

Arbeitsbericht Nr. 21

Betriebswirtschaftliche Aspekte des  
industriellen Einsatzes von Expertensystemen  
- Anwendungsmöglichkeiten und Bewertung -

von  
Dr. Stephan Zelewski

Integration und Überarbeitung der  
Arbeitsberichte Nr. 17, 18 und 19

Köln 1988

Alle Rechte vorbehalten.

## Abstract

Die Schlagworte "Expertensystem" und "Künstliche Intelligenz" haben in jüngster Zeit größere Beachtung in betriebswirtschaftlich interessierten Kreisen, insbesondere auch seitens der industriellen Praxis erfahren. Doch besteht oftmals Unklarheit darüber, welche Leistungen von solchen "intelligenten Automaten" tatsächlich erwartet werden können und welche Auswirkungen ihr betrieblicher Einsatz erwarten läßt.

Kurz wird der Erwartungshorizont skizziert, der in der öffentlichen Diskussion mit Expertensystemen und Künstlicher Intelligenz verknüpft wird. Um die betriebswirtschaftliche Relevanz der Beschäftigung mit intelligenten Automaten zu unterstreichen, wird ein Überblick über deren Anwendungsmöglichkeiten und erste Piloteinsätze gewährt. Schwerpunkte bilden die Produktion von Sachgütern und Dienstleistungen, Aufgaben der Betriebsleitung und -verwaltung sowie die Gestaltung von Produktionspotentialen, Produktionsprozessen und Produkten.

Die Erforschung künstlicher Intelligenz erstreckt sich zum größten Teil auf informationsverarbeitende Prozesse. Diese stellen das natürliche Substrat der Tätigkeiten in Unternehmungsverwaltungen dar. Daher wird die Anwendung von Expertensystemen zur Unterstützung von Verwaltungsleistungen im "Büro der Zukunft" exemplarisch herausgestellt. Dokumentverwaltung, kooperative Benutzerschnittstellen und einheitliche Benutzeroberflächen stehen hierbei im Vordergrund.

Die betriebswirtschaftliche Betrachtung neuartiger Technologien beschränkt sich nicht darauf, deren Anwendungsmöglichkeiten aufzuzeigen, sondern erfordert auch, mögliche Auswirkungen ihres Einsatzes zu bewerten. Daher werden die Konsequenzen, die aus der Nutzung von Expertensystemen resultieren können, aus der Perspekti-

ve betrieblicher Anwender erörtert. Sowohl produktive Zielsetzungen ("Wirtschaftlichkeit") als auch soziale Aspekte ("Sozialverträglichkeit") finden Berücksichtigung.

In Anbetracht der Vielfalt konkurrierender und oftmals inhaltlich dürftiger Definitionen der eingangs angeführten Schlagworte werden für den theoretisch interessierten Leser in einem Anhang die wesentlichen Ansätze zur Definition intelligenter Automaten (Expertensysteme) systematisiert. Um die Ausführungen nicht mit Anmerkungen zu überfrachten, wurden nur die wichtigsten Aspekte belegt. Detailliertere und weiterführende Literaturhinweise finden sich in den Schriften des Autors, die im Literaturverzeichnis angeführt sind.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einführung	1
1.1 Künstliche Intelligenz - Streiflichter über Chancen und Risiken	1
1.2 Eine Arbeitsdefinition für Expertensysteme	16
2 Anwendungsbereiche von Expertensystemen	20
2.1 Expertensysteme im Produktionsbereich	20
2.2 Expertensysteme im Informationsbereich	25
3 Expertensysteme im "Büro der Zukunft"	33
3.1 Intelligente Dokumentverwaltung	33
3.1.1 Überblick	33
3.1.2 Dokumenterstellung und -bearbeitung	35
3.1.2.1 Intelligente Formularverarbeitung	35
3.1.2.2 Intelligente Textverarbeitung	38
3.1.3 Dokumentarchivierung	42
3.1.4 Dokumenttransfer	45
3.1.5 Dokumentein- und -ausgabe	48
3.2 Kooperative Benutzerschnittstellen	51
3.2.1 Grundlegende Konzepte für die intelligente Mensch-Maschine- Kommunikation	51
3.2.2 Ein exemplarischer kooperativer Dialog	56
3.2.3 Aspekte der Benutzerfreundlichkeit	62
3.3 Integration durch einheitliche Benutzeroberflächen	65



	Seite
4 Ansätze zur Bewertung des Einsatzes von Expertensystemen	69
4.1 Produktive Zielsetzungen	69
4.1.1 Einführung in Bewertungs- konzeption und -probleme	69
4.1.2 Nutzenwirkungen	72
4.1.3 Kostenwirkungen	78
4.2 Soziale Zielsetzungen	86
4.2.1 Soziale Verträglichkeit	87
4.2.2 Soziale Beherrschbarkeit und Gestaltbarkeit	100
5 Anhang	105
5.1 Definitionskonzepte für intelligente Automaten	105
5.1.1 Übersicht	105
5.1.2 Leistungsbezogene Definitionskonzepte	112
5.1.3 Strukturbezogene Definitionskonzepte	117
5.1.4 Funktionsbezogene Definitionskonzepte	134
5.1.5 Weiterführende Begriffs- differenzierungen	137
5.2 Anmerkungen	139
5.3 Literaturverzeichnis	147

## 1 Einführung

### 1.1 Künstliche Intelligenz - Streiflichter über Chancen und Risiken

Der Erforschung der Künstlichen Intelligenz (KI) wird seit Beginn der achtziger Jahre seitens der Betriebswirtschaftslehre zunehmende Beachtung geschenkt. Insbesondere unter dem Etikett "Expertensystem" werden dem betrieblichen Anwender neuartige Leistungspotentiale von "intelligenten" informationsverarbeitenden Automaten ("Computern") verheißen. Nicht zuletzt die vollmundigen Ankündigungen des japanischen Projekts zur Entwicklung von "Computern der 5. Generation"<sup>1)</sup>, um das es zwischenzeitlich schon wieder etwas ruhiger geworden ist, haben große Erwartungen entstehen lassen.

