheiten. Der Personalrat befürchtete vermutlich Personaleinsparungen und legte sein Veto gegen die Inbetriebnahme des fertig entwickelten Programmes ein.

Frage II,20: Gab es Akzeptanzprobleme, z.B. aufgrund einer Entfremdung von bisherigen Arbeitsinhalten?

Akzeptanzschwierigkeiten müssen nicht in offenen Konflikten münden, können aber für den Erfolg einer Entwicklung bedeutsamer sein, da sie unterschwellig weiter schwelen, ohne je wirklich beseitigt zu werden. Fünf Befragte hatten solche Akzeptanzschwierigkeiten persönlich noch nicht erlebt und kannten sie auch nicht von Hörensagen. Ein weiterer Entwickler meinte, Vorbehalte würde es eigentlich immer geben, weshalb es zu den Prinzipien seine Unternehmens gehöre, die späteren Benutzer in die Entwicklung einzubeziehen. Von konkreten Akzep-

tanzproblemen berichtete er aber nicht. Zwei Befragte nannten Orientierungsprobleme, die es aufgrund der geänderten Tätigkeit der Benutzer gebe. Ein weiterer Entwickler meinte, eine geänderte Tätigkeit könne auch die unbeabsichtigte Folge der Expertensystemeinführung sein, wenn sie dadurch auf Faktoren reduziert werde, die zwar vordergründig in einer Vielzahl von Fällen als wesentlich erkannt werden, die aber je nach Kontext ergänzungsbedürftig sind. Als Beispiel nannte er die Kreditvergabe durch Banken und Sparkassen: im anonymen Kontext der Großstädte sei ein Expertensystem vielleicht konsistenter und gerechter als ein menschlicher Sachbearbeiter nur mit seinen Alltagstheorien. In Kleinstädten würde der Sachbearbeiter die Antragsteller dagegen meist persönlich kennen und andere Kriterien heranziehen, die im Kontext des Expertensystems nicht vorgesehen sind. Deshalb sollten nach Auffassung dieses Entwicklers Expertensysteme prinzipiell nur als Unterstützungssysteme konzipiert werden, da sonst zu hohe Erwartungen an sie gerichtet würden, die auch wegen Nichterfüllung Akzeptanzschwierigkeiten zur Folge haben können. Ein weiterer Entwickler sprach eine andere Seite dieses Phänomens an: manche Akzeptanzschwierigkeiten ergeben sich, weil die späteren Benutzer sich nicht vorstellen können, wie Expertensysteme funktionieren sollen. Fremde Arbeitsverfahren wurden ebenfalls als Akzeptanzhürde genannt, die in einem Fall zur Ablehnung durch einen Teil der Zielgruppe des wissensbasierten Systems geführt habe. Weitere Probleme, die hier genannt wurden, sind die Furcht vor Arbeitsplatzverlusten und der Umgang mit ungewohnter Technik (z.B. der Maus). Zwei Entwickler wiesen jedoch ausdrücklich darauf hin, daß Wißbegierde, Neugierde und Faszination stärker seien als eventuelle Ängste.

Eine letzte Frage dieses Komplexes bezog sich auf sonstige Probleme, die mehr oder weniger ausschließlich auf den neuartigen KI-Charakter wissensbasierter Systeme zurückzuführen sind.

Frage II,21: Gab es sonst irgendwelche Schwierigkeiten, insbesondere solche, die auf den speziellen KI-Charakter der Entwicklung zurückzuführen sind?

Acht Befragte verneinten die Existenz solcher Schwierigkeiten, einer wies auf die zu hohen Erwartungen hin, die durch den "mystischen Begriff "künstliche Intelligenz" geweckt würden. Ein weiterer Entwickler wies darauf hin, daß die Erwartungen weitgehend durch Erfahrungen mit der herkömmlichen EDV geprägt sind, so daß die Leute bereits in Schemata der EDV denken, die für die Entwicklung wissensbasierter Systeme hinderlich seien. Schließlich wies ein Befragter in

diesem Kontext nochmals auf die Vorbehalte der eher konservativen EDV-Abteilungen hin.

Der nächste Fragenkomplex betraf die Wartung und Pflege der wissensbasierten Systeme (WBS), die ein größeres Problem als bei konventionellen EDV-Programmen darstellten, weil WBS von ihrer Anlage her nie abgeschlossen und ständig erweiterungsfähig sein sollen.

Frage II,22: Wie sind Wartung und Pflege bei Ihren Systemen geregelt? (Wer darf erweitern? Wie häufig wird erweitert? Wie werden Konsistenzprüfungen durchgeführt? Gibt es besondere Gründe zur Modifikation?)

Frage II,23: Betreffen die zulässigen Änderungen den Inhalt oder auch die Form der Wissensdarstellung?

Da in den meisten Fällen das Programm eine Modellierung der Anwendungsdomäne darstellt, besteht die Gefahr, daß zu gravierende Modifikationen des ursprünglichen Programmes das Modell funktionsuntüchtig machen könnten. Zudem besteht die Gefahr, daß Änderungsmöglichkeiten für einen großen, unkontrollierten Anwenderkreis zur gleichzeitigen Existenz verschiedener Varianten des ursprünglichen Programmes führen. Deshalb wurde auch gefragt, wie Wartung und Pflege geregelt sind, insbesondere wer was wie häufig ändern darf.

Lediglich ein Entwickler gab an, diese Leistung regelmäßig für einen Zeitraum von 5 Jahren anzubieten. Abweichende Regelungen auf Wunsch des Auftraggebers waren dem Gesprächspartner in diesem Unternehmen noch nicht begegnet, was sich z.T. darauf zurückführen läßt, daß dieses Unternehmen im Feld noch recht jung ist. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle lagen Wartung und Pflege gemäß den ausdrücklichen Wünschen der Auftraggeber auch in deren Händen. Allerdings betonten sämtliche Entwickler, daß dies lediglich die Pflege des allmählich alternden Wissens betreffe, nicht aber die Struktur der wissensbasierten Systeme, die nur vom Entwickler verändert werden solle. Allenfalls in Großunternehmen mit entsprechend ausgebildetem Personal sei ein Übergang dieser Aufgabe vom externen Entwickler auf den Auftraggeber denkbar. Bereits die Änderung von Regeln kann problematisch werden, so daß ein Befragter meinte: "Neue Instanzen, ja, aber nicht neue Regeln!" In einem weiteren Unternehmen sah man zwar ein, daß die Anwender möglichst weit an der Wartung und Pflege des WBS beteiligt sein wollten, sah aber auch die Gefahr sogenannter "schlechter Daten", weshalb man das Programm mit "Fenstern" als eine Art Sperre ausstatten wollte. (Das ist ein von den Befragten wiederholt verwendetes Bild: Das "Fenster" ge-

währt dem Benutzer nur den Zugriff auf einen genau begrenzten Ausschnitt dessen, was sich tatsächlich "hinter der Wand" befindet). Ein weiterer Entwickler hatte die Erfahrung gemacht, daß seine Kunden fast durchweg selber warten wollten und bot deshalb ein Wartungskonzept mit an. Danach soll auf der Systemebene eine zentrale Datenverarbeitungsabteilung zuständig sein, während die Datenbasis von "privilegierten" Anwendern gewartet werden soll. Erfahrungsgemäß reiche ein Update der Datenbasis im 3-Monatsrhythmus aus, während Eingriffe auf der Systemebene so gut wie gar nicht erforderlich sein sollten. Ein Entwickler gab an, die Zuständigkeit für die Wartung sei vom Werkzeug, also vermutlich von dessen "Benutzerfreundlichkeit", abhängig, die Häufigkeit hänge von der Domäne ab. Schließlich wies in diesem Zusammenhang ein Befragter darauf hin, daß Änderungen der Funktionalitäten der WBS in manchen Fällen eine Ursache für die Einstellung der Projekte sei.

Eine eng mit der Wartung und Pflege zusammenhängende Frage ist die, welche Vorkehrungen getroffen werden, damit das wissensbasierte System beherrschbar wird.

Frage II,24: Welche Vorkehrungen treffen Sie, damit das System beherrschbar bleibt?

Hintergrund dieser Frage sind Erfahrungen mit frühen Expertensystemen - bekanntestes Beispiel ist vielleicht XCON - die, gemäß der Philosophie dieser Programme, ständig erweitert wurden, um neue Aufgaben bearbeiten oder zusätzliche Regeln aufnehmen zu können. Die bekannten Folgen dieses unkontrollierten Wachstums sind die Unbeherrschbarkeit und Unwartbarkeit, die beispielsweise XCON bedrohten. Wartung und Pflege sind lediglich ein Aspekt dieses Problems, Struktur des Programmes und Konsistenzsicherung zwei wichtige weitere Aspekte.

Vier Befragte gaben an, mit dem modularen Aufbau der Programme der Unbeherrschbarkeit entgegenwirken zu wollen. Als zusätzliche Vorkehrung in dieser Richtung nannte ein Befragter die "kleine Funktionalität", d.h. Überschaubarkeit der individuellen Module. Einen ähnlichen Tenor haben Nennungen wie "sorgfältige Strukturierung", "Kategorisierung des Wissens" oder "Objektorientierung", die insgesamt von weiteren vier Befragten genannt wurden. Drei Befragte maßen der Wahl der Sprache bzw. der Umgebungsentwicklung für die Überschaubarkeit eine große Bedeutung zu - hier läßt sich ein Bezug zur Diskussion um generische Tools herstellen. Von vier Entwicklern wurde die sorgfältige

Dokumentation des wissensbasierten Systems als eine Voraussetzung der Sicherung der Beherrschbarkeit genannt. Obwohl nicht häufig ausdrücklich erwähnt, gehört die Schulung der Anwender auch zu den wichtigsten Maßnahmen, um die Beherrschbarkeit sicherzustellen. In diesem Zusammenhang stellte ein Entwickler fest, daß die Beherrschbarkeit ein leidiges Thema sei, auf das man als Entwickler wenig Einfluß habe. Deshalb spreche sein Unternehmen die Empfehlung aus, zu regeln, wer Änderungen vornehmen darf und die Änderungen möglichst revidierbar zu halten. Ebenfalls etwas resignierend klingt in diesem Zusammenhang der Wunsch eines industriellen Entwicklers, eine Aufblähung der Systeme zu vermeiden. Ein einziger Entwickler äußerte sich schließlich zum Problem der Konsistenz, die in den von seinen Unternehmen entwickelten Programmen über die automatisierte Formalisierung sichergestellt werde.

In der Diskussion über Expertensysteme spielt die Verantwortungsfrage unter rechtlichen wie moralisch-ethischen Gesichtspunkten regelmäßig eine große Rolle.

Frage II,25: Wie ist die Verantwortungsfrage geregelt, wenn bei automatisierten Vorgängen Fehler auftreten?

Ausgangspunkt für diese Fragestellung ist die arbeitsteilige Entwicklung und Anwendung von wissensbasierten Systemen, die eine Vielzahl möglicher Ursachen für Fehler schafft mit den damit verbundenen Verantwortungsproblemen. Eine besondere Rolle spielt dabei die Möglichkeit der Benutzung von WBS durch Personen, die weniger qualifiziert sind als zur Beurteilung der Ergebnisse erforderlich wäre. Die im Zusammenhang mit der Verantwortung auftretenden rechtlichen Fragestellungen sind Gegenstand einer eigenständigen Studie, die für AFAS angefertigt wurde (Goebel, Schmalz und Scheller, 1991).

Einige Befragte verneinten das Auftreten solcher Probleme, da die von ihnen konzipierten Programme eigens und ausschließlich zur Unterstützung von Experten konzipiert seien. Ein Entwickler qualifizierte seine Aussage dahingehend, daß die Programmsergebnisse nur als Vorschlag zu betrachten seien, der von einem hinreichend qualifizierten Benutzer gegenzuzeichnen sei. Dies sei eine interne Regelung seines Softwarehauses, die auch an Kunden weitergegeben werde. Ein weiterer Befragter wies darauf hin, daß die Programme lediglich zur Unterstützung, also nicht zur automatischen Entscheidung konzipiert seien, weshalb es denn auch keine Garantien für die Richtigkeit der Ergebnisse gebe. Diesbezügliche Probleme seien aber nicht neu, da sie sich für jede andere Software auch stellen. Die Ent-

scheidung liege letzten Endes immer beim Anwender. Zwei Entwickler gingen noch einen Schritt weiter in diese Richtung und sprachen Warnungen zur Leistungsfähigkeit der Programme aus, wobei noch einer ergänzte, die Verantwortung liege dann beim Anwender. Der Auffassung, daß die Verantwortung ausschließlich beim Anwender liege, waren zwei weitere Befragte. Eine weitere Möglichkeit, Verantwortungsprobleme abzufedern, war die präzise Definition des Aufgabenbereichs bzw. die Ablehnung von nicht zu verantwortenden Aufträgen. Im ersten Fall wurde die Definition des Aufgabenbereichs des zu entwickelnden WBS als eine Möglichkeit betrachtet, Verantwortungsprobleme von vornherein auszuschließen. Allerdings sei diese Forderung leichter aufzustellen als zu erfüllen. Deshalb müßten bei sicherheitsrelevanten Anwendungen wissensbasierter Systeme Sicherheitsstufen und Benutzerlevel in Zusammenarbeit mit dem Experten festgelegt werden. Dies ist wohl so, damit sichergestellt wird, daß das Programm nur von Personen benutzt wird, die in kritischen Situationen über ausreichende Kompetenz verfügen, um die Angemessenheit von Programmerngebnissen zu beurteilen. Schließlich befürwortete ein Entwickler eine schematische Aufteilung der Verantwortung: für Fehler in der Wissensbasis haftet der Kunde, für Fehler bei der Programmierung der Entwickler.

Frage II,26: Kann man im allgemeinen absehen, wann ein System einer neuen Version weichen muß?

Das Problem der mangelnden Wartbarkeit, das insbesondere für die Expertensysteme der "ersten Generation" sichtbar wurde, weist auf eine begrenzte Lebensdauer solcher Programme hin. Dies kann insofern zum gravierenden Problem werden, wie die Unternehmen, die solche Programme anwenden, davon abhängig werden. Obsoleszenz von Programmen kann eine Reihe von Gründen haben:

- Inkonsistenz oder mangelnde Effizienz aufgrund ständiger Erweiterungen und Modifikationen;
- Mangelnde Transparenz aufgrund fehlender Dokumentation und/oder mangelnder Kontinuität der Entwicklung (Fluktuation der Software-Ingenieure usw.);
- Mangelnde Kompatibilität mit neuen Hardwaregenerationen o.ä.;
- Verschiebungen im Gegenstandsbereich der Anwendung.

Um es gleich vorwegzunehmen: diese Frage hat für die in die Expertenbefragung einbezogenen Entwickler noch keine Aktualität erlangt und damit einen sehr nachrangigen Stellenwert. So gaben drei Befragte auch an, daß die Notwendigkeit

einer neuen Version nicht absehbar sei. Ein weiterer Befragter veranschlagte eine pauschale Lebensdauer von fünf Jahren, die mit dem tendenziellen Veralten der Hardware und der verwendeten Werkzeuge (Tools, Entwicklungsumgebungen) begründet wurde. Bei wissensbasierten Systemen für die Diagnose von Maschinen oder technischen Anlagen ist die voraussichtliche Lebensdauer dieser Anlagen und Maschinen die wichtigste Determinante der Lebensdauer der EDV-Programme. Anekdotisch wurde berichtet, daß ein bekanntes Großunternehmen von der Entwicklung eines Diagnosesystems Abstand genommen habe, weil die kurze Lebensdauer der Produktlinie, die Gegenstand des Programmes sein sollte, in keinem Verhältnis zum voraussichtlichen Entwicklungsaufwand für das Expertensystem stand. Wegen des inkrementellen Charakters der meisten technischen Entwürfe erscheint eine derart radikale Veraltung, auch von Diagnosesystemen, unwahrscheinlich, doch sind allmähliche Änderungen der "Funktionalitäten" denkbar. Das heißt zum Beispiel Verschiebungen der Problemfelder oder der technischen Grundlage. Einige Entwickler wiesen darauf hin, daß wissensbasierte Programme vom Konzept her, beispielsweise durch ihren modularen Aufbau, erweiterbar und aktualisierbar sein sollten, also im Prinzip niemals veralten sollten.

#### **4.3 Resultate und Feedback aus der Anwendung**

Im nächsten Abschnitt des Interviewleitfadens ging es um Erfahrungen mit wissensbasierten Systemen im praktischen Einsatz. Bisherige Untersuchungen, deren Gegenstand das Expertensystem im praktischen Einsatz war, konnten immer nur sehr wenige Fälle ausfindig machen, bei denen bereits von einer echten Eingliederung in den Betriebsalltag der anwendenden Firma gesprochen werden kann. Eine neuere Untersuchung von 14 Expertensystemen in der industriellen Anwendung ist die vom BMFT geförderte Studie an der Universität Dortmund, die Anfang 1993 abgeschlossen sein wird. In einem Zwischenbericht werden 8 der 14 Systeme als gescheitert bezeichnet (Bachmann et al. 1992). Unsere Befragung ist weniger auf die Anwendung der Systeme ausgerichtet als auf die Praxis ihrer Entwicklung. Für die Untersuchung der Anwendungspraxis können die Angaben der Entwickler nur ein Anhaltspunkt sein, da sie allenfalls in der Einführungsphase der von ihnen mitentwickelten Programme unmittelbare Erfahrungen mit der Anwendung gemacht haben. Nach dieser Phase sind sie, wie andere Außenstehende auch, auf Hörensagen, Zeitschriftenartikel oder eigene Nachfragen angewiesen, wenn sie wissen wollen, welche Erfahrungen mit den Programmen gemacht wurden.

Einige der von uns befragten Entwickler berichteten über Anschlußaufträge, was einerseits eine gewisse Zufriedenheit des Auftraggebers signalisiert und andererseits einen besseren Zugang zu Informationen über die Anwendungserfahrungen schafft. Für die Akquisition neuer Projekte ist der Nachweis erfolgreicher Anwendungen abgeschlossener Entwicklungsvorhaben vermutlich von großer Bedeutung, deshalb war interessant zu erfahren, ob sich die Entwickler um eine systematische Rückkopplung von Informationen aus den Unternehmen bemühen.

Frage III,1: Gibt es einen Feedback aus den Unternehmen nach Abschluß der Entwicklungsprojekte? Wie sind die Rückmeldungen?

Obwohl prinzipiell Interesse an solchem Feedback geäußert wurde, bemühte sich kein Entwickler systematisch darum, was vermutlich auf die noch relativ gute Auftragslage zurückzuführen ist. Einige Entwickler gaben ausdrücklich an, Rückmeldungen aus Anwenderunternehmen zu erhalten, die Folgeaufträge vergeben haben. Ein Befragter bezeichnete es geschäftspolitisch als wünschenswert, eine langjährige Zusammenarbeit mit den individuellen Auftraggebern zu erreichen, die ja eine kontinuierliche Rückkopplung von Informationen gewährleisten würde. Der Sprecher eines langjährig tätigen Entwicklerhauses räumte jedoch ein, daß Rückmeldungen der Auftraggeber faktisch höchst selten seien. Als Fazit läßt sich sagen, daß Rückmeldungen zu praktischen Erfahrungen mit den wissensbasierten Systemen sehr zufällig und unsystematisch sind, und daß das Interesse der Entwickler daran auf ihre Relevanz für Folgeaufträge beschränkt ist.

Frage III,2: Gibt es typische Fehler der Systeme, die bisher nicht beseitigt werden konnten? Wenn ja: Kennen Sie die Ursachen dieser Fehler? Wie wird derzeit in der Benutzung damit umgegangen?

Typische Fehler der Systeme, die nicht beseitigt werden konnten, waren der Mehrzahl der Entwickler nicht begegnet oder zumindest nicht bekannt geworden. Zum Teil ist dies sicher durch die noch geringe Erfahrung mit Entwicklungen und Anwendungen zu erklären. Allerdings wies man in zwei Unternehmen auf das "Brittleness-Problem" bzw. den "Plateau-effekt" hin, wonach die Zuverlässigkeit wissensbasierter Systeme an den Grenzen bzw. "Rändern" der Domäne abrupt nachläßt. Ein Entwickler führt dies darauf zurück, daß das Wissen der Experten in diesem Grenzbereich unzureichend sei, so daß eine Modellierung nicht möglich ist. Ein anderer Befragter gab an, daß die Systeme sich gelegentlich "fragwürdig" verhalten würden. Dies sei ebenfalls auf die unvollständige Modellierung des Wissens zurückzuführen, die sich in diesem Fall teilweise daraus ergebe, daß man die

Bedeutung von Teilen des Wissens nicht erkannt habe, teilweise auch daraus, daß man sie (noch) nicht erschlossen habe. Schließlich berichtete ein Entwickler von einem Einzelfall, der aber recht typisch sein dürfte:

In diesem Fall waren Fehler auf das mangelnde Fachwissen der Systementwickler zurückzuführen, d.h. eigentlich auf Koordinations- und Kommunikationsmängel, da der Fachexperte vermutlich über das erforderliche Wissen verfügte. Entweder wurde das Ergebnis der Wissensakquisition und -darstellung nicht mehr mit dem Fachexperten abgestimmt oder es gelang nicht, eine Verständigung zwischen Fachexperten und Systementwicklern herzustellen. Welche dieser beiden Erklärungen im vorliegenden Fall zutreffend war, ist den Aussagen des Entwicklers nicht zu entnehmen, da er lediglich mangelndes Fachwissen beim Entwicklungsteam feststellen konnte.

Frage III,3: Wie zuverlässig sind die Systeme?

Zu wenig Erfahrungen mit der praktischen Anwendung wissensbasierter Systeme hatten drei Befragte, um sich zur Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu äußern. Ein weiterer Befragter sagte, die Frage nach der Zuverlässigkeit stelle sich für seine Programme nicht, da sie lediglich zur strukturellen Unterstützung konzipiert seien. Ein Entwickler meinte pauschal, daß die von seinem Haus entwickelten Systeme rund um die Uhr laufen würden, was eine für den Anwender ausreichend Zuverlässigkeit implizieren würde. Auf 80% bzw. 70 bis 80% bezifferten zwei Befragte die Zuverlässigkeit wissensbasierter Systeme, was offensichtlich so zu verstehen ist, daß die Programme in zwanzig bis dreißig Prozent der Fälle andere Ergebnisse produzieren als Experten, die mit dem selben Problem konfrontiert werden. Die abweichenden Ergebnisse sind aber nicht notwendigerweise falsch: die Zahl der objektiv falschen Ergebnisse bezifferte ein befragter Experte "im einstelligen Prozentbereich".

Einige Entwickler wiesen darauf hin, daß die Zuverlässigkeit je nach Programm sehr stark schwanke, wobei einer meinte, die Zuverlässigkeit spiegele direkt die Qualität der Wissensanalyse wider. Als Grund für mangelnde Zuverlässigkeit wurden Mißverständnisse oder fehlerhafte Programmierung genannt, die allerdings nach eigener Erfahrung der Entwickler bisher immer dank der ausreichenden Transparenz der Programme behoben werden konnten. Schließlich kam noch der Hinweis eines Entwicklers, daß technische Diagnosesysteme inzwischen relativ zuverlässig seien, die Technik also in diesem Bereich eine gewisse Reife erlangt habe. (An dieser Stelle muß auf den oben zitierten Zwischenbericht hinge-

wiesen werden (Bachmann et al. 1992), wonach alle fünf Diagnosesysteme in dem untersuchten Sample in der Anwendungspraxis gescheitert sind. Wie sich das zu der genannten Aussage unseres Interviewpartners verhält, darüber kann man spekulieren. Wir wollen das dem Leser überlassen, der dann vielleicht schon den Abschlußbericht der besagten Untersuchung heranziehen kann.)

#### Frage III,4: Benutzen die Experten selbst die Systeme?

Gegen die Verwendung autonom agierender Expertensysteme bestehen in der Fachdiskussion erhebliche Vorbehalte aufgrund des Umstandes, daß die Wissensbasis nur das enthält, was ihre Entwickler in der doch recht abstrakten Erhebungssituation für relevant befunden haben. Die entstehende Wissensbasis im Zusammenwirken mit dem Inferenzmechanismus ist - auch nach den Ergebnissen der hier referierten Umfrage - in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle als "Modell" zu betrachten und eben nicht als eine genaue Wiedergabe des sonst verwendeten Expertenwissens. Dies führt fast zwangsläufig dazu, daß die Wissensbasis Lücken aufweist, insbesondere für Sonder- oder Ausnahmefälle. Denkbar sind aber auch Fälle, in denen sich einzelne Bereiche des Wissens als der Wissensmodellierung nicht zugänglich erweisen, oder in denen aufgrund von Kommunikationsschwierigkeiten zwischen Experten, Wissensingenieuren und Programmierern Bereiche nicht korrekt modelliert werden, die prinzipiell EDV-mäßig abbildbar wären.

Mit der Frage III,4 wurde insbesondere die Frage nach der Konzeption des Systems angesprochen, ob es nämlich den Experten unterstützen oder ersetzen soll, letzteres z.B. in dem Sinne, daß weniger qualifizierte Mitarbeiter durch das System in die Lage versetzt werden, einen Teil der Aufgaben des höher qualifizierten Experten zu übernehmen. Fünf Befragte bejahten eine Benutzung der Programme durch die Experten, deren Wissen darin modelliert wurde. Ein weiterer Entwickler betonte, daß nur Experten die Systeme verwenden würden, da diese ausschließlich zur Expertenunterstützung und -entlastung konzipiert würden. Ähnliches galt auch im Falle der Umweltexpertensysteme an der Hochschule, wo dieser Sachverhalt nicht explizit abgefragt wurde. Ein Entwickler gab an, seine Programme würden "auch" von Experten verwendet, nicht "den" Experten. Dies ist so zu verstehen, daß die Programme teilweise auch zur Benutzung durch weniger qualifizierte Mitarbeiter konzipiert sind, teilweise zur Unterstützung von anderen Experten als denen, deren Wissen im Programm modelliert wurde. Als "unterschiedlich" bezeichneten zwei weitere Befragte die Situation bei den von ihnen entwickelten Produkten. Einer erläuterte, daß es häufig das Ziel sei, einen Teil

der Expertenaufgaben auf die Kombination Expertensystem/Hilfskraft zu übertragen. In solchen Fällen müsse der Experte, d.h. der besser qualifizierte Mitarbeiter, dem Ergebnis der Programmanwendung seine Zustimmung geben. Auf einen sich möglicherweise anbahnenden Konflikt im Zusammenhang mit Programmen zur Diagnose von Maschinenschäden wies schließlich ein Entwickler hin: Denkbar sei zwar die Anwendung des Diagnoseprogrammes durch Maschinenoperatoren, doch gebe es derzeit noch Notteams, deren Aufgabe die Behebung der Maschinenschäden sei, und diese würden auf eine strikte Aufgabentrennung achten. Der Grund dafür liegt auf der Hand: bei einem Übergang der Wartungstätigkeit, auch in ausgewählten, leichten Fällen, sind Arbeitsplatzeinsparungen bei der Wartungsgruppe absehbar.

Frage III,5: Hat es unvorhergesehene Situationen gegeben, die im System nicht berücksichtigt waren?

Ein Entwickler bestätigte, daß unvorgesehene Situationen immer wieder vorkommen würden, da man durch Interviews die Situation niemals vollständig erfassen könne. In einer Reihe von Fällen diene die Testphase, die der endgültigen Übergabe vom Entwickler zum Anwenderunternehmen vorausgeht, auch dazu, Lücken in der Wissensbasis aufzuzeigen und ursprünglich unvorhergesehene Situationen aufzuspüren. Eine Nachbesserung sei fast immer erforderlich. Ein Entwickler wies darauf hin, daß Fehler bei der Transparenz der heutigen Systeme meist lokalisierbar und damit auch zu beseitigen seien, doch berichtete ein anderer, die Lücke sei in einem Fall so spät im Entwicklungsprozeß entdeckt worden, daß die eigentlich erforderlichen Modifikationen nicht mehr durchgeführt werden konnten. In diesem Fall habe man beschlossen, damit zu leben, was aber voraussetzt, daß die Lücke für die Anwendungsdauer dokumentiert wird. Ein anderer Befragter wies darauf hin, daß es Domänen gibt, wo unvorhergesehene Anwendungssituationen wegen der Gefahrenlage nicht tolerabel wären. In solchen Domänen müsse dann auf die Entwicklung von Expertensystemen verzichtet werden. Für technische Diagnosesysteme wurde schließlich die Relevanz dieses Problems bezweifelt: ein Befragter wies zur Begründung seines Zweifels auf die verhältnismäßig kurze Lebensdauer der Programme für solche Anwendungsbereiche hin.

Bei der Konstellation Hilfskraft/Expertensystem entsteht quasi automatisch ein gewisser Zwang zur Nutzung des Programmes, da die zu treffenden Entscheidungen im Normalfall die Kompetenz der Hilfskraft übersteigen. Allerdings ist auch denkbar, daß Benutzer, die eigentlich in der Lage wären, die Aufgabe des Expertensystems ohne das System kompetent durchzuführen, gezwungen werden, es zu

benutzen, etwa um sicherzugehen, daß Bestimmungen oder Verfahren eingehalten werden, oder um eine größere Konsistenz der Aufgabenerfüllung zu erreichen.

Frage III,6: Steht den Endbenutzern die Benutzung frei oder müssen sie in bestimmten Fällen das System benutzen?

Tendenziell besteht nach Aussage der befragten Entwickler zumindest ein Druck, wenn nicht gar ein Zwang, das Expertensystem für bestimmte Aufgaben zu benutzen. Es wurde auch bestätigt, daß Hilfskräfte "gar nicht anders können", und daß mit der Anwendung größere Konsistenz angestrebt wurde. Immerhin wiesen zwei Befragte darauf hin, daß es nicht gerade förderlich sei, wenn Arbeitskräfte gegen ihren Willen gezwungen würden, mit dem Programm zu arbeiten. In den Fällen, in denen das Programm zur Unterstützung von Experten konzipiert waren, stand die Benutzung frei, obwohl auch hier tendenziell Druck festzustellen war, wegen der Konsistenz der Ergebnisse doch mit dem System zu arbeiten. Interessanterweise konnte ein Befragter von einem Fall berichten, in dem die Benutzung des Systems zwar freigestellt wurde, aber in dem der Zwang bestand, das selbe Vorgehen zu verwenden, wie es im System modelliert war. Dabei handelte es sich vermutlich um ein besonders effektives Verfahren, das ein Ergebnis der Wissensakquisition und -modellierung darstellt. Ob der zusätzliche Schritt der Programmierung weitere Nutzeffekte brachte, ist unbekannt. Erwähnt werden sollte noch der aus der Literatur bekannte Effekt, wonach weniger qualifizierte Benutzer sich allmählich das in der Wissensbasis modellierte Wissen aneignen und anschließend auf das System verzichten können, weil sie ohnehin wissen, welches Ergebnis herauskommen wird. Dieser "tutorielle" Effekt wurde von keinem der Befragten aus der eigenen Praxis bestätigt.

Da Expertensysteme aus einer Reihe von Gründen falsche Ergebnisse produzieren und damit je nach Verwendungszweck und Domäne zu gefährlichen und/oder kostspieligen Fehlentscheidungen führen können, stellt sich die Frage nach einer Kontrollinstanz. Bereits bei der Frage nach der Benutzung durch eine Hilfskraft war die Lösung angesprochen worden, das Ergebnis auf jeden Fall durch einen hinreichend qualifizierten Experten bestätigen zu lassen.

Frage III,7: Wer überprüft die Richtigkeit der Ergebnisse der Systeme? Oder wie findet sonst eine Absicherung gegen Systemfehler statt?

Nach den Aussagen der befragten Entwickler stellt sich dieses Problem für solche Programme nicht, die lediglich zur Unterstützung von Experten konzipiert sind, was ja auf die Produkte dreier Entwickler gemäß deren Aussagen zutrif. Unklar

ist jedoch, welche Qualität die Programmausgabe in diesen Fällen besitzt: es ist ja denkbar, daß die "Unterstützung" des Experten durch eine Automatisierung von Teilaufgaben mit "harten" Ergebnissen erfolgt. Der Experte ist in diesen Fällen zwar kraft seiner Kompetenz in der Lage, die Plausibilität zu beurteilen, doch dürfte sich nach einiger Zeit problemfreier Benutzung hier eine gewisse Nachlässigkeit einschleichen, mit dem Ergebnis, daß keine Überprüfung mehr stattfindet. So merkte ein Befragter an, die Überprüfung der Programmausgaben sei zwar Sache des Experten, aber nach einiger Zeit finde zumeist keine Überprüfung mehr statt, weil das Programm in aller Regel plausible Ergebnisse produziere. Bei einem Entwickler war man bestrebt, die Programme so zu konzipieren, daß ein Zwang zur Validierung besteht und ein weiterer gab an, der Einbau möglichst vieler Validierungsmöglichkeiten in die Programme sei wünschenswert. Dies bedeutet vermutlich einen schrittweisen Aufbau der Programme. Schließlich wurde die Möglichkeit stichprobenartiger Überprüfungen der Programmergebnisse angeführt, die jedoch offensichtlich nicht häufig angewendet wird. Letzten Endes wird die Verantwortung für solche Probleme durch die Übergabe vom Entwickler an den Anwender übertragen.

#### 4.4 Die KI aus der Perspektive des Praktikers

Die Ideen, Erwartungen und Ziele, aber auch die Kritik, die sich an die Expertensystemtechnik knüpfen, sind immer auch als Teil der allgemeineren KI-Diskussion zu verstehen (KI = Künstliche Intelligenz). In diesem Abschnitt des Interviews ging es um die Themen dieser allgemeineren Diskussion. Einige von ihnen sind bereits in anderen Abschnitten angesprochen worden, sie werden hier aber noch einmal einer zusammenfassenden Beurteilung unterzogen.

Die KI-Diskussion ist in mehrfacher Hinsicht für die Entwicklung von Expertensystemen relevant. Im allgemeinen werden die Expertensysteme als vorderste Front der Praxisbewährung von KI gesehen. Unsere Interviewpartner waren ausnahmslos über die aktuelle KI-Diskussion informiert. Verschiedentlich nehmen sie durch eigene Veröffentlichungen oder Teilnahme an Workshops usw. aktiv daran teil. Häufig werden sie von Kundenseite mit Erwartungen und Vorstellungen konfrontiert, die Ausfluß der KI-Diskussion sind. Die Interviews der Expertensystementwickler boten daher eine Gelegenheit, wenigstens einige der vielen Fragen, die die KI-Diskussion aufwirft, unter dem Blickwinkel der Praxisbewährung zu durchleuchten.