Das Interesse an dieser Thematik spannt einen weiten Bogen: Er beginnt bei der technophilen Euphorie, der zufolge ein Schließen der Intelligenzlücke zwischen Menschen und Automaten erwartet werden könne; von "denkenden Computern", "Mensch-Maschine-Symbiosen" und "konvivialen Systemen" wird beispielsweise gesprochen. Er endet bei der - gerade auch seitens der Medien vor kurzem im vielzitierten "Orwell-Jahr" 1984 propagierten - Skepsis, ob das (informations-)technisch Mögliche unreflektiert mit dem gesellschaftlich Wünschenswerten gleichgesetzt werden solle; Befürchtungen vor der "reduktionistischen Verengung einer computergeprägten Weltwahrnehmung", vor "erstarrten, formalisierten Arbeitsabläufen" und vor dem Diktat einer "Computer-Technokratie" werden laut.

Als Verdeutlichungen dieses überaus heterogenen Erwartungskontexts, der mit Anwendungen der Künstlichen Intelligenz assoziiert wird, seien exemplarisch angeführt<sup>2)</sup>:

- "Professor Siekmann ... lächelt kühl ...: 'Für mich gilt es als selbstverständlich, daß Menschen von Computern übertroffen werden.' ... Diese Maschinen können: ... sprechen und verstehen wie ein Mensch, ... selbständig lernen und ihre Intelligenz vergrößern, ... selbst Entscheidungen treffen ... und ... sich selbst programmieren. ... Und Ende des Jahrhunderts werden die intelligenten Computer uns Menschen eigentlich gar nicht mehr brauchen ... Ich vermag mich unter diesen Umständen auf die Jahrhundertwende ... nicht mehr so recht zu freuen ...".
- Die "Maschinisierung der Kopfarbeit" wird als ein "epochaler Angriff auf jetzt noch lebendige geistige Arbeit" stigmatisiert. (Durchaus typisch ist hier die unterschwellige, aber vermittelt durch die mittelbaren Oppositionsprobe nahegelegte Assoziation mit "toter" Computerarbeit.)
- Schon im Jahr 1958, also in einer Zeit, in der sich die Künstliche Intelligenz als selbständige Disziplin gerade etablierte, verkündeten die "KI-Nestoren" Simon und Newell: "Es gibt nunmehr ... Maschinen, die denken, lernen und schöpferisch tätig sind. Darüber hinaus wächst ihre Fähigkeit auf diesen Gebieten zunehmend, bis - in absehbarer Zukunft - der Bereich von Problemen, die sie bearbeiten können, sich mit dem Bereich deckt, der bis jetzt dem menschlichen Denken allein vorbehalten war."
- Wenige Jahre später ergänzt Simon: "... glaube ich, daß ... Computer in der Lage sein werden, alles zu tun, wozu ein Mensch fähig ist. ... Es wird nicht mehr viel Zeit vergehen, bis man in der Lage ist, die Problemlösungs- und Informationsverarbeitungs-fähigkeiten des menschlichen Gehirns nachzubauen; es sollte mich sogar wundern, wenn das nicht schon innerhalb der nächsten zehn Jahre möglich wäre."

Obwohl seit dieser Prognose aus dem Jahr 1966 bereits mehr als zwei Jahrzehnte vergangen sind, haben sich die euphorischen - gleichermaßen wie die skeptischen - Vorhersagen derart intelligenter Computerleistungen bei weitem noch nicht einlösen lassen. Vielmehr hat die Diskrepanz zwischen vollmundigen Versprechungen der KI-Gemeinde einerseits und ernüchternden Erfahrungen experimentierfreudiger betrieblicher Anwender andererseits schon mehrfach das Gefühl von Frustration bei den potentiellen Anwendern und erhebliche Glaubwürdigkeitseinbußen bei den Anbietern von KI-Produkten hinterlassen.

Mitunter wird sogar der Vorwurf des Etikettenschwindels erhoben: ein schlaues Software-Marketing nutze den aktuellen Trend von Diskussionen über "intelligente Produkte" aus, um strukturell kaum veränderte Programmpakete mit neuem Image zu versehen; "Künstliche Intelligenz" und "Expertensysteme" degenerierten zu inhaltslosen, bloß plakativen Werbefloskeln<sup>3)</sup>. Sehr deutlich wird dieser Vorwurf in folgender Äußerung<sup>4)</sup>: "Künstliche Intelligenz ... - das ist heute ein Schlagwort, das ... oft wohl mehr der Computer-Industrie zur Verkaufsförderung dient, als daß es wirklich etwas grundlegend Neues bezeichnen würde."

Das spezifisch betriebswirtschaftliche Interesse an Konzepten der Künstlichen Intelligenz resultiert aus der These, daß der Markt für KI-Produkte - einsetzend etwa zu Beginn der neunziger Jahre - ein bemerkenswert hohes Entwicklungspotential aufweist. Ausgehend von derzeit noch verschwindend geringen Umsätzen der KI-Branche - im Jahr 1985 werden sie weltweit erst auf 250 Mio. US-\$ oder 0,16% Anteil am Gesamtumsatz der informationsverarbeitenden Industrie geschätzt<sup>5)</sup> - wird ihr ein bald exorbitantes, sich exponentiell entwickelndes Wachstum vorhergesagt. Die Abbildungen und Tabellen auf den folgenden Seiten verdeutlichen diesen Zusammenhang.