Was läßt sich von den Zielen und Erwartungen in der Praxis realisieren? In welcher Weise haben die von der Kritik aufgeworfenen Problemperspektiven Relevanz für die praktische Umsetzung? In welcher Weise werden die theoretisch diskutierten Schwierigkeiten bewältigt?

Bei der Auswertung dieses Teils des Fragebogens behandeln wir die folgenden Themen:

- Wissensrepräsentation und im Zusammenhang damit noch einmal die Wissensakquisition, die unter dem methodischen Aspekt bereits in Teil II des Interviews angesprochen worden ist.
- Die Charakterisierung von "Künstlicher Intelligenz" vor dem Hintergrund der Praxiserfahrung.
- Ziele und Erwartungen an die Expertensystemtechnik und die Frage ihrer praktischen Einlösung.

#### 4.4.1 Fragen zur Wissensakquisition und zur Wissensrepräsentation

Eine Grundlage der Expertensystemtechnik ist die sogenannte "Repräsentationshypothese", die Annahme nämlich, daß eine adäquate Darstellung von Wissen mit Hilfe formaler symbolischer Repräsentationen überhaupt möglich ist. Zweifel daran werden vor allem durch eine philosophisch und epistemologisch orientierte Kritik vorgetragen (z.B. Winograd/Flores 1986). Die Kritik wird u.a. durch die Erfahrung gestützt, daß es (bisher) umso schlechter gelingt, Wissen formal zu repräsentieren, je stärker das Allgemeinwissen mit einbezogen werden muß. Es wird aus kritischer Sicht vermutet, daß Hintergrundwissen stärker im realen Expertenhandeln benötigt wird, als dieses im Expertensystem berücksichtigt werden kann, und daß dadurch letztlich keine adäquate Darstellung möglich ist.

Ein anderer problematischer Aspekt ist die Erfassung des Expertenwissens. Hier weist die Kritik auf die empirisch gestützte These hin, daß Wissen zum Teil nicht verbalisierbar ist und erst in der konkreten Anforderungssituation intuitiv in der richtigen Reaktion des Experten zum Ausdruck kommt. Die Auskunft des Experten bei der Wissensakquisition ergibt nach dieser Auffassung keine vollständige Entsprechung der intuitiven Fähigkeit. Auch aus anderen Gründen kann die Auskunft der Experten über ihr Wissen unvollständig, verzerrt oder sogar falsch sein.

Während die beiden genannten Problemperspektiven eher der Vorstellung einer (möglichst objektiven) Rekonstruktion des Expertenwissens verhaftet sind, ge-

winnt ein weiteres, konstruktives Konzept zunehmend an Aufmerksamkeit. Danach ist weniger die Rekonstruktion des Ziel als die Neuschaffung eines funktionalen Äquivalents, das auf die Möglichkeiten der Expertensystemtechnik zugeschnitten ist. Eine solche Konstruktion kann z.B. auf dem Wege über die Zusammenarbeit mit den Experten und den zukünftigen Nutzern des Expertensystems versucht werden. Es gibt aber auch die konnektionistische Vorstellung eines lernfähigen Systems, das sich im Laufe der Nutzung auf die "richtigen" Input-Output-Beziehungen einstellt.

Im Kontext dieser Diskussionen bewegen sich die folgenden Fragen. Wissensakquisition und Wissensrepräsentation werden hier gemeinsam behandelt.

Frage IV,1: Wie zugänglich hat sich das Expertenwissen insgesamt erwiesen? (leichter als erwartet/genauso schwer, wie erwartet/schwerer als erwartet)

Für einen der Befragten war die Zugänglichkeit ganz unproblematisch. Vier Befragte bezeichneten sie als erwartungsgemäß und einer als "unterschiedlich". Einer fand die Zugänglichkeit "im Grunde genommen leichter", drei fanden sie "mindestens genauso schwer bis schwerer", "im allgemeinen schwerer" und "sehr viel schwerer".

Wir haben also recht unterschiedliche Antworten. Dennoch überwiegt das lapidare "wie erwartet" oder die Tendenz, keine großen Schwierigkeiten zu sehen. Diese relative Unbeschwertheit der Mehrzahl der Antworten ist angesichts der Probleme, die in der KI-Diskussion genannt werden, erklärungsbedürftig. Mangelnde Kenntnis der theoretisch diskutierten Probleme können wir ausschließen, da, wie schon erwähnt, die Grundlagendiskussion einschließlich ihrer kritischen Facetten den Befragten geläufig ist. Nicht von der Hand zu weisen ist die Vermutung eines defensiven Antwortverhaltens, das die Machbarkeit nicht grundsätzlich in Frage stellen möchte. Wie auch immer, die von der Grundlagendiskussion angesprochenen Probleme der Wissensakquisition und der Wissenrepräsentation belasten die Praxis der Expertensystementwicklung nicht in dem Maße, wie aufgrund der Kritik zu erwarten wäre. Wie läßt sich das erklären?

Wir haben in den weiteren Fragen nach der Algorithmisierbarkeit, nach dem Umfang des dargestellten Wissens und nach der Nachvollziehbarkeit der Vorgehensweise der Experten gefragt sowie nach den Formen der Wissenrepräsentation. Hier zunächst die Antworten im Überblick:

Frage IV,2: In welchem Ausmaß ist das Wissen algorithmisierbar? (insgesamt algorithmisierbar/ teils teils/im wesentlichen nicht algorithmisierbar).

Bei dieser Frage gab es einige Verständnisschwierigkeiten, da letztlich jedes Programm einen Algorithmus darstellt. In einigen Fällen wurde die Frage im Sinne von "repräsentierbar" oder "formalisierbar" beantwortet, wodurch eine Überschneidung mit Frage IV,5 (s.u.) entstand. Meistens wurde sie jedoch als Frage nach der Möglichkeit verstanden, Wissen oder Teile des Wissens als geschlossenen Algorithmus nachzubilden. Dazu war die Antwort ohne Ausnahme, daß dies nur zum Teil möglich sei. Im einzelnen wurde dazu ausgeführt: Wenn man ein Problem verstanden habe, dann sei es auch algorithmisierbar, was aber nicht immer von Vorteil sei, weil z.B. Flexibilität verloren gehen könne. Ein anderer Befragter bejahte die Frage für den Fall, daß die Komplexität reine Kombinatorik sei, alles andere sei zumindest noch nicht praxisreif. In zwei Fällen wurde darauf hingewiesen, daß Algorithmen Annäherungen darstellen könnten, wobei einer der Befragten genetische Algorithmen als Beispiel nannte.

Frage IV,3: Wie groß war der Ausschnitt des Expertenwissens, der erschlossen werden sollte? (Gesamtwissen oder Ausschnitt; Falls nur Ausschnitt: von vornherein geplant oder als Resultat von Schwierigkeiten).

In zwei Fällen wurde von einer vollständigen Erfassung des Wissens berichtet, womit aber in beiden Fällen bereits fixiertes, in Datenbanken abspeicherbares Wissen gemeint war, das keinem Inferenzmechanismus unterworfen wurde. Bis auf eine Aussageverweigerung haben alle anderen Befragten eine Beschneidung der Wissensdomäne für notwendig erachtet. Ein Befragter berichtete, daß es Fälle gegeben habe, bei denen der Kunde die Erfassung und Konservierung des Gesamtwissens erwartete. Das habe aber zum frühzeitigen Abbruch des Projekts geführt. Ein anderer Befragter spezifizierte, daß in einem Falle zwar die gesamte Domäne in ihren Abläufen erfaßt worden sei, aber nicht "in die Tiefe", d.h. in den kausalen Zusammenhängen.

Mehrfach wurde auf Möglichkeiten einer sukzessiven Erweiterung hingewiesen, ohne daß damit die Erreichbarkeit von Vollständigkeit behauptet wurde. Ein Befragter berichtete über die Repräsentation von Teilausschnitten, deren Kopplung dann allerdings zum Problem wurde. In vier Fällen wurde angegeben, daß die Einschränkung von vornherein in Absprache mit dem Auftraggeber unter dem Gesichtspunkt der Zugänglichkeit geplant war, wobei von einem Befragten Gebiete mit Routinetätigkeiten als erfolgsträchtig angesehen wurden.

Frage IV,4: Ist die Vorgehensweise der Experten für andere nachvollziehbar?

Hier gab es wieder eine größere Variation der Antworten. In einem Fall wurde die Nachvollziehbarkeit entschieden in Abrede gestellt, in einem weiteren Fall wurde die Vorgehensweise der Experten als nur schwer nachvollziehbar bezeichnet. Vier Befragte äußerten sich im Sinne von "mal mehr, mal weniger", und fünf Befragte bejahten die Nachvollziehbarkeit. Von diesen fügte einer hinzu: "Sonst würden wir das System nicht bauen."

Vor allem die zuerst und die zuletzt zitierte Antwort scheinen einen Gegensatz in den Auffassungen anzudeuten. Im zuerst genannten Fall der klaren Verneinung kommt die eingangs genannte erkenntnistheoretische Position zum Ausdruck, die die Nachvollziehbarkeit des Problemlösungsvorgehens eines Experten grundsätzlich für unmöglich hält. "Man kann lediglich Hypothesen bilden und modellieren." Wenn dagegen in der anderen Antwort die Nachvollziehbarkeit zur Voraussetzung der Systementwicklung gemacht wird, dann liegt vermutlich ein anderer Begriff von "Nachvollziehbarkeit" vor.

Wir begegnen hier einem Unterschied in der Auffassung, der auch bei anderen Gelegenheiten in Erscheinung tritt. Man könnte sie mit dem Gegensatz zwischen einer eher nachahmenden und einer eher neukonstruierenden Vorgehensweise bei der Expertensystementwicklung kennzeichnen. Die eher nachahmende Vorgehensweise rechtfertigt sich durch die Hypothese, daß die in langjähriger Berufserfahrung entstandenen Lösungswege des Experten Resultat eines evolutionären Anpassungsprozesses sind. Dieser ist vielleicht nicht in jeder Hinsicht optimal, aber seine Praxisbewährung kann der Analytiker durch eigene Modellbildung nicht so leicht einholen. Diese Sichtweise trägt den Erkenntnissen der Grundlagendiskussion Rechnung, wonach die analytische Durchdringung eines Problemereichs keine adäquate Komplexitätsbewältigung garantiert. Allerdings läßt sich der mit dieser Sicht verbundene Anspruch einer Nachbildung des Expertenverhaltens wegen der bekannten Probleme, die im Zusammenhang mit der Wissensakquisition diskutiert werden, nicht vollständig einlösen.

Bei einer auf Neukonstruktion ausgerichteten Vorgehensweise ist das Expertenverfahren bereits nachvollziehbar, wenn dessen Funktionalität in bezug auf die zu lösende Aufgabe verstanden worden ist. In dieser Sicht besteht das Interesse am Expertenhandeln vor allem darin, die Aufgabe zu verstehen und Lösungsansätze kennenzulernen, die dann aber eventuell durch andere ersetzt werden können.

Diese Einstellung kommt z.B. typisch zum Ausdruck, wenn einer der Befragten bemerkt: "Die Vorgehensweise ist nachvollziehbar, aber es ist nicht unbedingt die beste Vorgehensweise." Oder an anderer Stelle: "In einem Fall werden z.B. 20 Parameter berücksichtigt, wo 5 ausreichen würden." Bei dieser Orientierung geht man das Risiko ein, wichtige Kontextfaktoren nicht in dem Maße zu berücksichtigen, wie es eine evolutionäre Anpassung im Lauf der Zeit notwendigerweise tut. Dagegen nimmt dieser Ansatz für sich in Anspruch, manche "suboptimalen" Vorgehensweisen des Experten durch effizientere Methoden ersetzen zu können.

Bei der folgenden Frage IV,5 zeigt sich erwartungsgemäß, daß keine der beiden Sichtweisen bei der Expertensystementwicklung in Reinkultur praktiziert wird. Beide Perspektiven mischen sich in der Praxis der Expertensystementwicklung, wobei je nach Umständen in pragmatischer Weise der Akzent in die eine oder die andere Richtung verlagert wird. Wie bei der Auswahl der Wissensdomänen (siehe oben Frage IV,3) ergibt sich auch hier offensichtlich ein gewisser Entscheidungsspielraum, nämlich den Kompromiß zwischen der Nachbildung des Expertenverhaltens und der Neubildung funktionaler Äquivalente auszuloten. Darüber erfahren wir Näheres bei der folgenden Frage.

Frage IV,5: Gibt das Expertensystem das genaue Problemlösungsverfahren des Experten wieder, oder handelt es sich eher um ein funktional äquivalentes Modell der Problemlösung?

Alle Befragten verneinten, daß das Expertensystem das genaue Problemlösungsverfahren wiedergebe.

Fünf der Befragten sagten ohne Einschränkung, daß es sich um ein Modell handle, wobei aber die Begründungen verschieden waren: In einem Fall wurde argumentiert, daß gar nichts anderes möglich sei, da das Vorgehen des Experten grundsätzlich nicht nachvollziehbar sei. Zwei Befragte erklärten, daß in den von ihnen bearbeiteten Anwendungsbereichen ein Modell ausreiche, so lange es transparent sei. In zwei weiteren Fällen wurde das funktionale Modell als positives Ziel angesehen, mit dem Verbesserungen gegenüber der bisherigen Expertentätigkeit zu erreichen seien. Schwierig sei allenfalls, wurde von einem dieser beiden Befragten ergänzt, daß das Modell von den Experten eventuell nicht akzeptiert werde, wenn es vom gewohnten Vorgehen abweiche. Zumindest in diesen beiden letzten Fällen würden wir sagen, daß der Akzent stärker auf die Neukonstruktion verlagert ist.

Alle anderen Befragten beantworteten die Frage dahingehend, daß es sich bei den von ihnen entwickelten Expertensystemen "eher" um ein funktionales Äquivalent handle. Fünf von ihnen betonten dabei den Versuch einer Nachbildung oder einer guten Annäherung an das Vorgehen des Experten, soweit das möglich sei.

Wir können nun die bisherigen fünf Fragen zusammenfassen: In Frage IV,1 hatten wir gesehen, daß die Zugänglichkeit des Expertenwissens von der Mehrheit der Befragten nicht so problematisiert wird, wie man es unter dem Eindruck der kritischen KI-Diskussion hätte erwarten können. Anhand der Antworten auf die weiteren Fragen läßt sich das in folgender Weise erklären:

Die in der KI-Diskussion genannten Probleme der Wissensakquisition und der Wissensrepräsentation werden von der Praxis dadurch relativiert, daß es mindestens in zweifacher Hinsicht Entscheidungsspielräume für die Systementwicklung gibt, mit denen die zu erwartenden Schwierigkeiten in pragmatischer Weise umschifft werden. Ein wesentlicher Ansatzpunkt ist die gezielte Auswahl von Ausschnitten der Wissensdomäne unter dem Gesichtspunkt ihrer Zugänglichkeit. Das wird offenbar von den Auftraggebern bzw. von den Systembenutzern i.a. gebilligt. Die Unvollständigkeit der Erfassung und der Repräsentation von Wissen ist also eine akzeptierte Randbedingung der Expertensystementwicklung, sowohl auf seiten der Entwickler wie auch zum größten Teil auf seiten der Auftraggeber. Die Legitimationsfigur für diesen (unvermeidlichen) Verzicht auf Vollständigkeit ist der Begriff des den Experten "unterstützenden" und nicht des ihn "ersetzen" Systems. Was bei der Systementwicklung unter den Tisch fällt, kann nach dieser Auffassung durch die Aufmerksamkeit des Experten im Anwendungsfall ergänzt werden.

Der zweite Ansatzpunkt ist die "funktionalistische" Sichtweise, die die Nachahmung des Problemlösungsvorgehens des Experten nicht zum obersten Ziel erhebt, sondern darauf vertraut, durch Modelle ein hinreichendes funktionales Äquivalent zu erstellen, das in Einzelfällen sogar zu Verbesserungen führen kann. Auch hier ist der Begriff der Experten "unterstützung" natürlich ein wichtiges Rechtfertigungsargument. Der Ansatz einer Nachahmung des Expertenvorgehens wird nicht völlig aufgegeben, aber eben nur so weit verfolgt, wie es die Umstände zulassen. Ein Motiv für die Nachahmung kann auch die größere Akzeptanz sein, wenn der Benutzer sich in dem System wiedererkennt.

Frage IV,6: In welcher Form stellen sich die Ergebnisse dar? Nach Häufigkeiten: Regelsammlung/strukturiertes Modell/Sonstiges.

Nahezu einhellig wurde die Vorstellung einer reinen Regelsammlung als überholt bezeichnet. "Der Regelsumpf funktioniert nicht" war eine Äußerung, die die allgemeine Meinung plastisch zum Ausdruck bringt. Fast alle Befragten verwenden strukturierte Modelle, wobei die zwei Ausnahmen darauf beruhen, daß keine eindeutige Aussage gemacht wurde. Im einzelnen wurde erläutert, daß die Regelsammlung durch Objekte bzw. semantische Netze ergänzt und strukturiert würde.

#### 4.4.2 Die neuen programmiertechnischen Mittel der KI

Ein wesentliches Moment in der Auseinandersetzung mit der KI sind die neuen programmiertechnischen Mittel und die Methoden der Softwareentwicklung. Darauf bezogen sich die folgenden Fragen. Wir werden an dieser Stelle die Fragen und Antworten weitgehend unkommentiert referieren, weil sie im letzten Abschnitt dieses Berichts in einem größeren Zusammenhang besprochen werden. Wir werden dann auf den vorliegenden Abschnitt zurückverweisen.

Frage IV,7: Ist es möglich, die ersten Prototypen des Systems weiter zu verwenden oder auszuweiten oder erwies sich nach der analytischen Durchdringung der Domäne ein neues System als notwendig?

Hier waren die Antworten wieder recht unterschiedlich. Vier der Befragten befürworteten prinzipiell, den Prototyp "wegzuschmeißen" und neu zu strukturieren. Gelegentlich werde sogar das Tool gewechselt. Zwei weitere Befragte sagten, daß das Prototyping als "trial and error" aus Entwicklersicht zunehmend abgelehnt werde zugunsten der systematischen Strukturierung eines Modells. Lediglich als frühe Demonstration für den Kunden habe der Prototyp weiterhin eine gewisse Bedeutung. Dagegen hielten fünf Interviewpartner eine Weiterverwendung bzw. Weiterentwicklung von Prototypen für wünschenswert, vor allem, weil dies den Kunden entgegenkäme. Allerdings sei das nicht immer möglich.

Frage IV,8: War der Innovationsaufwand im Vergleich zur Neueinführung herkömmlicher EDV-Systeme vergleichbarer Größenordnung höher?

Acht der Befragten bezeichneten den Aufwand als höher mit unterschiedlichen Begründungen. Meistens wurde darauf hingewiesen, daß beim Kunden, aber auch beim Entwickler selbst, erst noch Lernprozesse bewältigt werden müssen. Ein an-

derer Gesichtspunkt war, daß der KI-Ansatz das Bewußtsein für den Kontext stärker, so daß mehr berücksichtigt werden müsse. Ferner wurde angeführt, daß aufgrund der Unsicherheit auf Kundenseite gegenüber der Expertensystemtechnik umständlichere Abklärungsprozesse in der Firma abliefen. Insgesamt laufen die Aussagen darauf hinaus, daß der Analyseaufwand größer ist, daß dagegen die Programmierarbeit wegen des höheren Abstraktionsniveaus und aufgrund mächtiger Tools unter Umständen weniger aufwendig sein könne.

Frage IV,9: Wie kommen die Benutzer mit der Erklärungskomponente zurecht?

Das Thema Erklärungskomponente scheidet die Befragten in zwei Lager. Sieben haben nie eine Erklärungskomponente gebaut. Zum Teil wird stattdessen die Transparenz des Modells gefordert. Ein Befragter verwies auf Erfahrungen, denen zufolge die Erklärungskomponente für den täglichen Gebrauch zu umständlich sei. In einem Fall wurde angegeben, daß stattdessen relevante Zusammenhänge und Visualisierungen jeweils in Dateien abgelegt würden. Die anderen fünf Befragten gaben dagegen an, daß die Benutzer gut mit der Erklärungsomponente zurechtkämen. Einer sagte sogar, daß die Erklärungskomponente die Chance der KI sei, wenn sie in der Terminologie des Anwenders modelliert werde.

Frage IV,10: Wie hoch ist gegenwärtig der Grad der Übereinstimmung zwischen Programm und Expertenergebnissen? (Stimmt immer überein/manchmal Dissens/ häufig Dissens). Falls Dissens: Ist es möglich, hierfür Gründe anzugeben?

In sechs Fällen wurde von einer guten Übereinstimmung gesprochen, wobei zweimal die Übereinstimmung unabhängig voneinander mit 80% angegeben wurde. Für gelegentliche Differenzen wurde von drei Befragten falsche oder unvollständige Modellierung als Grund angegeben. Ein Befragter berichtete von ca. zwei Fehlern pro Monat, die allerdings auf die Anwender zurückgingen, wie sich anhand von Protokollen nachweisen ließe. Drei dieser sechs Befragten betonten die Bedeutung von Tests. Einer berichtete, daß Fehler während der Benutzung nicht so einfach festzustellen seien, am ehesten würden die Kunden Fehler in der Wissensbasis identifizieren.

Ein Befragter lehnte die Fragestellung ab mit der Begründung, daß es sich nur um unterstützende Systeme handle und daß die Benutzer damit gut zurechtkämen. In den übrigen Fällen lagen noch nicht genügend Erfahrungen vor, um eine Antwort zu geben.

Frage IV,11: Lassen sich die Systeme durch Erweiterung an neue Anforderungen anpassen? Wenn ja: Wird ein System dadurch schlechter? Gibt es eine Obergrenze für Erweiterungen?

Keiner der Befragten mochte diese Frage abschließend beantworten, weil noch nicht genügend Erfahrungen vorliegen. Die Erweiterung wurde von allen als Option bejaht, wobei mehrfach auf die Vorteile der Trennung von Wissensbasis und Inferenzteil sowie auf die Möglichkeiten durch Objektorientierung und Vererbung hingewiesen wurde. Mehrere Befragte wollten die Erweiterung auf Wissensbasen beschränkt sehen. Alle hielten die Existenz einer Obergrenze aus unterschiedlichen Gründen für mehr oder weniger sicher, teils, weil die gewählten Konzepte veralten (bei XCON z.B. könne man heute das Wissen besser repräsentieren), teils, weil die Konzepte für die erweiterten Anforderungen nicht mehr adäquat sind. Vor allem wurde mehrfach auf die Grenze der Überschaubarkeit hingewiesen.

Frage IV,12: Ist es mit Expertensystemen möglich, neuartige Aufgaben zu bearbeiten? Welche?

Die Frage wurde (trotz gelegentlicher Einschränkungen) von fast allen bejaht. In drei Fällen wurden die neuartigen Aufgaben durch höhere Komplexität charakterisiert. In einem Kommentar wurde bemerkt, daß mit dieser Technik gewisse Verkrustungen der herkömmlichen EDV aufgebrochen würden. Drei andere Befragte meinten, daß die neuartigen Aufgaben auch mit herkömmlichen Mitteln zu bewältigen seien. Das sei nur eine Frage des Aufwands.

Frage IV,13: Kommt es vor, daß Expertensysteme überraschende Ergebnisse produzieren, die nachweislich richtig sind? Können Sie dafür Beispiele angeben?

Die Antworten waren verschieden. Vier Befragte nannten den Effekt der Analyse bzw. der Modellierung, deren Ergebnisse den weniger organisiert vorgehenden Experten manchmal überraschen. Dem entspricht ein Kommentar, wonach überraschende Ergebnisse während der Entwicklung auftreten, während der Anwendung aber unwahrscheinlich sind. Ein Befragter gab an, daß dieser Effekt bei den heutigen Expertensystemen allerdings seltener sei, da diese nur noch die eingefahrenen Bahnen nachzeichneten. Zweimal wurde von Fällen berichtet, in denen das Expertensystem ein falsches Ergebnis des Experten korrigierte. Fünf Befragte verneinten das Auftreten überraschender Ergebnisse, zwei davon mit dem Zusatz "bisher nicht".

#### 4.4.3 Was ist "Künstliche Intelligenz"?

Mit diesem Fragenkomplex ging die Befragung über die engere Thematik der Expertensysteme hinaus. Vor allem hier waren Aufschlüsse darüber zu erwarten, ob und in welcher Weise die KI sich wandelt, wenn sie vom Milieu der akademischen Forschung überwechselt in das "rauhere Klima" der kommerziellen Systementwicklung (vergl. Abschnitt 2 zu den Fragestellungen der Untersuchung). Alle Befragten hatten sich an der Universität mit KI befaßt und daher den Milieuwechsel selbst erlebt.

Frage IV,14: Welche der folgenden drei Charakterisierungen der KI trifft Ihrer Ansicht nach am ehesten zu? Oder haben Sie dazu eine völlig andere Ansicht?

- a) KI bedeutet die Verwendung bestimmter Techniken, Sprachen oder Tools mit besonderen Leistungsmerkmalen, die als Ausfluß der KI-Forschung gelten. Häufig werden die folgenden Leistungsmerkmale genannt:
  - i Verwendung regelbasierten Wissens
  - ii flexible Anpassung an den Benutzer
  - iii Verwendung der natürlichen Sprache bei der Bedienung
  - iv Generierung neuer (unerwarteter) Ergebnisse und Lösungswege
  - v Selbsterklärung
  - vi leichte Aktualisierbarkeit
  - vii hohe Wiederverwendbarkeit
  - viii einfaches Prototyping
- b) Eine andere Sichtweise stellt einen allgemeineren Aspekt in den Vordergrund: Danach bedeutet KI vor allem die Bearbeitung schlecht strukturierter Aufgaben unter Verwendung bestimmter in der KI-Forschung entwickelter Ansätze, wie Heuristiken und Wissensrepräsentation.
- c) Schließlich möchte ich noch die klassische Definition von der KI anführen, wonach KI ganz allgemein die Simulation von oder die Orientierung an der menschlichen Intelligenz bedeutet.

Diese Frage wurde zum Teil sehr detailliert beantwortet. In drei Interviews konnte sie aus Zeitgründen nicht gestellt werden. In den anderen Fällen ergab sich die folgende Antwortstruktur: a) wird von allen als mehr oder weniger zutreffend bezeichnet, wobei die Zustimmung aber zum Teil nur unter Einschränkungen gegeben wurde. Soweit auf die einzelnen Spiegelstriche eingegangen wurde, gab es

kaum jemanden, der diese vorbehaltlos bejaht hätte. An Einschränkungen wurden genannt: (i) Die Verwendung regelbasierten Wissens kann sich schnell ändern. (iv) Die Generierung neuer Ergebnisse usw. sei nicht an die neuen Techniken gekoppelt, sondern sei eher im Zusammenhang mit der in b) genannten Definition zu sehen. (vii) Bezüglich der Wiederverwendbarkeit gelte gerade das Gegenteil wegen des brittleness-Problems, das den spezifischen Zuschnitt auf das jeweilige Einzelproblem erforderlich mache.

Die Alternative b) wurde von zwei Befragten als zutreffend, von vier weiteren als mehr oder weniger zutreffend bezeichnet. KI sei der vorderste Rand der Informatik. Wo diese keine Lösungen sehe, da käme KI manchmal weiter. Für bestimmte Programmiersprachen sei b) leitend. Drei Befragte waren dagegen skeptisch: Schlecht strukturierte Aufgaben blieben auch weiterhin ein Problem.

Bezüglich der Alternative c) zur Orientierung der KI an der menschlichen Intelligenz waren die Meinungsäußerungen am eindeutigsten. Es fand eine klare Abgrenzung der Praxis von dieser Ausrichtung statt. Im günstigsten Fall wurde sie als legitime Fragestellung der Forschung bezeichnet, von der man als Praktiker Anregungen empfangen könne. Es wurde auch eingeräumt, daß sie Vorläufer von a) sei. Ansonsten aber überwogen negative Äußerungen, wie "Kann man vergessen!", "Die Sicht ist veraltet", "Das interessiert hier niemanden." Übereinstimmend sagten alle, daß die Orientierung an der menschlichen Intelligenz für die Praxis keine Rolle spiele; zu eng sei; beim Kunden falsche Erwartungen wecke.

Zusammengefaßt ergibt sich, daß die KI aus der Sicht der Praxis (noch) kein einheitliches Bild darbietet. Alle in a), b) und c) genannten Aspekte finden Zustimmung und Ablehnung, und zwar oft bei ein und derselben Person. In einem Falle versuchten die Interviewpartner eine eigene Definition von KI: ihr Charakteristikum sei im Prinzip darin zu sehen, daß bei den Problemlösungen nur Start und Ziel vorgegeben würden und daß der Lösungsweg vom System gesucht würde.

Frage IV,15: Werden durch das KI-System Aufgaben bearbeitet, die früher einer Automatisierung nicht zugänglich waren?

Diese Frage wurde im Großen und Ganzen bejaht. Häufig wurde dies in Übereinstimmung mit Frage VI,12 (s.o.) dahingehend erläutert, daß "im Prinzip" die heute bearbeiteten Aufgaben auch früher zugänglich gewesen seien, daß man sich aber erst heute durch die Entwicklung von Hard- und Software und durch die veränderte Anforderungsstruktur (gemeint sind die Anforderungen aufgrund der veränderten industriellen Produktion, wie zu Beginn von Abschnitt 4.1 erwähnt)

auf andersartige Aufgaben einließe. Zum Wort "Automatisierung" in der Frage wurde von einem Interviewpartner angemerkt, daß es die Sachlage nicht ganz träge. Man könne vielleicht von Teilautomatisierung sprechen, weil die Eingriffsmöglichkeit des Anwenders zur Anforderung an die Systementwicklung gehöre. Ein anderer merkte an, daß das Neue an den neuen Aufgaben in einer nicht-algorithmischen Lösung liege.

Frage IV,16: Trifft die gelegentlich geäußerte These zu, daß der Shift in die Praxis zwangsläufig mit dem Verlust an KI-Charakter verbunden ist?

Unser Eindruck war, daß die genannte These den Befragten neu war. Sie leuchtete aber allen "irgendwie" ein. Es wurden unterschiedliche Gesichtspunkte angeführt, die für diese These sprechen. Vages Wissen werde in Regeln transformiert, Lösungen würden festgezurrert, schlecht strukturierte Probleme würden durch die Systementwicklung irgendwie strukturiert. Ein anderer Gesichtspunkt war, daß die Anwendungspraxis Restriktionen erzwingt, die den vollen Problemumfang einschränkt. Als Beispiel dafür wurde ein Abrechnungssystem für die kassenärztliche Vereinigung genannt, bei dem die Optimierung der Abrechnung zwar möglich, aber gesetzlich verboten ist. Ein interessanter Hinweis war die Anmerkung eines Interviewpartners, der die genannte These eher akademisch fand. Denn die Dinge, die (beim Anwender) ins Bewußtsein rückten, hätten nichts unmittelbar mit KI zu tun, z.B. die Benutzeroberfläche, der Drucker usw. Das gelte auch für die Entwickler: Anfangs hätten die Dinge häufig Visionscharakter, aber dann kämpfte man in den Niederungen.

Frage IV,17: Haben sich Ihre Erwartungen an die KI aufgrund Ihrer Erfahrungen geändert? Wenn ja: in welcher Weise?

Diese Frage war eine sehr persönliche Frage und wurde von den meisten auch so verstanden. Die frühe Begegnung mit KI auf der Universität, die Entscheidung, sie zum Inhalt der beruflichen Arbeit zu machen, die Konfrontation mit neuartigen Problemen bei der Umsetzung von KI-Ideen in die Praxis sind individuelle Erfahrungen, deren Summe einen Teil des gegenwärtigen Selbstverständnisses ausmacht. Deshalb führte diese Frage schneller und direkter zu Aussagen über das jeweilige KI-Bild, als es die Frage IV,14 mit ihren vorgegebenen Antwortkategorien vermocht hatte. Zwar hatten einige schon immer eine nüchterne Einstellung zur KI, aber viele haben an den ursprünglichen Vorstellungen Abstriche machen müssen, und zwar, wie mehrfach betont wurde, nicht zum eigenen Schaden und nicht zum Schaden der Sache. Das ursprünglich mehr theoretische Interesse sei dem Interesse an sinnvollen Einsätzen und Problemlösungen gewichen, wo, wie

ein Interviewpartner sagte, die "reine KI" keine Rolle mehr spiele. Das sei befriedigender.

Welches Bild sich die Befragten von der KI gegenwärtig machen und wie die Zukunft aussieht, war in den Antworten zum Teil entsprechend individuell geprägt. Die Situationsdeutung reicht von der nüchternen Einschätzung, daß letztlich alles in die herkömmliche EDV einmünde, bis zu dem Bekenntnis eines Befragten, daß er immer noch an die Simulation menschlicher Intelligenz und an künstliche Wesen glaube. Zur Charakterisierung von KI bzw. Expertensystemen und zur weiteren Entwicklung gab es noch folgende Anmerkungen: Zentral sei immer die Trennung von deklarativem und prozeduralem Wissen. Die Zukunft werde durch eine neue Generation von Anwendern geprägt, die mit dem PC aufgewachsen sind und entsprechende Programmierkenntnisse und -erfahrungen einbringen. Erneut wurde auf die große Komplexität der Aufgaben hingewiesen, auf die man sich mit der KI einlasse, und daß man zukünftig höhere KI-Sprachen entwickeln müsse, in denen schon erreichte Lösungen und Erfahrungen als Pakete abgelegt sind.

Frage IV,18: Kann die KI die Erwartungen an eine automatisierte Wissensverarbeitung einlösen?

Der Tenor war nein. Meistens waren damit die überzogenen Erwartungen in der KI-Diskussion gemeint, die von einigen Interviewpartnern sogar kategorisch abgelehnt wurden. Andere wollten die Erwartungen nur auf ein vernünftiges Maß eingeschränkt sehen. Es gab aber auch Stimmen, die die Einlösung der Erwartungen bejahten, nicht bisher und nicht "morgen", aber irgendwann im Laufe einer evolutionären Entwicklung. Auch hier wurde wieder angemerkt, daß es sich nicht um eine volle Automatisierung handle, sondern um Entscheidungsunterstützung.

Frage IV,19: Gibt es wichtige, bisher ungelöste Forschungsaufgaben, die für Projekte der beschriebenen Art wichtig wären?