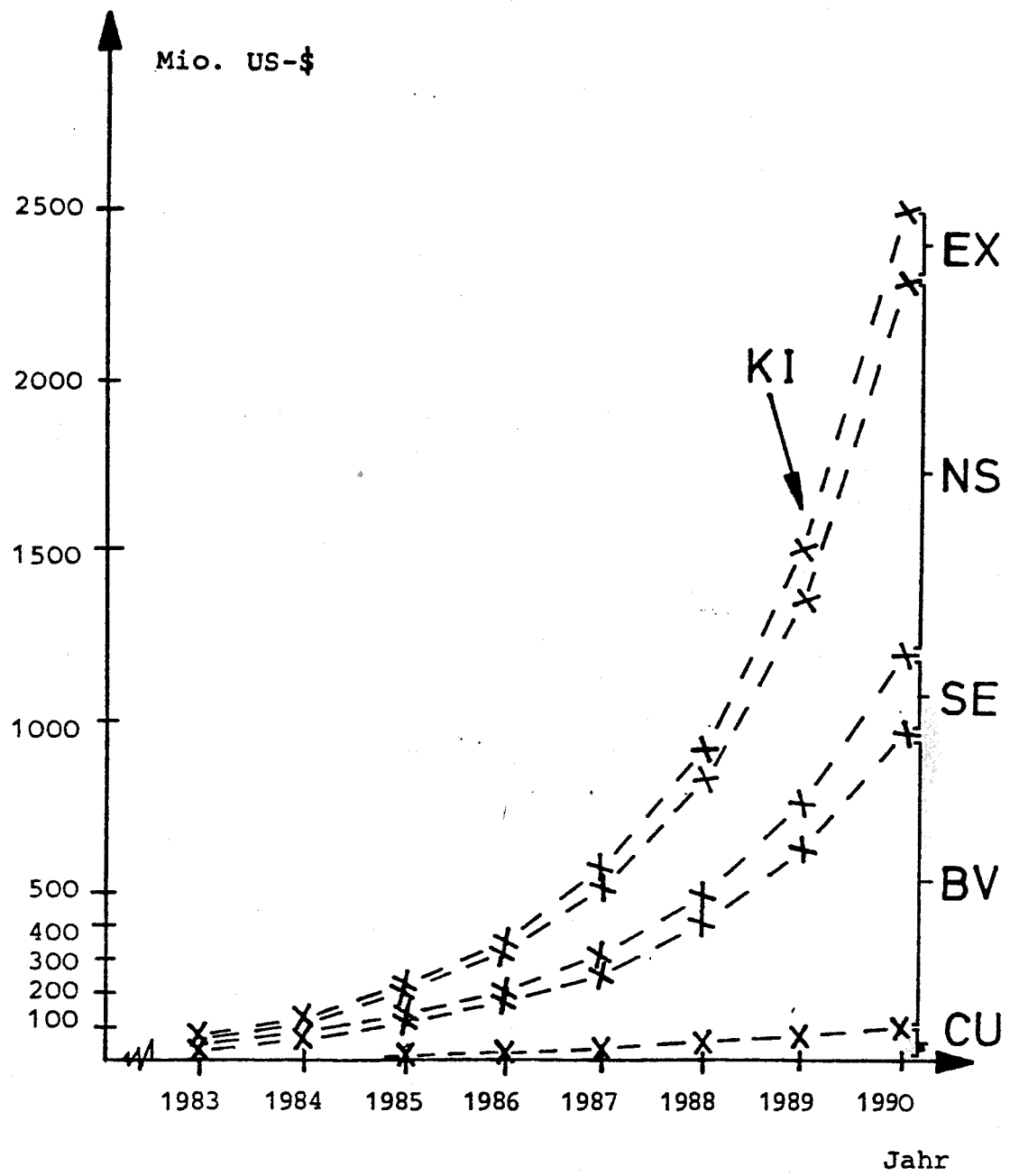


Abb. 1: Expansion des Marktes der USA für Produkte der Künstlichen Intelligenz nach Angaben der DM Data Inc.

Anmerkungen:

- BV: Bildverarbeitung
- CU: Computergestützter Unterricht
- EX: Expertensysteme
- KI: Künstliche Intelligenz insgesamt
- SE: Spracherkennung

Vgl. zu den Angaben der Werte und Quellen, die dieser Abbildung zugrundeliegen, die nachfolgende Tabelle 1.

Bereich der Künst- lichen Intelligenz	Jahr										Notation in Abb. 1
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990			
Expertensysteme	10	16	25	40	60	90	145	220			EX
inhaltliche Sprachverarbeitung	18	32	60	105	190	335	600	1090			NS
akustische Sprachverarbeitung	10	14	20	30	50	80	130	230			SE
Bilverarbeitung	30	55	100	150	230	360	555	860			BV
Computergestützter Unterricht	7	11	15	20	30	45	70	100			CU
Künstliche Intelli- genz insgesamt	75	128	220	345	560	910	1500	2500			KI

Tab. 1 : Der Abb. 1 zugrundeliegende Werte der DM Data Inc.<sup>1)</sup> über die Expansion des Marktes der Vereinigten Staaten von Amerika für Produkte der Künstlichen Intelligenz<sup>2)</sup>

1) Vgl. Siekmann (1984), S. 5, mit Bezug auf: Manuel, T.: Commercial Products begin to emerge from decades of research; in: Electronics, o.Jg. (1983), o.S.