Es gab sehr viele verschiedene Nennungen, die hier zunächst unkommentiert zitiert seien (Reihenfolge ohne Bedeutung!): Raum-Zeit-Modellierung; Assoziationsfähigkeit; Lernen; automatisierte Wissensakquisition; Textverstehen und -verarbeitung; natürlichsprachliche Systeme (mehrfache Nennung); Bildverarbeitung (mehrfach); Tiefenmodellierung (mehrfach); modellbasierte Diagnose; Darstellung von Komponentenstrukturen, von Regelkreisen und des Zusammenspiels von Mechanik und Elektronik; Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Wissensformulierung und Stand der Softwaretechnologie; Integration unterschiedlicher Techniken, z.B. symbolische und subsymbolische Ansätze, wie neuronale

Netze und genetische Algorithmen; ein handhabbares Tools-Maintenance-System (mit dem Zusatz, daß dies wohl nicht erreichbar sei); Verfeinerung der Methodik, insbesondere der Wissensakquisition und der Kommunikationstechnik; Erforschung und Erprobung von Organisationsformen der Datenbanktechniken, damit man mit mehreren Leuten daran arbeiten kann; Strukturierung der Planungsmethodiken bzgl. der KI und der Expertensysteme.

Diese Vielfalt spontaner Nennungen ist auffallend und bezeichnend. Es wurden nicht nur bekannte, in der Literatur nachzulesende Forschungsaufgaben genannt, sondern auch eigene, aus der jeweiligen Entwicklungs- und Anwendungspraxis heraus extrapolierte Ideen und Perspektiven. Bezeichnend ist auch der weite Spannungsbogen der Nennungen, der von der technik- und anwendungsnahe Fragestellung bis zur relativierenden Reflexion des Zusammenhangs zwischen Wissensformulierung und dem historischen Stand der Softwaretechnik reicht. Dieses vitale Interesse an Weiterentwicklung und Verbesserung kennzeichnet das noch wenig routinisierte Tätigkeitsfeld mit hohem Innovationspotential, von dem wichtige Impulse für die KI und die Informatik ausgehen können. Wie schon erwähnt, gab es viele Interviewpartner, die an der allgemeinen KI-Diskussion aktiv partizipieren, so daß z.B. einer der Befragten bei der Frage nach Forschungsaufgaben lapidar auf seine Veröffentlichungen verweisen konnte.

#### 4.4.4 Zusammenfassende Urteile zur Expertensystemtechnik

Frage IV,20: Welches sind die wesentlichen Vor- und Nachteile der Expertensystemtechnik?

An Vorteilen wurden genannt: eine neue Qualität der Expertise-Modellierung; effiziente Methode der Software-Entwicklung; Darstellung von Problemwissen; Modellierung vagen Wissens; Trennung von deklarativem und prozeduralem Wissen; Lösung bestimmter Probleme anhand der Formalisierung durch symbolverarbeitende Prozesse (wobei als Nachteil der Expertensystemtechnik gleich hinzugefügt wurde: die Versuchung, das auch dort zu machen, wo eine Formalisierung nicht angemessen ist); leichtere Zugänglichkeit der Werkzeuge im Vergleich zu den Programmiersprachen; die Bearbeitung neuer komplexer Probleme; das Prototyping und die schnelle Erstellung von Systemen.

Nachteile: Übertriebene Erwartungen und Enttäuschungen (mehrfache Nennung); die noch zu geringe Standardisierung, woraus ein zu hoher Aufwand folgt (mehrfach); extreme Akzeptanz- und Mentalitätsabhängigkeit; zu geringe Kapa-

azität der vorhandenen Hardware; die Notwendigkeit großer Programmiererfahrung, die von den gängigen Tools nicht ersetzt werden kann; die geringe Zugänglichkeit schon erarbeiteter Lösungen und Erfahrungen und die daraus resultierende Doppelarbeit. (Reihenfolge immer ohne Bedeutung!)

Frage IV,21: Werden in der Regel alle Ziele, die man sich bei den Projekten gesetzt hat, erreicht? Wenn nicht: Woran liegt das? Kann man diese Ziele überhaupt in absehbarer Zeit erreichen?

Die erste Frage wurde entweder verneint oder dahingehend beantwortet, daß man die Ziele von vornherein auf ein realisierbares Maß zurückgeschraubt habe. Als Gründe für die Nichterreicherung von Zielen wurden genannt: erlahmende Bereitschaft der Kunden, den notwendigen Aufwand zu investieren (mehrfach); Akzeptanzprobleme; zu hoch gesteckte Ziele (mehrfach; einmal mit dem Zusatz, daß dies nicht KI-spezifisch sei).

(Reihenfolge ohne Bedeutung!).

Die letzte der zwei Teilfragen wurde nicht beantwortet.

Frage IV,22: Werden gelegentlich auch Projektergebnisse erzielt, die man ursprünglich nicht ausdrücklich angestrebt hat? Wenn ja: Welche?

Hier gab es wieder eine große Zahl von Nennungen: Bessere Durchdringung und Strukturierung der Organisation bei dem Kunden, Identifikation von Schwachstellen (mehrfache Nennung); Qualifikationsfortschritte bei den Mitarbeitern; wiederverwendbare Software für die Entwicklerfirma (mehrfache Nennung); Institutionalisierung einer Expertengruppe bei dem Kunden, d.h.: das Expertensystem als Medium (mehrfach); Lernen des Kunden am Prototyp und dadurch verbesserte Spezifikationen; die automatische Generierung aktualisierter Handbücher bei Diagnosesystemen. Ein Befragter erwähnte als ursprünglich nicht ausdrücklich angestrebtes Ergebnis den Vorfall, daß ein Wissensingenieur seiner Firma in den Vertrieb des Kunden überwechselte.

Frage IV,23: Hat es Fälle gegeben, in denen der Nutzeffekt des Systems bewertet wurde? Wenn ja: Mit welchem Ergebnis?

Generell wurde festgestellt, daß solche Bewertungen in der Regel nicht stattfinden. Als Gründe wurden genannt bzw. vermutet: Der Nutzen sei quantitativ kaum, qualitativ nur schwer abzuschätzen (mehrfache Nennung); die Kunden halten sich damit zurück, um das System vor Kritik von Gewerkschaften und Betriebsrat abzuschirmen, z.B. bezüglich fiktiver Stelleneinsparungen; auch im kon-

ventionellen Bereich seien Nutzenbewertungen nicht üblich, das sei einfach nicht im Bewußtsein. (Reihenfolge ohne Bedeutung).

In drei Fällen wurde von einer Bewertung berichtet. Einmal wurde ein Paralleltest zwischen den Systementwicklern mit ihrem Expertensystem und der Expertengruppe des Kunden durchgeführt, mit dem Ergebnis, daß das System fast genauso gut, z.T. sogar besser war. In einem anderen Fall nahm die Entwicklerfirma eigene Bewertungen ohne Unterstützung des Kunden auf der Grundlage plausibler Daten vor. Das Ergebnis wies niedrige, akzeptable Amortisationszeiten aus. Der dritte Fall ergab sehr positive Ergebnisse bezüglich der Zeitersparnis und entsprechender Kosteneinsparungen. Dieser Fall ist öffentlich mehrfach dokumentiert, z.B. in der Zeitschrift KI, in den VDI-Nachrichten und auf Kongressen. Dieses öffentliche Interesse stützt die eingangs zitierte These, daß solche Bewertungen selten durchgeführt werden.

## 5. Diskussion der Interviewergebnisse

### 5.1 Was ist angewandte KI?

Die erste zu fällende Entscheidung bei der Durchführung der Befragung war, nach welchen Kriterien man eine wie auch immer geartete KI-Praxis von der herkömmlichen EDV-Praxis abzugrenzen hat, wenn es nicht einmal eindeutige Kriterien dafür gibt, was KI oder auch nur Expertensysteme eigentlich sind. Hier wurde nach dem einfachen Kriterium vorgegangen, daß jede Firma in Frage kam, die sich selbst als Hersteller von KI-Produkten bzw. von Expertensystemen bezeichnet. Erst die Ergebnisse der Befragung sollten dann erlauben lassen, ob das so ausgewählte Sample tatsächlich eine sinnvolle Abgrenzung von der herkömmlichen EDV gestattet und Gemeinsamkeiten erkennen läßt, die als KI-charakteristisch interpretiert werden können.

Das bekannte Bild der KI ist weitgehend das der akademischen Szene, da es eine Anwendungspraxis der KI noch nicht so lange gibt und sie bisher nicht so viel von sich reden macht. Die kommerzielle Herstellung von KI-Produkten unterscheidet sich von der akademischen Forschungspraxis zumindest in dem einen Merkmal, daß sie unter dem Anspruch steht, einer Kundschaft termingerecht Produkte zu verkaufen, die diese letztlich nach den Kriterien der Funktionstüchtigkeit und Zuverlässigkeit bewerten muß. Natürlich kann es auch nicht-sachliche Motive für die Vergabe von KI-Aufträgen geben, wie Neugier, Prestige usw., bei denen die genannten Kriterien möglicherweise weniger ins Gewicht fallen. Die entspre-

chenden Fragen an die Expertensystementwickler nach den Motiven ihrer Kunden (Abschnitt 4.1) erbrachte die übereinstimmende Auskunft, daß solche sachfremden Motive in der ersten Phase, auf dem Höhepunkt der Expertensystemeuphorie, manchmal eine Rolle gespielt hätten, später aber nicht mehr. Gegen den Verdacht, daß dies Schönfärberei sei, spricht die Beobachtung, daß die befragten KI-Firmen oft in langjähriger Geschäftsbeziehung mit ihren Kunden stehen, daß offenbar also ernsthaftere Interessen auf seiten der Auftraggeber vorhanden sind.

Man kann also davon ausgehen, daß die befragten Firmen bei der Durchführung von KI-Projekten die Kriterien der Funktionstüchtigkeit und Zuverlässigkeit des Endprodukts nicht ganz außer acht lassen können. Sonst wären sie nicht seit mehreren Jahren im Geschäft. Das gilt auch, wenn seit Firmengründung noch kein Projekt abgeschlossen ist, da die Projektabwicklung sich stark in Interaktion mit der auftraggebenden Firma vollzieht (Planung, Prototyping, Wissensakquisition in Kooperation mit den zur Firma gehörenden Experten u.a.) und dementsprechend denselben Kriterien unterliegt. Vergleicht man diese Kontextbedingungen der Systementwicklung mit der akademischen Forschungspraxis, der die Erstellung anwendungsfähiger Produkte weitgehend fremd ist (Schank 1991), so wird deutlich, daß die KI bei der kommerziellen Systementwicklung in einem ganz anderen Milieu betrieben wird und daß dieses andersartige Milieu sich mit jenem spekulativen Moment der bisherigen KI schlecht verträgt. Die Frage ist, was von der akademischen KI diesen Milieuwechsel überlebt. Kann man überhaupt noch von KI sprechen oder handelt es sich um herkömmliche EDV, die sich nur unter einem falschen Etikett verkauft?

Die Interview-Ergebnisse scheinen zunächst den in der letzten Frage ausgesprochenen Verdacht zu bestätigen. Weder im Selbstverständnis der kommerziellen Expertensystementwickler (Abschn.4.4.3) noch aus der Sicht ihrer Kunden (Abschn.4.1) findet eine Identifikation mit der akademischen KI statt, und es gelingt nicht ohne weiteres, entscheidende Merkmale der KI wiederzufinden. Dazu zunächst ein kurzes Resümee einiger Interviewergebnisse:

- (1) Die akademische KI-Diskussion wird von den kommerziellen Expertensystem-Entwicklern zwar i.a. verfolgt, die gängigen KI-Vorstellungen spielen aber keine entscheidende Rolle mehr. Je nach Situation werden sie verwendet oder auch fallengelassen (u.a. 4.2.1 und 4.4.1). Manche werden auch von vornherein abgelehnt, ganz entschieden vor allem die alten KI-Visio-nen. Die Simulation von Intelligenz etwa ist überhaupt kein Thema (4.4.3). Aber auch neuere Konzepte erfahren unter dem Diktat der kommerziellen

Praxis rapide Veränderungen. Der regelbasierte Ansatz zur Wissensdarstellung wird zunehmend zugunsten modellbasierter Ansätze aufgegeben (4.2.1, 4.4.1). Die aus akademischer Sicht unverzichtbare Erklärungskomponente von Expertensystemen wird häufig weggelassen (4.2.2). Die diffizile Methodendiskussion zur Wissensakquisition wird zwar verfolgt, aber entweder begnügt man sich mit vereinfachten Versionen der Methoden oder es werden eigene innovative Konzepte entwickelt, die aus der Praxiserfahrung heraus entstehen.

- (2) Auch aus der Sicht der Kunden der befragten Softwarehäuser findet keine eindeutige Identifikation mit KI statt. Das Motiv für die Auftragsvergabe ist in der Regel ein konkretes Problem, zu dem sich die betreffende Firma aufgrund von Messebesuchen oder aufgrund von direkten Kontakten mit dem Softwarehaus eine Lösung verspricht. Anders als noch in den 80er Jahren wird dabei heute kaum auf KI Bezug genommen (4.1).
- (3) Generell ergeben die Aufgabenstellungen, die Ansätze und die Methoden kein einheitliches Bild, aus dem sich ein Bestandskern mit KI-Charakter erkennen ließe. Im Gegenteil, das Fehlen ausgeprägter Standards ist, bisher zumindest, ein auffallendes Merkmal dieses Tätigkeitfeldes. Sowohl die Aufgaben, wie auch die Methoden und Konzepte variieren von Firma zu Firma und manchmal auch innerhalb derselben Firma von Projekt zu Projekt. Was immer die Hard- und Software-Entwicklung an Neuigkeiten bietet, wird je nach Erfordernis aufgegriffen oder auch wieder fallengelassen. Natürlich besteht in den meisten Firmen ein starkes Interesse, die damit verbundenen Belastungen durch Routinisierungen und Standardisierungen, vor allem aber durch eine Verstetigung der Aufträge abzufangen (dazu unten Abschnitt 5.4). Man muß also feststellen, daß auch die Verwendung von KI-Methoden, KI-Programmiersprachen und KI-Instrumenten nicht das identitätsstiftende Moment dieses Tätigkeitsbereichs ist, obwohl manche der Befragten das so sehen. (Vgl. dazu u.a. Frage IV,14). Denn auch diese werden fallengelassen, wenn das den Umständen entsprechend gerade günstiger erscheint. So verlieren z.B. standardisierte "Shells" und "Tools" zunehmend an Bedeutung und sogar die KI-typischen Programmiersprachen wie Prolog oder LISP wurden in den Interviews gelegentlich in Frage gestellt.

Worin der KI-Charakter der kommerziellen Expertensystem-Entwicklung liegt, ist anhand dieser Beobachtungen nicht so leicht auszumachen. Andererseits besteht aber doch, auch im Selbstverständnis der Befragten, eine Differenz zur her-

kömmlichen EDV. Das zeigt sich natürlich schon in der Firmenbezeichnung, aber auch in der immer wieder zum Ausdruck kommenden Distanz zu den traditionellen EDV-Abteilungen in den Kundenfirmen sowie in den Interviewäußerungen zu den Fragen über KI.

Das besondere Kennzeichen des Tätigkeitsbereichs ist die Übernahme von Aufträgen, die von der herkömmlichen EDV nicht bewältigt bzw. von vornherein abgelehnt werden (4.1., insbesondere Fragen 1 und 3). Das ist verbunden mit einer großen Flexibilität in der situationsspezifischen Verwendung von Ansätzen, Methoden und Instrumenten und einer damit einhergehenden vergleichsweise geringen Standardisierung. Hier wird man denn auch das identitätsstiftende Moment zu suchen haben, das sich als Erbe der (spekulativen) KI in die Praxis hinübergerettet hat:

"Künstliche Intelligenz" in der Anwendung ist durch die explizite Bereitschaft ihrer Promotoren charakterisiert, sich auf Aufgaben einzulassen, die mit programmiertechnischen Mitteln herkömmlich nicht bearbeitet werden. Dabei sind hohe Flexibilität und eine relativ geringe Standardisierung naheliegende Begleiterscheinungen.

Die Parallelen zur akademischen KI liegen auf der Hand. So wie diese, unseren Thesen gemäß (siehe Abschn. 1 und 2), nicht den Status einer wissenschaftlichen Disziplin einnimmt und sich durch die damit gewonnene Freiheit von der Informatik abgrenzt, so verläßt auch die angewandte KI das durch Standards und Normen abgesteckte Terrain des Software Engineering und erobert sich dadurch eine Marktlücke neben der herkömmlichen EDV. Stärker noch als die akademische KI wird sich aber die von uns befragte kommerzielle KI davor hüten, irgendeinen Verdacht des Spekulativen aufkommen zu lassen. Wie bereits erwähnt, muß sie sogar Vorkehrungen treffen, trotz der Umgehung von Standards und Normen eine ausreichende Funktionstüchtigkeit und Zuverlässigkeit ihrer Produkte zu garantieren.

## 5.2 Wie ist eine solche angewandte KI möglich?

In der Literatur wird präzisiert, wo der entscheidende Unterschied in der Aufgabenstellung liegt. Partridge (1989) charakterisiert typische KI-Aufgaben als solche, die sich aufgrund ihrer Komplexität nicht vollständig spezifizieren lassen. Das entspricht der bekannten Kennzeichnung solcher Aufgaben als "vage", "ill defined" usw. Nicht vollständig spezifizierbare Aufträge lassen sich aber im her-

kömmlichen Verständnis nicht programmiertechnisch bearbeiten, da jedes Programm (jeder Algorithmus) eine Spezifikation darstellt, und daher den Auftrag verfehlt, wenn diese Spezifikation ihm nicht vollständig entspricht.