2) Angaben in Mio. US-\$

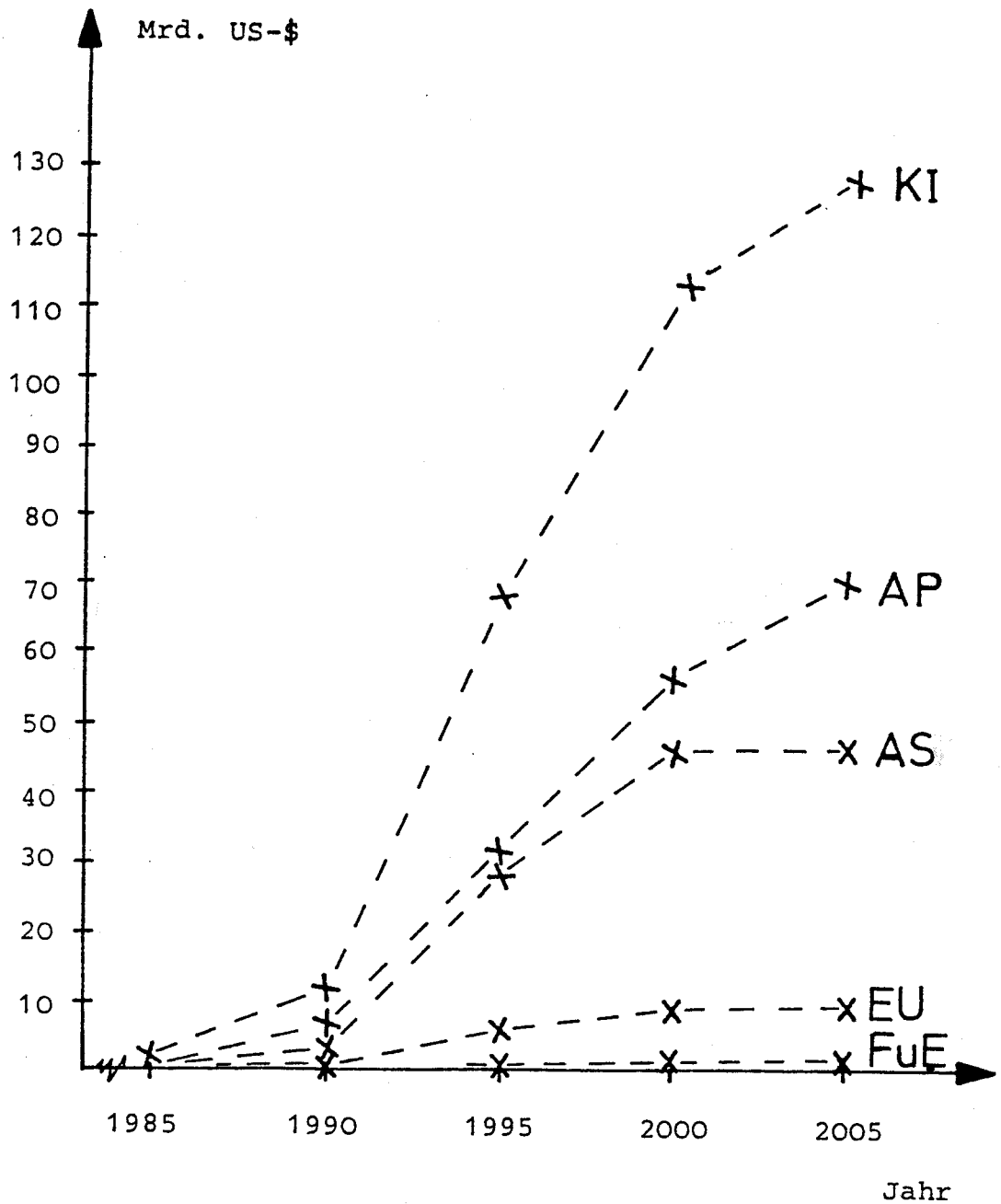


Abb. 2: Expansion des Marktes der USA für Produkte der Künstlichen Intelligenz nach Angaben der Arthur D. Little Inc.

Anmerkungen:

AP : Arbeitsplätze (Hardware)

AS : Anwendungssoftware

EU : Entwicklungsumgebungen

FuE: Forschung und Entwicklung

KI : Künstliche Intelligenz insgesamt

Vgl. zu den Angaben der Werte und Quellen, die dieser Abbildung zugrundeliegen, die nachfolgende Tabelle 2.

Tab. 2 : Der Abb. 2 zugrundeliegende Werte der Arthur D. Little Inc.<sup>1)</sup> über die Expansion des Marktes der Vereinigten Staaten von Amerika für Produkte der Künstlichen Intelligenz<sup>2)</sup>

Bereich der Künstlichen Intelligenz	Jahr					Notation in Abb. 2
	1985	1990	1995	2000	2005	
Arbeitsplätze (Hardware)	0,048	7,2	32,0	56,6	70,0	AP
Anwendungssoftware	0,089	3,3	28,6	46,0	46,0	AS
Entwicklungsumgebungen	0,096	1,2	6,1	8,9	9,1	EU
Forschung und Entwicklung	0,021	0,17	0,88	1,4	1,6	FuE
Künstliche Intelligenz insgesamt	0,254	11,8	67,6	113,0	126,7	KI

1) Vgl. Wiig (1985), S. 175, Fig. 9.