Die KI hat diese rigorose Sichtweise verlassen und argumentiert damit, daß auch Näherungslösungen ausreichen können. Die Plausibilität dieses Arguments bezieht sie wieder aus der Intelligenzmetapher. Der Mensch als begrenztes Wesen ist auf Grund seiner Intelligenz in der Lage, Komplexität zu bewältigen, ohne die Komplexität realer Situationen voll einzuholen. Adäquate Approximation von Komplexität ist in dieser Sicht also kein Hirngespinnst sondern milliardenfach praktizierte Realität (Partridge a.a.O.). Allerdings verlangt Partridge aufwendige Vorkehrungen, um die damit einhergehenden Ungenauigkeiten zu kontrollieren. Das "Software Engineering der Zukunft" wird von ihm als hochkomplizierter iterativer Prozeß der Entwicklung von algorithmischen Näherungslösungen entworfen, der erst abgebrochen werden darf, wenn die Beobachtung des Systemverhaltens eine ausreichende Adäquanz der Näherungslösung garantiert (a.a.O.).

Nun können wir nicht behaupten, daß die Vorgehensweise von Partridge mit derjenigen der von uns befragten Entwickler identisch ist. Schon daß die von diesen Firmen bearbeiteten Aufträge nicht vollständig spezifizierbar waren, wurde auf entsprechende Fragen in den Interviews eher verneint (wobei das allerdings wiederum eine Schutzbehauptung gegen den Verdacht unseriöser Geschäfte sein könnte). Da wir, wie gesagt, keinen objektiven Einblick in die Produkte und ihre Entstehung hatten, können wir vorläufig nur von einer These ausgehen, in die sich die Beobachtungen allerdings nahtlos einfügen. Die These besagt, daß die von der KI freigegebene Methode der nur approximativen Problemlösung einen Freiraum neben der herkömmlichen EDV geschaffen hat, der von der angewandten KI zur Offerte unkonventioneller Problemlösungen genutzt wird. Auf den Einwand, daß die diesbezügliche Enthaltbarkeit der herkömmlichen EDV möglicherweise nur eine Fiktion ist, werden wir nachher zu sprechen kommen (Abschnitt 5.3).

Die These wird vor allem durch die bekannte und immer wieder genannte Legitimationsformel gestützt, mit der die befragten Expertensystementwickler den ihnen durchaus bekannten Einwänden gegen diese Technologie (Abschn. 2.1) begegneten, nämlich, daß es bei der Expertensystemtechnik nicht um eine Ersetzung der Experten geht, sondern nur um eine Unterstützung. Damit bleibt der von einer nur approximativen Problemlösung nicht erreichbare Rest in der Verantwortung der Experten und belastet nicht das Gewissen der Entwickler und Anwender. So ist es denn auch eine naheliegende Versuchung, Vorwürfe gegen etwaige

Systemfehler auf die Benutzer abzuschieben, wie es von einigen Befragten getan wurde. Allerdings hat das natürlich seine Grenzen, und die Branche entkommt nicht der Notwendigkeit, darauf zu achten, daß trotz der Approximativität ihrer Lösungen ein hinreichendes Maß an Funktionstüchtigkeit und Zuverlässigkeit ihrer Systeme gewährleistet ist. Wir kommen unten in Abschnitt 5.3 darauf zurück.

Ein approximativer Lösungsansatz eröffnet ein großes Spektrum an möglichen Vorgehensweisen, wie wir bereits in unserem kleinen Sample beobachten konnten. Eine große Rolle spielen dabei die von der KI bereitgestellten Ansätze, Programmiersprachen und Tools, aber sie sind entgegen der Selbsteinschätzung vieler unserer Interviewpartner, die hierin ihre Identifikation mit der KI sahen, nicht das ausschlaggebende Charakteristikum. Dagegen spricht, wie bereits erwähnt, die große Variation ihrer Verwendung wie auch ihrer Nichtverwendung.

Auch die in Abschnitt 2.2 skizzierten Strategien zur Lösung oder Umgehung der Grundsatz-Probleme der Wissensrepräsentation werden freizügig angewandt. Zunehmendes Interesse finden z.B. konnektionistische Ansätze. Eine wichtige Rolle spielt die Einschränkung von Wissensdomänen (vgl. dazu kritisch Malsch 1991), wobei allerdings eine zunehmende Komplexitätsbewältigung durch Anschlußprojekte in derselben Kundenbranche oder gar bei demselben Großkunden möglich erscheint (s.u. Abschnitt 5.4). Auch der Gegensatz zwischen repräsentationistischen und konstruktivistischen Ansätzen verhindert nicht, beide Richtungen pragmatisch je nach Bedarf in Anwendung zu bringen. Dennoch gibt es in dieser Hinsicht tiefergehende Unterschiede zwischen den Firmen, die auf ein unterschiedliches Problemverständnis schließen lassen.

### **5.3 Ist in der angewandten KI die "Super Software Crisis" vorprogrammiert?**

Seit den siebziger Jahren gibt es in allen Industrieländern eine breite Diskussion über Technikfolgen. Der Hintergrund ist eine Veränderung der allgemeinen Einstellung gegenüber der technischen Entwicklung. Stärkere Skepsis in Bezug auf den technischen Fortschritt und engagierte Opposition innerhalb der Bevölkerung gegen technische Großprojekte haben die Technikgläubigkeit der Nachkriegszeit abgelöst. Im Bereich der wissenschaftlichen Politikberatung hat die seit zwanzig Jahren andauernde Debatte über "Technikfolgen-Abschätzung" zu einem sehr differenzierten Problembewußtsein geführt (Petermann 1992).

Von der allgemeinen Skepsis ist die sogenannte Softwaregestaltung nicht ausgenommen, obwohl gerade die Entwicklung des Computers die große "Erfolgsstory" der siebziger und achtziger Jahre geworden ist. Sie weist Aspekte auf, die noch zwanzig Jahre vorher die allgemeine und uneingeschränkte Begeisterung über den technischen Fortschritt hervorgerufen hätten: das rasante Innovationstempo der Hardware und die Perspektive schier unerschöpflicher Anwendungsmöglichkeiten. Es entspricht jedoch dem heutigen Problembewußtsein, daß sich einer solchen Euphorie warnende Stimmen entgegenstellen. Der Blick, zumindest der der Technikfolgen-Forscher, ist für die Risiken und potentiellen Schadensfolgen geschärft. Und es ist zunehmend der Bereich der Software, der ins Blickfeld gerät, nicht zuletzt bei kritischen Informatikern und Programmierern, worüber wir bereits in vorangegangenen Abschnitten wiederholt gesprochen haben (Abschnitte 2.1 und 2.2, speziell 2.1.2).

(Weitere Literatur siehe z.B.: Reese et al. 1979; Hoare 1981; Winograd, Flores 1986; v.Alemann, Schatz 1986; Enfield 1987; Coy, Bonsiepen 1989; Steinmüller 1989; Schaaf 1989; Schröder et al. 1989; Brunnstein 1990; Forester, Morrison 1990; Denning 1990; Booss-Bavnbeck, Pate 1992).

Von den vielen kritischen Beiträgen (die eben genannte Liste ist keineswegs vollständig) sei hier nur auf zwei Aufsätze näher eingegangen, um wenigstens einen Eindruck zu vermitteln, was sich mit dem Begriff der Software-Krise verbindet.

Booss-Bavnbeck und Pate (1992) beobachten eine neue Irrationalität im Umgang mit mathematischen Modellen. Es existiere zwar eine lange Tradition der Mathematisierung, etwa in der Baustatik, Feinmechanik, Kartographie, im Bank- und Versicherungswesen, immer nach dem Erfolgskriterium einer Erweiterung des Erfahrungs- und Handlungsraums mit Hilfe des mathematischen Formalismus. Aber erst der Computer habe die Mathematik zu einer im großen Stil anwendbaren Wissenschaft gemacht. Die zielgerichtete Entwicklung und Anwendung mathematischer Ideen und Methoden für die Lösung von praktischen, wissenschaftlichen und technischen Problemen geschehe heute erheblich schneller, vielfältiger, folgenreicher und unüberschaubarer. Einzelprobleme würden so schnell, so punktuell, aber doch so effektiv gelöst, daß das Nachdenken über die Voraussetzungen und Folgen, über die Übertragbarkeit auf andere Probleme nicht Schritt halten könne. Es entstehe eine neue Irrationalität: Gewaltig gesteigerte Relevanz mächtiger computergestützter Modelle bei gleichzeitiger Abstraktion, Künstlichkeit, übertriebener Komplexität, mangelnder Überprüfbarkeit und sozialer Beherrsch-

barkeit. Die Folge sei Mißtrauen in die Zuverlässigkeit bei gleichzeitiger Abhängigkeit. Die Autoren verweisen darauf, daß es heute noch Banken gibt, die im Bewußtsein dieser Situation an einer täglichen dreifachen manuellen Überprüfung aller Buchungen festhalten.

Diese Entwicklung sei von auffallenden Erscheinungen begleitet. Herrschaft ausübende Systeme sind leichter zu gestalten als solche, die sich den Benutzern als deren handhabbares Werkzeug darstellen. Verzögerungen, Zusammenbrüche, vielfache Überschreitungen von Kostenrahmen, Peinigung und Vergeudung menschlicher Arbeitskraft bei der Systempflege, spontane und theorielose Gestaltung undurchschaubarer Systeme: Das seien die Begleiterscheinungen einer Tätigkeit, bei der Genialität mehr zähle als die Orientierung an den Maximen eines lehrbaren Handwerks.

Die Autoren Forester und Morrison haben in ihrem Aufsatz von 1990 Informationen über die Risiken und über eine große Zahl von Schadensereignissen gesammelt, die bis Ende der achtziger Jahre im angelsächsischen Raum einschließlich Australiens aufgrund von unzuverlässiger Software eingetreten sind. Eine Reihe weiterer Beispiele demonstrieren die besondere Verletzlichkeit der modernen Industriegesellschaft durch menschliches Fehlverhalten und Sabotage, wenn sie in ihren lebenswichtigen Funktionen zunehmend vom Computer abhängig wird.

Ferner werden in dem Aufsatz beeindruckende Zahlen über den krisenhaften Zustand der Softwareerstellung genannt, wonach Fehler bei der Entwicklung und Nutzung von Computersystemen nicht nur ein alltägliches Vorkommnis, sondern eher sogar die Regel sind. Einer amerikanischen Erhebung entsprechend sind 75% aller begonnenen Systementwicklungen entweder niemals vollendet oder trotz Fertigstellung nicht verwendet worden. Anderen in dem Aufsatz genannten Autoren zufolge gehen 70% aller Softwareprojekte in die Überarbeitung, nachdem das System "verifiziert" und in die Anwendung entlassen worden ist.

In diesem Aufsatz findet man auch jene Zahlen in ihrer tatsächlichen Bedeutung wieder, die in der Literatur, das soll nicht verschwiegen werden, zur "Veranschaulichung" der Software-Krise irreführend und zum Teil falsch kolportiert werden: Eine Studie des US-regierungsamtlichen General Accounting Office (GAO) (entspricht unserem Bundesrechnungshof) von 1979 zeigt folgende Aufschlüsselung von neun Software-Projekten im Gesamtwert von 6.8 Millionen Dollar: Systeme für 3.2 Millionen Dollar wurden abgeliefert, aber nicht benutzt; Systeme für 2 Millionen Dollar waren zwar bezahlt aber nicht geliefert worden; Projekte im

Wert von 1.3 Millionen Dollar waren entweder aufgegeben worden oder gingen in die Überarbeitung; Software für 200.000 Dollar wurde nach wesentlichen Änderungen benutzt; nur ein einziges Projekt im Wert von 100.000 Dollar wurde so benutzt, wie der Entwickler es abgeliefert hatte. So beeindruckend diese Zahlen sind, ist es doch nicht zu vertreten, wenn in anderen Veröffentlichungen diese Zahlen mit 47%, 29%, 19%, 3% und 2% "aller Softwareentwicklungen" angegeben werden.

Nun mag man darüber seine Zweifel haben, was die Warnungen und kritischen Einwände bewirken sollen angesichts eines massiven Interesses nationaler und regionaler Volkswirtschaften an der wirtschaftlichen Ausnutzung des Computers und an der Eroberung von Marktanteilen im Weltmaßstab. (Konkret geht es z.B. um die Aufteilung von Weltmärkten zwischen Japan, USA und Europa, vgl. etwa BMFT/BMWi 1989). Wie auch immer man die Chancen vernünftigerer Entwicklungen einschätzt, gibt es immerhin unter den Informatikern und Systementwicklern selbst Bewegungen, die sich eine Eindämmung der Software-Krise zum Ziel setzen, allerdings mit unterschiedlichen Ansätzen (vgl. oben die Einleitung). Sofern von dieser Seite erfolgreiche Strategien angeboten werden, gibt es gewisse Chancen der Verbesserung, da die Software-Krise den wirtschaftlichen Interessen ja nicht gerade förderlich ist.

Das herkömmliche Software Engineering versucht, der Software-Krise durch Normierung und Standardisierung gegenzusteuern (z.B Willmer, Balzert 1984). Die skizzierten Untersuchungsergebnisse deuten an, daß beim Transfer von KI in die Praxis eher das Gegenteil der Fall ist, und bestätigen damit die Befürchtungen. Allerdings gab es in der Untersuchung auch Beobachtungen, die Anlaß zu einer differenzierteren Sichtweise geben.

Das oben zitierte "Software Engineering der Zukunft" von Partridge ist möglicherweise eine ehrlichere Auseinandersetzung mit der Komplexität einer Aufgabenstellung als das herkömmliche Software Engineering. Die vollständige Spezifizierbarkeit ist bei vielen Aufgaben, für die in herkömmlicher Weise Programme entwickelt werden, eine Fiktion. Sie wird möglich durch (vielleicht unbewußte) Ausblendung von Kontexten, durch verengte Sichtweisen usw. Daran ändern Normierungen und Standards nichts, denn diese können die Komplexität des Einzelfalls nicht antizipieren.

Überlegungen in diese Richtung werden durch die Untersuchung nahegelegt. Es gibt kommerzielle Entwickler von Expertensystemen, die sich der Komplexität

der jeweiligen Aufgabe zu stellen versuchen. Die Flexibilität und geringe Standardisierung ist auch eine Folge der intensiven Auseinandersetzung mit dem Einzelfall. Besonders deutlich wird dies im Zusammenhang mit der Wissensakquisition, bei der durch die akademische Diskussion ein relativ hohes Problembewußtsein vorbereitet ist und aufgrund der Praxiserfahrungen weiterentwickelt wird. Hier stößt die von der KI inspirierte Systementwicklung in Dimensionen vor (allerdings keineswegs immer), die manche herkömmlichen ingenieurmäßigen Vorgehensweisen an Reflektiertheit weit hinter sich lassen.

Es kann sein (aber auch nicht!), daß wir hier tatsächlich einmal den immer beschworenen Markt als Korrektiv erleben, der dem spekulativen Element der KI Einhalt gebietet und die angewandte KI in vernünftigeren Bahnen zwingt. Die Frage ist allerdings, ob eine solche KI am Markt überleben könnte.

#### **5.4 Welche Chancen hat die angewandte KI am Markt?**

Die großen Erfolge der Expertensystemtechnik am Markt sind ausgeblieben. Die Ergebnisse der Befragung lassen als mögliche Ursache dafür erkennen, daß diese Technologie für die Massenproduktion nicht geeignet ist. Ihre Lücke am Markt hat sie oft dort gefunden, wo sie die herkömmliche Softwareentwicklung durch einen großen Anpassungsaufwand an die Komplexität des Einzelfalls überholen konnte. Es ist typisch, daß Shells und Tools an Bedeutung verlieren, deren Attraktivität in ihrer Perspektive für eine Massenproduktion lag (Schank 1991). Solche vorgefertigten Entwicklungswerkzeuge sind den typischen KI-Aufgaben offenbar nicht gewachsen, weil die vorweggenommene Komplexitätsreduktion sich im konkreten Anwendungsfall nicht bewährt.

Das stärkere Eingehen auf den spezifischen Anwendungsfall wurde auch schon vor der Expertensystemtechnik als ein sich andeutender Trend bei der herkömmlichen EDV beobachtet (Sorge 1985, S.95). Das bestätigt, daß hierfür unabhängig von dem Angebot der KI ein Bedarf besteht. Aber die angewandte KI mit ihrem erklärten Ziel, "ill defined problems" zu bearbeiten, dürfte genau hier ihre Marktchance haben, sofern es ihr gelingt, ausreichend funktionsfähige und zuverlässige Systeme zu entwickeln. Man kann also als These formulieren, daß das Marktpotential der KI in der Vertiefung (d.h. in der intensiven Auseinandersetzung mit der Komplexität des Einzelfalls) und nicht in der Abstraktion (d.h. in der Massenproduktion) liegt.