2) Angaben in Mrd. US-\$



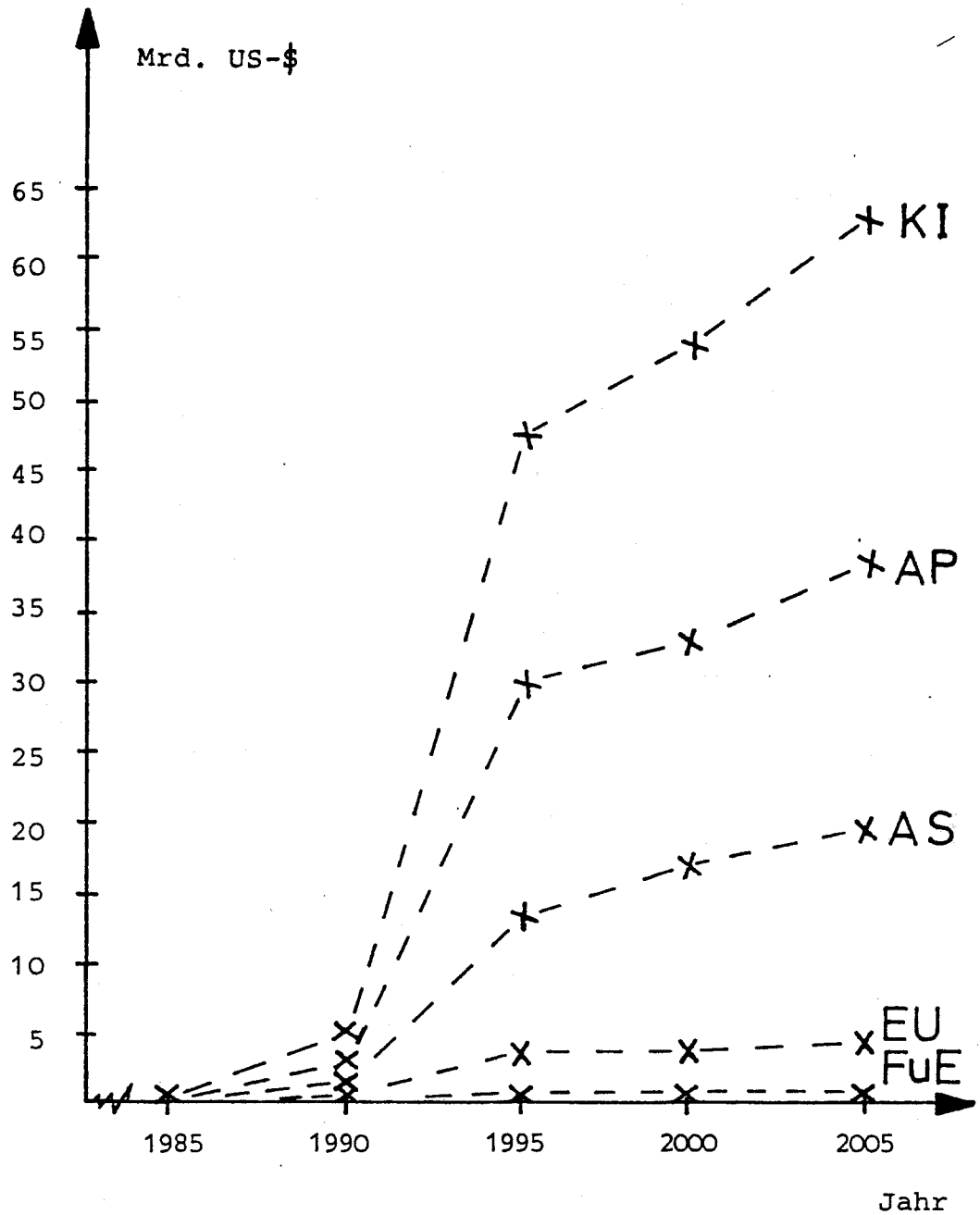


Abb. 3: Expansion des japanischen Marktes für Produkte der Künstlichen Intelligenz nach Angaben der Arthur D. Little Inc.

Anmerkungen:

AP : Arbeitsplätze (Hardware)

AS : Anwendungssoftware

EU : Entwicklungsumgebungen

FuE: Forschung und Entwicklung

KI : Künstliche Intelligenz insgesamt

Vgl. zu den Angaben der Werte und Quellen, die dieser Abbildung zugrundeliegen, die nachfolgende Tabelle 3.

Tab. 3 : Der Abb. 3 zugrundeliegende Werte der Arthur D. Little Inc.<sup>1)</sup> über die Expansion des japanischen Marktes für Produkte der Künstlichen Intelligenz<sup>2)</sup>

Bereich der Künstlichen Intelligenz	Jahr					Notation in Abb. 3
	1985	1990	1995	2000	2005	
Arbeitsplätze (Hardware)	0,01	3,1	30,0	32,7	38,8	AP
Anwendungssoftware	0,02	1,4	13,2	16,9	19,6	AS
Entwicklungsumgebungen	0,05	0,5	3,4	3,8	4,2	EU
Forschung und Entwicklung	0,03	0,1	0,6	0,7	0,8	FuE
Künstliche Intelligenz insgesamt	0,10	5,1	47,3	54,2	63,3	KI

1) Vgl. Wiig (1985), S. 180, Fig. 17.

2) Angaben in Mrd. US-\$

Wird allerdings der US-amerikanische KI-Umsatz, der für das Jahr 1990 in der Höhe von 2,5 Mrd. US-\$ (4,5 Mrd. DM) prognostiziert wird<sup>6)</sup>, mit den Umsätzen verglichen, die im Jahr 1985 in ausgewählten deutschen Branchen erzielt wurden, so ergibt sich ein ernüchterndes Bild<sup>7)</sup>. Der KI-Umsatz bleibt weit unter dem der volkswirtschaftlich bedeutenden Großbranchen, kann sich allenfalls mit dem spezialisierter Nebenbranchen messen. Die nachfolgende Aufstellung listet diese Groß- und einige der Nebenbranchen, welche die Größenordnung des o.a. prognostizierten KI-Umsatzes schon heute erreichen, auf.

- Chemische Industrie .....	179,0 Mrd. DM
- Kfz-Industrie .....	184,1 Mrd. DM
- Maschinenbau .....	160,0 Mrd. DM
- .....	
- Büromaschinen und ADV .....	26,6 Mrd. DM
- .....	
- Schmiede- und Preßteile .....	5,4 Mrd. DM
- Drahtziehereien .....	5,2 Mrd. DM
- Feinkeramik .....	4,0 Mrd. DM

Erst ab der Jahrtausendwende, für die im Hinblick auf den US-amerikanischen Markt für KI-Produkte ein Umsatzpotential von 113 Mrd. US-\$ (ca. 200 Mrd. DM) erwartet wird, könnte dieser Markt in betriebs- und volkswirtschaftlich interessante Dimensionen einer Großbranche hineinwachsen. In entsprechender Weise wird angenommen, daß sich der Anteil der Beschäftigten, die sich mit der Produktion von intelligenten Automaten befassen, an der gesamten US-amerikanischen ADV-Branche von 0,14% im Jahr 1985 auf 26,00% im Jahr 2000 fast verzweihundertfachen wird (siehe die Abbildung und Tabelle auf den folgenden beiden Seiten).