Allerdings ist damit nicht gesagt, daß diese Marktchance wahrgenommen werden kann. Mit dem Anspruch, sich auf die Komplexität des Einzelfalls einzulassen, verbinden sich ein erhöhtes Mißerfolgs-Risiko, lange Entwicklungszeiten sowie die Unmöglichkeit, die Produktion und den Absatz von KI-Produkten anhand von Standards zu verstetigen. Schank (1991) legt dar, daß die Erstellung eines praxistauglichen KI-Produkts nur zu einem geringen Teil das zum Inhalt hat, was man im akademischen Verständnis als KI bezeichnen würde. Der Hauptanteil der Arbeit wird durch herkömmliche Softwareentwicklung beansprucht, und zwar der am wenigsten attraktiven Art: Die Transformation einer vagen Aufgabenbeschreibung in schier endlose Fallunterscheidungen und das minutiöse Sammeln und Ordnen von fallspezifischem Material. Diese aufwendigen Arbeiten am Einzelfall versprechen kaum einen Gewinn an neuen und generalisierbaren Erkenntnissen. Sie finden daher im akademischen Betrieb wenig Interesse.

Aber auch die herkömmliche kommerzielle Softwareproduktion dürfte mit der Entwicklung von anwendungsfähiger KI-Software Schwierigkeiten haben. Kommerzielle Software-Häuser und die EDV-Abteilungen großer Firmen können solche schlecht kalkulierbaren Projekte nur schwer in ihren Betrieb integrieren. Wenn überhaupt, dann werden sie eher versuchsweise als Sonderaktivitäten eingerichtet, wobei dann ungewisse Erfolgchancen, das Fehlen von Routinen, die besondere Arbeitsbelastung bei der Entwicklung von KI-Software und die in house-Konkurrenz zu den alteingesessenen EDV-Abteilungen solche Sondereinrichtungen nicht gerade begünstigen. Wenn nun KI-Firmen oder KI-Abteilungen gegründet werden, die genau diese Tätigkeit zu ihrer Existenzgrundlage machen, so fragt sich, wie sie das durchhalten wollen. Dazu könnten folgende Beobachtungen bei unserer Befragung Hinweise geben.

Faßt man die genannten Schwierigkeiten zusammen, dann ist ihr gemeinsamer Nenner die besondere Belastung durch fehlende Routine. Es ist keine günstige Geschäftsgrundlage, bei jedem neuen Auftrag mit einem enormen Aufwand in eine jeweils neue Aufgabenstellung "einzutauchen". In den von uns befragten Firmen konnten wir zwei unterschiedliche Strategien der Verstetigung zumindest in Ansätzen beobachten. Die eine bestand darin, die in der Projektarbeit gewonnenen Erfahrungen vom Einzelfall zu abstrahieren und als Methode, "generisches Werkzeug", Tool, als Shell, Chip oder ähnliches zu vermarkten. Wie sich aus unserem bisherigen Argumentationsgang herauslesen läßt, neigen wir dazu, hier nicht das spezifische Marktpotential der KI zu sehen. Dennoch ist es nicht ausgeschlossen, daß es vereinzelt gelingt, einen "Markttrenner" zu entwickeln. Es ist

aber ein in der Literatur schon oft besprochenes Phänomen, daß solche Produkte dann nicht mehr der KI zugerechnet werden, wie z.B. der Schachcomputer.

Die andere von uns beobachtete Strategie der Verstetigung des Geschäftsgangs thematisiert einen überraschend neuen Aspekt der oben in Abschnitt 2.2.2 genannten Empfehlung an die Expertensystemtechnik, sich auf "kleine" Wissensdomänen zu beschränken. Die meisten der von uns untersuchten KI-Häuser verfolgen neben der zuerst genannten Strategie (oder auch ausschließlich) die Strategie, jeweils nur einen oder wenige Großkunden mit mehreren Projekten zu bedienen, jedenfalls aber Projekte möglichst nur innerhalb einer bestimmten Branche zu akquirieren. Neben anderen Vorteilen führt das zu einer Vereinheitlichung des jeweiligen Aufgabenspektrums und zu einem spezialisierten Domänenwissen. Dadurch können die Komplexitätserfahrungen des ersten Projekts in den Anschlußprojekten weiter ausgebaut werden. Die große Chance liegt hier in einer zunehmenden Kontextsensitivität der angebotenen Lösungen.

Ob auf diese Weise eine hinreichend funktionstüchtige und zuverlässige Software entsteht, wird man in stärker produktorientierten Untersuchungen sehen. In der vorliegenden Untersuchung verblüffte die Zufriedenheit und der Optimismus der Befragten, der mehr zu sein schien als Zweckoptimismus. Dies und die Auskunft, daß die Arbeitsbelastung nicht stärker sei als bei der herkömmlichen Software-Entwicklung, läßt vermuten, daß hier trotz aller Zweifel und Kritiken an der Machbarkeit von KI ein Modus gefunden worden ist, der offenbar vorhandenen Nachfrage nach kontextsensitiven Problemlösungen entgegenzukommen. Wenn sich hier tatsächlich ein Praxispotential von KI auftut, dann tritt die EDV in veränderter Gestalt auf, mit neuen Möglichkeiten der Anwendungsgestaltung, aber auch mit neuen Risiken.

## Literaturverzeichnis

v. ALEMANN, Ulrich; SCHATZ, Heribert:  
Mensch und Technik. Grundlagen und Perspektiven einer sozialverträglichen  
Technikgestaltung. Opladen: Westd. Verlag 1986

BACHMANN, Reinhardt; MALSCH, Thomas; ZIEGLER, Susanne:  
Erfolg und Mißerfolg von Expertensystem-Projekten in der Industrie. Zwischener-  
gebnisse eines empirischen Forschungsprojekts. Dortmund: IUK-Institut für sozi-  
alwissenschaftliche Technikforschung, Heft 15/92

BARTSCH-SPÖRL, Brigitte:  
Ansätze zur Behandlung von fallorientiertem Wissen in Expertensystemen. KI  
4/87, S. 32 -36

BARTSCH-SPÖRL, Brigitte:  
Veränderung von Expertenwissen, Exkurs 2. KI 2/90, S. 34 - 36

BECKER, Barbara:  
Veränderung von Expertenwissen, Exkurs 1. KI 2/90, S. 31 - 34

BELL, J. & R.J. HARDIMAN:  
The Third Role - the Naturalistic Knowledge Engineer. In: DIAPER, Dan (Hrsg.):  
Knowledge Elicitation Principles. Techniques and Applications. Chichester: Ellis  
Horwood, 1989, S. 32-54

BIBEL, Wolfgang; EISINGER, Norbert; SCHNEEBERGER, Josef; SIEKMANN,  
Jörg:  
Studien- und Forschungsführer Künstliche Intelligenz. Berlin usw.: Springer  
1987

BMFT (Hrsg.):  
Forschung und Entwicklung für die Informationstechnik 1993 - 1996. Förderkon-  
zept des BMFT im Rahmen des Zukunftskonzepts Informationstechnik der Bun-  
desregierung. Pressedokumentation 33/92. 23. Oktober 1992

BMFT/BMWi (Hrsg.):  
Zukunftskonzept Informationstechnik. Bonn August 1989

BONSIEPEN, Lena:  
Einige Argumente zur Verteidigung der KI, sie täte nichts zur Bekämpfung der  
Softwarekrise. FIFF-Kommunikation 1/1990

BONSIEPEN, Lena; COY, Wolfgang:  
Szenen einer Krise - Ist Knowledge Engineering eine Antwort auf die Dauerkrise  
des Software Engineering? KI 2/90 S. 5 - 11

BOOSS-BAVNBEK, Bernhelm; PATE, Glenn:  
Magischer Realismus und die Produktion von Komplexität. Zur Logik, Ethik und  
Ästhetik der computergestützten Modellierung. In: Coy, Wolfgang (Hrsg.): Sicht-  
weisen der Informatik. Braunschweig : Vieweg 1992, S. 229 - 248

BREUKER, Jost; WIELINGA, Bob:  
Models of Expertise in Knowledge Acquisition. In: G. Guida & C. Tasso(Eds.): Topics in Expert System Design. Amsterdam: North Holland, 1989, S. 265-295

BRUNNSTEIN, Klaus:  
Über den "Computer-GAU". In: v.Randow, Gero (Hrsg.): Das kritische Computerbuch. Dortmund: Grafit-Verlag 1990, S. 20 - 58

BULLINGER, Hans-Jürgen; KORNWACHS, Klaus (Hrsg.):  
Abschätzung möglicher Anwendungen und Auswirkungen von Expertensystemen im Produktionsbetrieb. Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung e.V., Stuttgart 1989

BULLINGER, Hans-Jürgen; KORNWACHS, Klaus (Hrsg.):  
Expertensysteme - Anwendungen und Auswirkungen im Produktionsbetrieb. München: C.H. Beck, 1990

CHRISTALLER, Thomas:  
Expertensysteme. Vortrag auf dem 2. Deutschen Wirtschaftskongreß. Köln, 1./2. März 1989

COY, Wolfgang:  
"Machine Intelligence and Industrial Work. An expectant misunderstanding." Invited Lecture auf der Konferenz ORAIS'89 in Hamburg 1989

COY, Wolfgang:  
Brauchen wir eine Theorie der Informatik? Informatik-Spektrum (1989)12, 256-266

COY, Wolfgang; BONSIEPEN, Lena:  
Erfahrung und Berechnung. Kritik der Expertensystemtechnik. Berlin usw.: Springer 1989

CREMERS, Armin B.:  
Wissensbasierte Softwaretechnik in Nordrhein-Westfalen. In: Brauer, W.; Freksa, C. (Hrsg.): Wissensbasierte Systeme. Proceedings des 3. Internationalen GI-Kongresses in München 1989. Berlin usw.: Springer 1989, S.252 - 258

DANIEL, Manfred; STRIEBEL, Dieter:  
Humanorientierte Gestaltung von Expertensystemen -Zukunftsszenarien und Gestaltungshinweise. Forschungsbericht, Karlsruhe Jan. 1989

DENNING, Peter J.:  
Modeling Reality. American Scientist 78(1990)Nov.-Dec., S. 495 - 498

DENNING,P.J., COMER,D.E., GRIES,D., Mulder, M.C., Tucker,A., Turner,A.J., Young,P.R.:  
Computing as a Discipline. Communications of the ACM 32(1989)1, 9-23

DEUTSCHER BUNDESTAG, Enquete-Kommission "Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen; Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung":  
Materialien zu Drucksache 10/6801, insbesondere Band II (u.a. Öffentliche Anhörung zum Thema "Menschliche Kreativität und Künstliche Intelligenz" [Protokoll]) sowie Band III: "Chancen und Risiken des Einsatzes von Expertensystemen

in Produktion, Verwaltung, Handwerk und Medizin". Bonn: Deutscher Bundestag März 1987

DEUTSCHER BUNDESTAG, Enquete-Kommission "Gestaltung der technischen Entwicklung; Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung": Chancen und Risiken des Einsatzes von Expertensystemen in Produktion und Medizin. Bonn: Bundestagsdrucksache Nr. 11/7990. 10.08.1990. (Inzwischen auch in der Reihe "Zur Sache" erschienen).

DREYFUS, Stuart E.:  
Expert Human Beings, Competent Systems, and Competent Neural Networks. In: Brauer W., Freksa, C. (Hrsg.): Wissensbasierte Systeme. 3. Internationaler GI-Kongreß München, Oktober 1989 Proceedings. Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokyo-Hong Kong: Springer 1989, S. 1-11

DREYFUS, Hubert L.; DREYFUS, Stuart E.:  
What Computers Can't Do: A Critique of Artificial Reason. New York : Harper & Row, 1972 (2.Auflage 1979)

DREYFUS, H.L., DREYFUS, S.E.:  
Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition. Reinbek:Rowohlt Taschenbuch 1987. Übers. von: Mind over Machine. New York: The Free Press 1986

ENFIELD, Ronald L.:  
The Limits of Software Reliability. Technology Review. April 1987, S. 36 - 43

FISCHER, Ralph:  
PC-Expertensysteme. München:Markt&Technik 1989

FLOYD, Christiane:  
Outline of a Paradigm Change in Software Engineering. In: Bjercknes, G.; Ehn, P.; Kyng, M. (Hrsg.): Computers and Democracy - A Scandinavian Challenge. Avebury : Aldershot 1987, S. 193 - 210

FORESTER, Tom; MORRISON, Perry:  
Computer Unreliability and Social Vulnerability. Futures (1990), 462-474

FOX, Mark S.:  
AI and Expert System Myths, Legends, and Facts. IEEE Expert 2/90, S. 8- 20

FREDERICHS, Günther; RADER, Michael:  
Kernforschungszentrum Karlsruhe, unveröffentlichter Bericht, Dezember 1991

GASSER, Les:  
Social Conceptions of Knowledge and Action: DAI Foundations and Open Systems Semantics. Artificial Intelligence 47 (1991) S. 107 - 138

GOEBEL, Jürgen W.; SCHELLER, Jürgen; SCHMALZ, Reinhard:  
Rechtsprobleme von Expertensystemen. Karlsruhe: Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH 1991, KfK 4954

GSF/MEDIS:  
Chancen und Risiken des Einsatzes von Expertensystemen in der Medizin. Bericht, München 1988

HILLENKAMP, Ulrich:

Expertensysteme. Gegenwärtiger Stand und Zukunftsperspektiven: Auswirkungen auf Beschäftigung, Arbeitsleben und Berufsqualifikationen von Facharbeitern und Sachbearbeitern. Genf: Internationales Arbeitsamt, Abteilung für die Fortbildung von Führungskräften, 1989

HOARE, Richard:

The Emperor's Old Clothes. Communications of the ACM 24(1981)2, S. 75 - 83

JANSEN, Ralph:

Wissensingenieure in der Krise. PC Magazin Nr. 7/90, S. 78- 81

KOENEMANN, Jürgen:

Auswirkungen von Expertensystemen. Ansätze einer Technologiefolgenabschätzung auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz. Hamburg: Fachbereich Informatik der Universität, Bericht Nr. 123, 1986

KORNWACHS, Klaus; BULLINGER, Hans-Jürgen:

Expert Systems. Present State and Future Trends: Impact on Employment and Skill Requirements(Two German Case Studies). Genf: Management Development Branch, International Labour Office. 1989

LASKE, Otto E.:

Ungelöste Probleme bei der Wissensakquisition. KI 4/89, S. 4-12

LENAT, Douglas B.; FEIGENBAUM, Edward A.:

On the Thresholds of Knowledge. Artificial Intelligence 47(1991) S. 185-250

LISCHKA, Christoph; DIEDERICH, Joachim:

Gegenstand und Methode der Kognitionswissenschaft. Der GMD-Spiegel 2/3 1987, S. 21 - 32

LUFT, Alfred Lothar:

Informatik als Technikwissenschaft. Mannheim: BI-Verlag 1988

LUTZ, Burkart; MOLDASCHL, Manfred:

Expertensysteme und industrielle Facharbeit. Ein Gutachten über denkbare qualifikatorische Auswirkungen von Expertensystemen in der fertigen Industrie, erstellt im Auftrag der Enquete-Kommission "Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" des Deutschen Bundestages. Frankfurt-New York: Campus, 1989

MALSCH, Thomas:

Die Informatisierung des betrieblichen Erfahrungswissens und der "Imperialismus der instrumentellen Vernunft". Kritische Bemerkungen zur neotayloristischen Instrumentalismuskritik und ein Interpretationsvorschlag aus arbeitssoziologischer Sicht. Zeitschrift für Soziologie 16(1987)2, S. 77 - 91

MALSCH, Thomas:

Expertensysteme in der Krise. Kinderkrankheiten oder frühzeitige Vergreisung? KI 5 (1991) 3, S. 70 -74

MARCHAND, Hubert:

Aus der Praxis der Wissensakquisition. KI 2/90, S. 61 -63

MUSEN, Mark:

Die Suche nach der Wissensebene. KI 2/90, S. 25 - 26

NEWELL, Allen, SIMON, Herbert:  
Human Problem Solving. New York 1972

NYGAARD, Kristen:  
Program Development as a Social Activity. In: H.J.Kugler(ed.): Information Processing 86. Elsevier North Holland 1986, S. 189-198

PARTRIDGE, Derek:  
KI und das Software Engineering der Zukunft. Hamburg: McGraw-Hill Book Company 1989. Aus dem Englischen: Artificial Intelligence. Applications in the Future Software Engineering. Ellis Horwood Limited 1986

PARTRIDGE, Derek:  
Will AI Lead to a Super Software Crisis? In: K.S.Gill(Ed.): Artificial Intelligence for Society. John Wiley 1986, S. 31-39

PETERMANN, Thomas:  
Weg von TA - aber wohin? In: Ders. (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung. Frankfurt, New York : Campus 1991

POLANYI, Michael:  
Implizites Wissen. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.1986

PUPPE, Frank:  
Einführung in Expertensysteme. Springer 1988

RADER, Michael:  
Kernforschungszentrum Karlsruhe, unveröffentlicher Bericht, November 1989

RAMMERT, Werner:  
"Expertensysteme" im Urteil der Experten: Eine neue Wissenstechnologie im Prozeß der Technikfolgenabschätzung. In: Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 6. Frankfurt, New York: Campus 1992, S. 241-266

RAMMERT, Werner:  
Gesellschaftliche Innovation durch eine reflexive Informatik. Zur Steuerung der informationstechnischen Entwicklung. In: Müller, G. u.a. (Hrsg.): Informatik Cui Bono? Die Herausforderung der Gegenwart und die Rolle der Informatik. Heidelberg : Springer 1992, S. 49-57

REESE, J.; KUBICEK, H.; LANGE, B.-P.; LUTTERBECK, B.; REESE, U.(Hrsg.):  
Gefahren der informationstechnologischen Entwicklung. Frankfurt: Campus 1979

RÖDIGER, Karl-Heinz; COY, Wolfgang; FEUERSTEIN, Günter; LANGENHEDER, Werner; MAHR, Bernd; MOLZBERGER, Peter; PRZYBYLSKI, Hartmut; RÖPKE, Horst; SENGHAAS KNOBLOCH, Eva; VOLMERG, Birgit; VOLPERT, Walter; WEBER, Hellmut; WIEDEMANN, Herbert:  
Informatik und Verantwortung. Arbeitskreis 8.3.3 "Grenzen eines verantwortbaren Einsatzes von Informationstechnik" der Gesellschaft für Informatik. Informatik Spektrum (1989)12, 281-289

SCHAAF, Jutta (Hrsg.):

Die Würde des Menschen ist unvernünftig. Bonn : Forum InformatikerInnen für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung e.V. (FIFF) 1990.