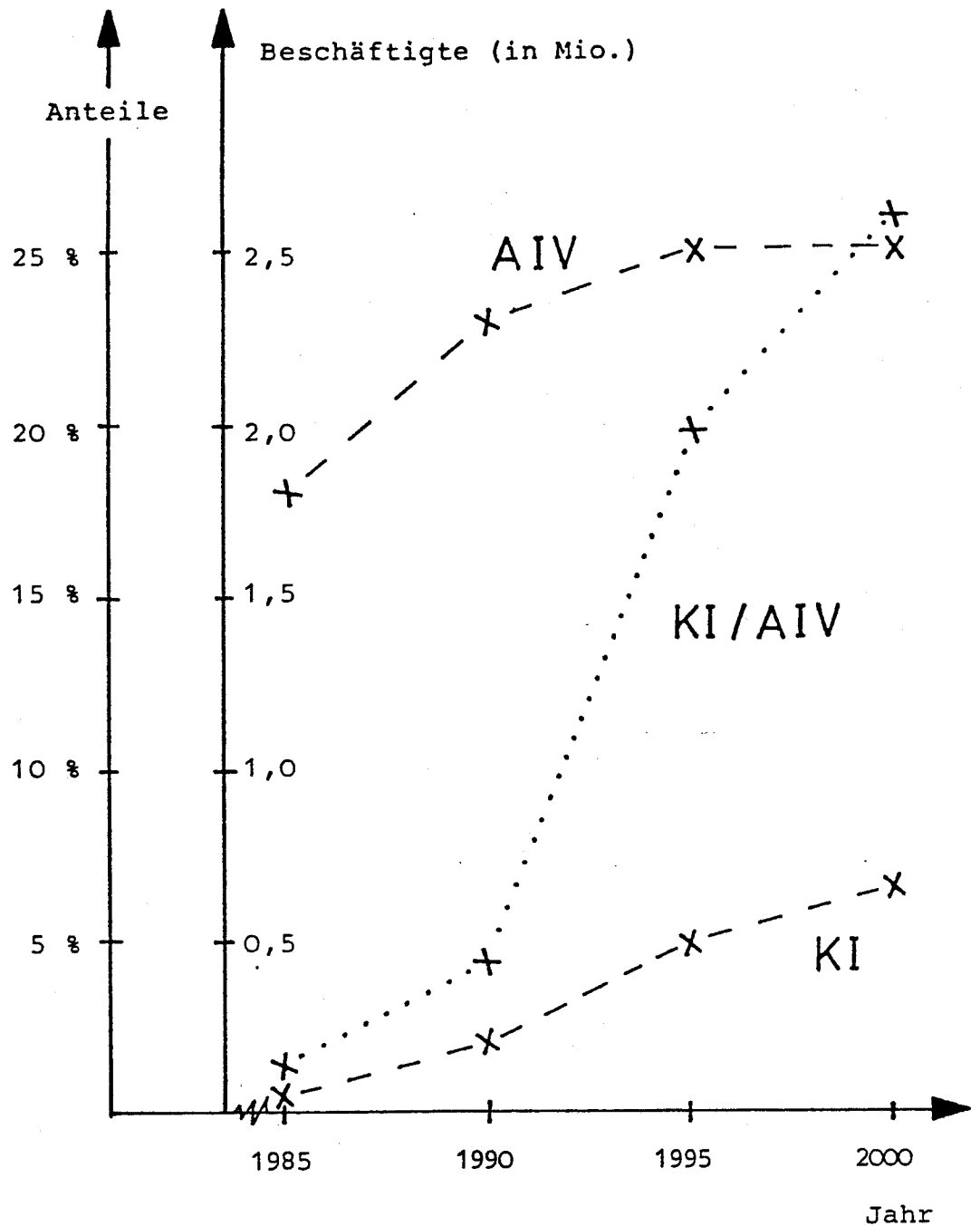


Abb. 4: Expansion des seitens der Künstlichen Intelligenz in den USA gebundenen Humankapitals im Vergleich zur Entwicklung der Humankapitalbindung der USA im Sektor der Automatischen Informationsverarbeitung nach Angaben der Arthur D. Little Inc.

Anmerkungen:

AIV: Beschäftigte im Sektor der Automatischen Informationsverarbeitung

KI: Beschäftigte im Sektor der Künstlichen Intelligenz

KI/AIV: Beschäftigungsanteil des Sektors der Künstlichen Intelligenz am Sektor der Automatischen Informationsverarbeitung

Vgl. zu den Angaben der Werte und Quellen, die dieser Abbildung zugrundeliegen, die nachfolgende Tabelle 4.

Beschäftigungskategorien	Jahr				Notation in Abb. 4
	1985	1990	1995	2000	
Beschäftigte im Sektor der Künstlichen Intelligenz	2.600	100.000	486.000	650.000	KI
Beschäftigte im Sektor der Automatischen Informationsverarbeitung	1.800.000	2.300.000	2.500.000	2.500.000	AIV
Beschäftigungsanteil des Sektors der Künstlichen Intelligenz am Sektor der Automatischen Informationsverarbeitung	0,14 %	4,35 %	19,44 %	26,00 %	KI/AIV

Tab. 4 : Der Abb. 4 zugrundeliegende Werte der Arthur D. Little Inc.<sup>1)</sup> über die Expansion des seitens der Künstlichen Intelligenz in den Vereinigten Staaten von Amerika gebundenen Humankapitals im Vergleich zur Entwicklung der Humankapitalbindung der Vereinigten Staaten von Amerika im Sektor der Automatischen Informationsverarbeitung

1) Vgl. Wiig (1985), S. 175, Fig. 8.

Prognosen dieser Art können aber allenfalls die qualitative Tendenz des Entwicklungspotentials des Marktes für KI-Produkte angeben. Ihre quantitativen Aussagen sind methodisch viel zu schwach fundiert und - von Vorhersage zu Vorhersage - so stark variierend, daß ihnen kein zu großes Vertrauen geschenkt werden sollte. Insbesondere sind folgende Schwachstellen zu kritisieren:

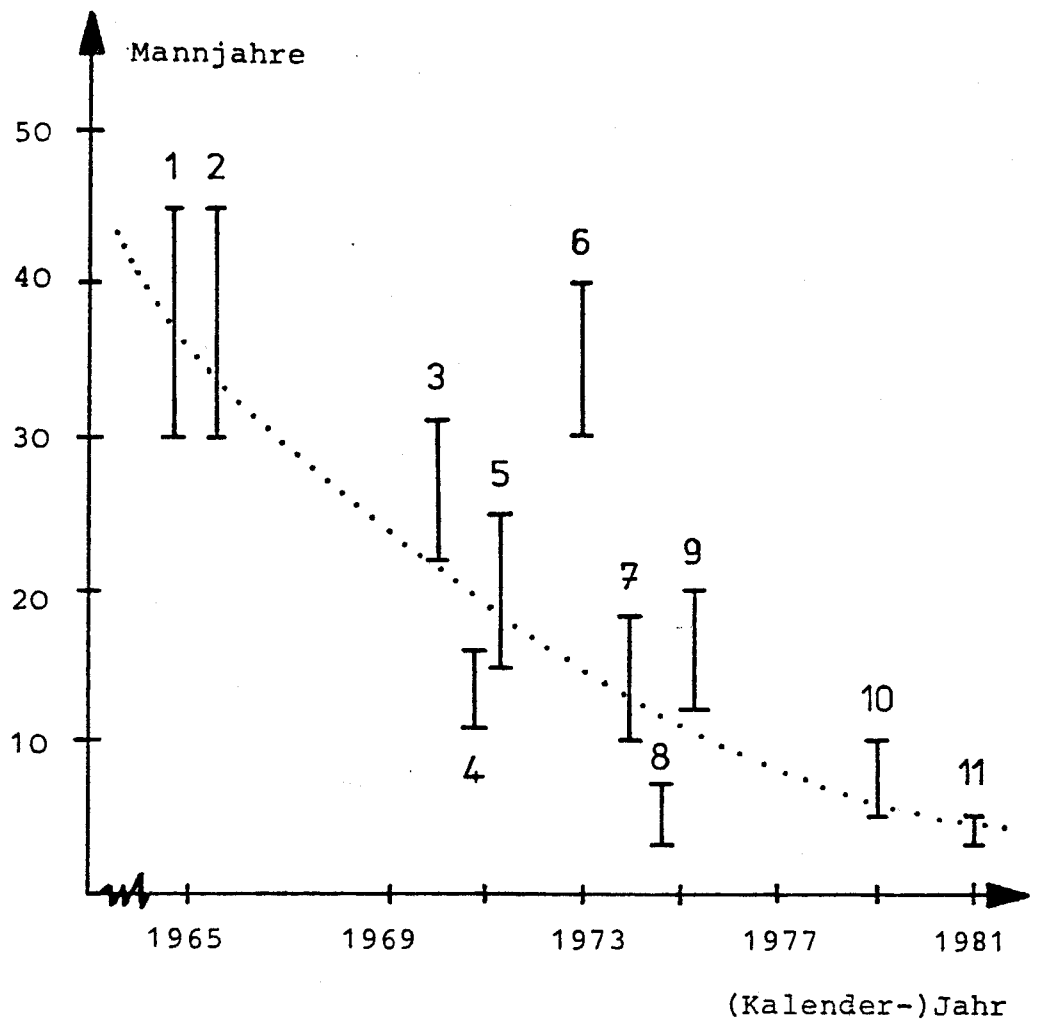
- Faktische und methodische Prämissen der Prognoseerstellung werden nicht offengelegt, so daß diese nicht nachvollzogen werden können.
- Oftmals handelt es sich um "Experten"-Schätzungen solcher Personen, die von der Beschäftigung mit KI-Themen ihren Lebensunterhalt bestreiten. Eine Vorhersage zur Aufwertung der eigenen Position kann nicht ausgeschlossen werden.
- Die Prognosezeiträume sind für seriöse Vorhersagen häufig zu groß.
- Die Aussagen beziehen sich nur auf die Außenumsätze mit KI-Produkten, die am Markt realisiert werden, nicht aber auf die beträchtlichen innerbetrieblichen Wertschöpfungen, die durch nicht kommerziell verwertete, aber intern genutzte KI-Produkte verursacht werden. So gelten Expertensysteme oftmals als "strategisches Know-how", das vor Betriebsfremden geschützt werden soll.
- Die begrifflichen Grundlagen der Vorhersagen - sowohl hinsichtlich des Objektbereichs von "Künstlicher Intelligenz" oder "Expertensystemen" im allgemeinen als auch im Hinblick auf deren Untergliederungen - werden nicht präzise definiert und variieren erheblich.

Diese Unsicherheiten haben dazu geführt, daß sich ein blühender Sekundärmarkt für Informationen über das kommerzielle Potential der Künstlichen Intelligenz entfaltet hat. Eine Vielzahl von Marktstudien<sup>8)</sup> zu diesem Thema suggeriert, daß ein Betrieb, der seine Informationswirtschaft auf die Erfordernisse der Zukunft früh-

zeitig einzustellen gedenkt, an der Beschäftigung mit Künstlicher Intelligenz und Expertensystemen nicht vorbeikomme.

Dem entspricht eine von Tag zu Tag wachsende Anzahl von Betrieben und Forschungsinstituten, die ihr KI-Engagement als Zeichen technologischer Fortschrittlichkeit demonstrativ herauskehren<sup>9)</sup>. Nachdem die Entwicklung von intelligenten Automaten für den kommerziellen Einsatz zunächst die Domäne kleiner Pionierbetriebe - vornehmlich in den USA - war, haben sich seit wenigen Jahren selbst die Branchenführer im Sektor der Informationsverarbeitung - so etwa IBM und Siemens - nach anfänglichem Zögern der Künstlichen Intelligenz zugewandt.

Angesichts des beträchtlichen finanziellen Potentials dieser Großbetriebe ist ein bedeutsamer Entwicklungsschub bei der Entfaltung des KI-Marktes in den kommenden 10 bis 20 Jahren zu erwarten. Hierfür spricht auch, daß der anfangs beträchtliche Aufwand zur Konstruktion eines Expertensystems in den vergangenen Jahren von mehreren Mannjahrzehnten auf nur noch wenige Mannjahre - mitunter auch noch darunter - gesenkt werden konnte. Die Abbildung der nächsten Seite verdeutlicht diese Tendenz.



### Legende

- |              |                |
|--------------|----------------|
| 1: DENDRAL   | 7: HARPY       |
| 2: MACSYMA   | 8: PUFF        |
| 3: INTERNIST | 9: PROSPECTOR  |
| 4: CASNET    | 10: XCON       |
| 5: MYCIN     | 11: ORDER EDIT |
| 6: HEARSAY   |                |

Abb. 5: Reduzierung des Entwicklungsaufwands von Expertensystemen

Quelle: Zelewski (1986a), S. 51, und die dort angegebenen Quellen.



## 1.2 Eine Arbeitsdefinition für Expertensysteme

Für den Begriff der Expertensysteme hat sich bislang noch keine einheitliche Auffassung über seine inhaltliche Füllung und Abgrenzung durchgesetzt. Über die Vielfalt und immanenten Schwierigkeiten der zur Zeit gebräuchlichen Definitionsansätze gibt das Kapitel 5.1 im Anhang näheren Aufschluß. Den nachfolgenden Ausführungen wird eine vereinfachte Arbeitsdefinition zugrundegelegt, die sich auf zwei wesentliche Aspekte beschränkt.

Ein Expertensystem läßt sich als ein informationsverarbeitender Automat ("Computer") auffassen, der sich - im Vergleich zu seinen konventionellen Pendanten - dadurch auszeichnet, daß:

- der Benutzer den Automaten beauftragen kann, ein Problem zu bewältigen, ohne hierbei zu beschreiben, wie der Automat bei seiner Problembewältigung vorgehen soll (externer Aspekt der nonprozeduralen oder deklarativen Benutzeroberfläche);
- der Automat bei seiner Problembewältigung Wissen aus dem betroffenen Problembereich anwendet, das in einer separaten Wissensbasis explizit dargestellt wird (interner Aspekt der Wissensbasierung).