SCHANK, Roger C.:

Where's the AI? AI Magazine, Winter 1991, S. 3849

SCHEFE, Peter:

Expert Systems. Present State and Future Requirements. Impact on Employment and Skill Requirements (An Assessment). Genf: Management Development Branch, International Labour Office 1988

SCHMIDT, Gert:

Die "Neuen Technologien". Herausforderung für ein verändertes Technikverständnis der Industriesoziologie. In: Weingart, Peter (Hrsg.): Technik als sozialer Prozeß. Frankfurt a.M.:Suhrkamp 1989, 231-255

SCHRÖDER, Klaus Theo; ECKERT, Ulrich; GEORGIEFF, Peter; HARMSEN, Dirk-Michael:

Die Bundesrepublik Deutschland auf dem Weg zur Informationsgesellschaft? Aus Politik und Zeitgeschichte B15/1989 , S. 17 - 24

SENKER, Peter; BUCKINGHAM, Joanna; TOWNSEND, Joe:

Expert Systems. Present State and Future Trends: Impact on Employment and Skill Requirements (Three Case Studies). Bericht des ILO/FRG Project on Expert Systems and Qualification Changes. Genf: International Labour Office Publication ES/3, 1988

SIMON, Herbert A.:

The Sciences of the Artificial. Cambridge Massachusetts usw.: The MIT Press . 1st. ed. 1969, 2nd ed. 1981

SORGE, Arndt :

Informationstechnik und Arbeit im sozialen Prozeß. Arbeitsorganisation, Qualifikation und Produktivkraftentwicklung. Frankfurt: Campus 1985

STAAB, Richard:

Wissenserhebung - Ein Blick in die Praxis. KI 2/90, S. 58 - 60

STEINMÜLLER, Wilhelm (Hrsg.):

Verdatet und vernetzt. Sozialökologische Handlungsspielräume in der Informationsgesellschaft. Frankfurt: Fischer 1989

STEELS, Luc:

Second Generation Expert Systems. Future Generations Computer Systems 1(1985) S. 213 - 221

TANK, Wolfgang:

Über das Selbstverständnis der Disziplin des Knowledge Engineering. KI 2/90, S. 26 - 30

VAN DE RIET, Reind P.:

Problems with Expert Systems? Future Generations Computer Systems 3 (1987) S. 11- 16

VARELA, Francisco J.:

Kognitionswissenschaft-Kognitionstechnik. Eine Skizze aktueller Perspektiven. Mit einem Vorwort von Siegfried J.Schmidt. Ffm: Suhrkamp 1990. Übers. von: Cognitive Science. A Cartography of Current Ideas. 1988

VOß, Angi:

Brauchen wir ein Expertensystemlabor? Zusammenfassung einer Diskussionsreihe auf der GWAI `89. KI 2/90, S. 13 - 16

WIELINGA, Bob, SCHREIBER, Guus, DE GREEF, Peter:

Synthesis Report. ESPRIT Project P1098, Deliverable Y3, University of Amsterdam, 1989.

WILLMER, Heidemarie; BALZERT, Helmut:

Fallstudie einer industriellen Software-Entwicklung. Definition, Entwurf, Implementierung, Abnahme, Qualitätssicherung. Mannheim : Wissenschaftsverlag 1984.

WINOGRAD, Terry A.:

Thinking Machines- Can there be? Are we? Stanford, Ca.: Stanford University Report # STAN-CS-87-1161, Juni 1987

WINOGRAD, Terry; FLORES, Fernando:

Erkenntnis Maschinen Verstehen. Mit einem Nachwort von Wolfgang Coy. Rotbuch-Verlag 1989. Übersetzung von: Understanding Computers. A New Foundation for Design. Norwood, New Jersey: Ablex 1986.

WITTE, E.:

Das Informationsverhalten in Entscheidungsprozessen. Tübingen: Mohr 1972.

## **Anhang**

### **Interviewleitfaden**

#### **I. Ziele und Erwartungen**

- 1) Welches sind die typischen Anlässe für Unternehmen, sich mit der Expertensystemtechnik zu befassen?
- 2) Gibt es aus der Sicht der Unternehmen besondere Problemlagen, bei deren Bewältigung Expertensystemtechnik Abhilfe verspricht? Geben Sie bitte an, wie häufig die folgenden Gesichtspunkte eine Rolle spielen: (Antwortkategorien: 1 = fast immer; 2 = häufig; 3 = gelegentlich; 4 = selten; 5 = nie)
  - Erweiterung und Verbesserung vorhandener EDV
  - Konservierung von Expertenwissen
  - bessere Verfügbarkeit von Expertenwissen
  - Verbesserung von Ausbildung und Training
  - Verbesserung der Entscheidungsqualität (breitere Berücksichtigung von Informationen und Alternativen; größere Verlässlichkeit, Reproduzierbarkeit und Konsistenz)
  - Beschleunigung von Material- und Informationsflüssen und auch von Entscheidungsprozessen
  - Entlastung von Experten, Abbau von Streß
  - Abbau von Routinetätigkeiten, Aufgabenerweiterung
  - bessere Nutzung von Produktionskapazitäten (Reduktion von Stillstand, Beschleunigung von Reparatur und Wartung)
  - Vereinheitlichung (Reduktion von Fehlern; konstante Qualität)
  - Steigerung der betrieblichen Flexibilität
  - Erfahrungssammeln mit neuer Technologie
  - Flexibilisierung der Arbeitszeit
  - neue Produkte bzw. Erschließung neuer Märkte.

- 3) Gab es in den Unternehmen schon frühere Versuche einer alternativen Problemlösung?
- 4) Gibt es typische Erwartungen bezüglich der Qualifikationsentwicklung im Zuge des Expertensystem-einsatzes? (z.B. Einsparung von Experten vs. Entlastung der Experten usw.) Inwieweit wurden diese Erwartungen eingelöst?
- 5) Geht die Zielrichtung eher auf Rationalisierungseffekte hinaus oder eher auf eine Verbesserung der Beschäftigungsverhältnisse und Arbeitsstrukturen?

## II. Durchführung

- 1) Von wem geht in den Unternehmen typischerweise die Initiative für die Entwicklung eines Expertensystems aus?  
(Dieselbe Skala wie oben)
  - von übergeordneten Stellen außerhalb des Hauses
  - von der Leitung
  - aus der EDV-Abteilung
  - aus der betreffenden Fachabteilung
  - von einzelnen Mitarbeitern
  - von der Kundschaft
- 2) Wer war in den Unternehmen verantwortlich für das Projekt?
- 3) Werden von den Unternehmen vor der Entscheidung, Expertensysteme zu entwickeln, Analysen des Problembereichs durchgeführt? (Häufigkeit wie oben). Was ist das Ziel solcher Analysen?
- 4) Werden vor der Entscheidung Kosten-Nutzen-Analysen durchgeführt? Mit welchen Ergebnissen?
- 5) Sind die XPS-Anwendungen eher in ein Gesamtkonzept der EDV-Anwendung eingebettet, oder sind die Projekte häufiger ganz unabhängig von der übrigen EDV zu sehen? (Integration von vornherein eingeplant/ Spätere Anbindung vorgesehen/ Ganz unabhängig)

- 6) Besteht bei der Wissensakquisition völlig freie Hand oder werden irgendwelche Vorgaben gemacht? (z.B. Auswahl der Experten; Abgrenzungen der Domäne u.a.)
- 7) Wie werden die Experten normalerweise ausgewählt?
- 8) Gibt es Kontroversen zwischen den Experten? Wie wird damit verfahren?
- 9) Gibt es typische Probleme bei der Zusammenarbeit mit dem/den Experten? Wenn ja, welche?
- 10) Wie weit wird der Experte in das Knowledge Engineering mit einbezogen?
- 11) Wie gut sind i.a. die Vorkenntnisse des Wissensingenieurs in der Domäne? Wie werden diese erworben? Wie wichtig sind solche Vorkenntnisse?
- 12) Welche Instrumente und Methoden setzen Sie zur Wissensakquisition ein?
- 13) Setzen Sie Standardinstrumente und Methoden ein, oder wählen Sie fallweise aus? Wie geschieht diese Auswahl?
- 14) Kommt es vor, daß sich die Methoden als nicht angemessen erweisen? Was geschieht in einem solchen Falle?
- 15) Gibt es Bereiche des Wissens, die sich nicht erschließen lassen? Wie wird damit verfahren?
- 16) Welche Form hat bei Ihren Systemen die Erklärungskomponente? Warum gerade diese Form?
- 17) Wird die Gestaltung der Erklärungskomponente mit den Experten und Benutzern abgestimmt?
- 18) Ab wann wird das System an die Anwender übergeben?
- 19) Kam es im Zuge Ihrer Tätigkeit zu Konflikten mit Benutzern, Gewerkschaften, Betriebsräten oder sonstigen Betroffenen? Wenn ja: Worum ging es dabei?
- 20) Gab es Akzeptanzprobleme, z.B. aufgrund einer Entfremdung von bisherigen Arbeitsinhalten?

- 21) Gab es sonst irgendwelche Schwierigkeiten, insbesondere solche, die auf den speziellen KI-Charakter der Entwicklung zurückzuführen sind?
- 22) Wie sind Wartung und Pflege bei Ihren Systemen geregelt? (Wer darf erweitern? Wie häufig wird erweitert? Wie werden Konsistenzprüfungen durchgeführt? Gibt es besondere Gründe zur Modifikation?)
- 23) Betreffen die zulässigen Änderungen den Inhalt oder auch die Form der Wissensdarstellung?
- 24) Welche Vorkehrungen treffen Sie, damit das System beherrschbar bleibt?
- 25) Wie ist die Verantwortungsfrage geregelt, wenn bei automatisierten Vorgängen Fehler auftreten?
- 26) Kann man im allgemeinen absehen, wann ein System einer neuen Version weichen muß?

### III. Resultate

- 1) Gibt es einen Feedback aus den Unternehmen nach Abschluß der Entwicklungsprojekte? Wie sind die Rückmeldungen?
- 2) Gibt es typische Fehler der Systeme, die bisher nicht beseitigt werden konnten? Wenn ja: Kennen Sie die Ursachen dieser Fehler? Wie wird derzeit in der Benutzung damit umgegangen?
- 3) Wie zuverlässig sind die Systeme?
- 4) Benutzen die Experten selbst die Systeme?
- 5) Hat es unvorhergesehene Situationen gegeben, die im System nicht berücksichtigt waren?
- 6) Steht den Endbenutzern die Benutzung frei oder müssen sie in bestimmten Fällen das System benutzen?
- 7) Wer überprüft die Richtigkeit der Ergebnisse der Systeme? Oder wie findet sonst eine Absicherung gegen Systemfehler statt?

#### IV. Zusammenfassende Beurteilung

- 1) Wie zugänglich hat sich das Expertenwissen insgesamt erwiesen? (leichter als erwartet/genauso schwer, wie erwartet/schwerer als erwartet)
- 2) In welchem Ausmaß ist das Wissen algorithmisierbar? (insgesamt algorithmisierbar/ teils teils/im wesentlichen nicht algorithmisierbar).
- 3) Wie groß war der Ausschnitt des Expertenwissens, der erschlossen werden sollte? (Gesamtwissen oder Ausschnitt; Falls nur Ausschnitt: von vornherein geplant oder als Resultat von Schwierigkeiten)
- 4) Ist die Vorgehensweise der Experten für andere nachvollziehbar?
- 5) Gibt das Expertensystem das genaue Problemlösungsverfahren des Experten wieder, oder handelt es sich eher um ein funktional äquivalentes Modell der Problemlösung?
- 6) In welcher Form stellen sich die Ergebnisse dar?  
Nach Häufigkeiten: Regelsammlung/strukturiertes Modell/Sonstiges.
- 7) Ist es möglich, die ersten Prototypen des Systems weiter zu verwenden oder auszuweiten oder erwies sich nach der analytischen Durchdringung der Domäne ein neues System als notwendig?
- 8) War der Innovationsaufwand im Vergleich zur Neueinführung herkömmlicher EDV-Systeme vergleichbarer Größenordnung höher?
- 9) Wie kommen die Benutzer mit der Erklärungskomponente zurecht?
- 10) Wie hoch ist gegenwärtig der Grad der Übereinstimmung zwischen Programm und Expertenergebnissen? (Stimmt immer überein/manchmal Dissens/ häufig Dissens)  
Falls Dissens: Ist es möglich, hierfür Gründe anzugeben?
- 11) Lassen sich die Systeme durch Erweiterung an neue Anforderungen anpassen? Wenn ja: Wird ein System dadurch schlechter? Gibt es eine Obergrenze für Erweiterungen?

- 12) Ist es mit Expertensystemen möglich, neuartige Aufgaben zu bearbeiten? Welche?
- 13) Kommt es vor, daß Expertensysteme überraschende Ergebnisse produzieren, die nachweislich richtig sind? Können Sie dafür Beispiele angeben?
- 14) Welche der folgenden drei Charakterisierungen der KI trifft Ihrer Ansicht nach am ehesten zu? Oder haben Sie dazu eine völlig andere Ansicht?
  - a) KI bedeutet die Verwendung bestimmter Techniken, Sprachen oder Tools mit besonderen Leistungsmerkmalen, die als Ausfluß der KI-Forschung gelten. Häufig werden die folgenden Leistungsmerkmale genannt:
    - Verwendung regelbasierten Wissens
    - flexible Anpassung an den Benutzer
    - Verwendung der natürlichen Sprache bei der Bedienung
    - Generierung neuer (unerwarteter) Ergebnisse und Lösungswege
    - Selbsterklärung
    - leichte Aktualisierbarkeit
    - hohe Wiederverwendbarkeit
    - einfaches Prototyping
  - b) Eine andere Sichtweise stellt einen allgemeineren Aspekt in den Vordergrund: Danach bedeutet KI vor allem die Bearbeitung schlecht strukturierter Aufgaben unter Verwendung bestimmter in der KI-Forschung entwickelter Ansätze, wie Heuristiken und Wissensrepräsentation.
  - c) Schließlich möchte ich noch die klassische Definition von KI anführen, wonach KI ganz allgemein die Simulation von oder die Orientierung an der menschlichen Intelligenz bedeutet.
- 15) Werden durch das KI-System Aufgaben bearbeitet, die früher einer Automatisierung nicht zugänglich waren?
- 16) Trifft die gelegentlich geäußerte These zu, daß der Shift in die Praxis zwangsläufig mit dem Verlust an KI-Charakter verbunden ist?
- 17) Haben sich Ihre Erwartungen an die KI aufgrund Ihrer Erfahrungen geändert? Wenn ja: in welcher Weise?

- 18) Kann die KI die Erwartungen an eine automatisierte Wissensverarbeitung einlösen?
- 19) Gibt es wichtige, bisher ungelöste Forschungsaufgaben, die für Projekte der beschriebenen Art wichtig wären?
- 20) Welches sind die wesentlichen Vor- und Nachteile der Expertensystemtechnik?
- 21) Werden in der Regel alle Ziele, die man sich bei den Projekten gesetzt hat, erreicht? Wenn nicht: Woran liegt das? Kann man diese Ziele überhaupt in absehbarer Zeit erreichen?
- 22) Werden gelegentlich auch Projektergebnisse erzielt, die man ursprünglich nicht ausdrücklich angestrebt hat? Wenn ja: Welche?
- 23) Hat es Fälle gegeben, in denen der Nutzeffekt des Systems bewertet wurde? Wenn ja: Mit welchem Ergebnis?

## V. Kontextdaten

- 1) Daten zu laufenden und abgeschlossenen Projekten (Anzahlen)
  - Ort der Anwendung  
Industrie (Branche), Behörde, Forschungslabor, Banken, Versicherung, Softwarehaus
  - Anwendungsgebiet  
Produktion, Verwaltung, Umwelt, Medizin, usw.
  - Art des KI-Produkts  
KI-Sprachen, Tools, Shells, XPS, natürlich-sprachliches System, "intelligente" Schnittstelle zu vorhandener EDV usw.
  - Aufgabenart  
Beratung, Diagnose, Konstruktion, Simulation, Planung, Ausbildung
  - Stand der Anwendung  
Entwicklung, Einführung, Nutzung, abgeschlossenes Projekt (in den letzten beiden Fällen: Dauer der Nutzung)

2) Daten zu Ihrem eigenen Unternehmen

- Gründungsjahr
- Anzahl der Mitarbeiter
- Ausbildung der Mitarbeiter
- Formen der Arbeitsteilung
- Welche besonderen Vorbildungen zur Wissensakquisition sind vorhanden?