Die Bewältigung eines Problems umfaßt sowohl dessen Lösung - sofern mindestens eine Problemlösung existiert - als auch die Erkenntnis, daß ein vorgegebenes Problem grundsätzlich nicht gelöst werden kann. Letztes kann z.B. als Folge einer in sich widersprüchlichen Problembeschreibung eintreten. Wenn diese Differenzierung unerheblich ist, wird fortan nicht weiter zwischen Problembewältigung und -lösung unterschieden.

Die Aspekte der deklarativen Benutzeroberfläche und der Wissensbasierung finden ihre implementierungstechnische Entsprechung in dem Sachverhalt, daß Expertensysteme in der Regel aus den zwei Hauptmodulen der "Problemlösungskomponente" und der "Wissensbasis" aufgebaut

sind. Hinzu kommen weitere Funktionsbausteine, deren Bildung zwar nicht einheitlich fixiert ist, unter denen jedoch die Dialog-, die Erklärungs- und die Wissensakquisitionskomponente am häufigsten angeführt werden (vgl. hierzu auch die Abbildungen 7 und 8 im Anhang).

Im Gegensatz zu anderen geläufigen Definitionen wird weder auf ein bestimmtes Problemniveau abgestellt, das zumeist durch den Aufgabenbereich menschlicher Experten umschrieben wird, noch erfolgt die Forderung, daß ein Expertensystem bei seiner Problembewältigung die Vorgehensweise von Menschen simulieren müsse. Auf den Expertenbezug wird verzichtet, da erstens lediglich ein unscharfer Begriff ("Expertensystem") durch einen ebenso unscharfen Begriff ("Experte") erklärt würde. Zweitens sollen solche Systeme nicht ausgegrenzt werden, für die sich - wie etwa im Fall der Korrespondenzverwaltung - der Begriff "Expertensystem" bereits etabliert hat, deren Problembewältigung aber dem Niveau der Sachbearbeitung zuzurechnen ist. Der Simulationsbezug wird ausgeschlossen, da es im Interesse einer Problembewältigung irrelevant ist, ob diese in menschenähnlicher Weise erfolgt oder nicht.

Die vorgeschlagene Expertensystem-Definition läßt erkennen, worin die gravierenden Fortentwicklungen der konventionellen Informationsverarbeitung durch Konzepte der Künstlichen Intelligenz liegen. Die konventionelle Trennung von Daten und Programmen wird ersetzt durch die Unterscheidung zwischen Wissensbasis und Problemlösungskomponente. Erste enthält die vorgenannten Daten als "Fakten" neben anderen, aus den Programmen explizit herausgelösten Wissensbestandteilen. Zweite umfaßt dagegen die Verfahren ("Inferenzmechanismen") zur Wissensanwendung.

Darüber hinaus wird zumeist unterstellt, die Wissensbasis enthalte deklaratives Objektwissen, das nur Problemaspekte aus dem Anwendungsbereich eines Expertensystems beschreibt, ohne Vorgehensweisen zur Problemlösung anzubieten. Die Problemlösungskomponente umgreift im Gegensatz anwendungsneutrales "Meta"wissen prozeduraler Natur, das abzuleiten gestattet, wie ein vorgegebenes Problem bewältigt werden kann.

Die Informationsverarbeitung intelligenter Automaten unterscheidet sich von der konventionellen Datenverarbeitung auch dadurch, daß das Schwergewicht auf der Verarbeitung von qualitativen Informationen liegt. Diese "Symbol-" oder "Wissensverarbeitung" geht in ihrer Leistungsfähigkeit über den konventionellen Umgang mit quantitativen (numerischen) weit Daten hinaus. Zwar erlaubt auch die gewöhnliche Datenverarbeitung, mit nicht-numerischen Informationen - wie z.B. Anschriftenlisten oder Schriftstücken - umzugehen, doch bleibt das Verarbeitungspotential auf einfache Prozesse, etwa des Sortierens von Daten oder des Editierens von Texten, beschränkt. Diese konventionellen Operationen zeichnen sich gemeinsam dadurch aus, daß ihre Ausführung keine Kenntnisse über den sachlichen Inhalt der verarbeiteten Informationen erfordert. An diesem Punkt setzt die charakteristische Eigenschaft von Expertensystemen an, infolge ihrer Wissensbasierung gerade solche Kenntnisse über die Sachzusammenhänge eines Problems zu dessen Lösung intensiv zu gebrauchen.

Die neuartige Zerlegung des Gesamtwissens von informationsverarbeitenden Automaten in Wissensbasis und Problemlösungskomponente verspricht eine größere Systemflexibilität. Es wird vermutet, daß diese Aufteilung zu Systemmodulen führt, die den Aufgaben informationsverarbeitender Automaten angemessener sind als die konventionelle Unterscheidung zwischen Daten und Programmen. Das allgemeine, von bestimmten Anwendungsbereichen (weitgehend) unabhängige Modul der Problemlösungskomponente kann - ebenso wie die separaten Wissensakquisitions-, Erklärungs- und Dialogkomponenten -

für verschiedenste Automatenanwendungen gemeinsam entwickelt oder verändert werden. Das anwendungsspezifische Modul der Wissensbasis läßt sich dagegen jeweils eng auf den Einsatzbereich des Automaten ausrichten, ohne daß hiervon die übrigen Module beeinflußt würden. Veränderte Bedingungen des Automateinsatzes erfordern nur eine Anpassung der Wissensbasis, die zudem durch hochgradig modulare KI-Techniken - z.B. durch die regel- und die frame-/objektorientierten Repräsentations-schemata - für die deklarative Wissensdarstellung unterstützt wird. Bei konventioneller prozeduraler Programmierung müßten dagegen im Regelfall die gesamten Anwendungsprogramme neu erstellt werden.

Der Segmentierung in die Wissensbasis einerseits und die übrigen Automaten-Module andererseits entspricht der gegenwärtig vorherrschende Trend, daß Anbieter intelligenter Automaten zumeist nur Rumpf-Systeme als Expertensystem-Schalen ("shells") offerieren, welche zumindest die Problemlösungskomponente, oftmals auch Wissensakquisitions-, Erklärungs- oder Dialogkomponenten enthalten. Den Anwendern bleibt es überlassen, speziell für ihre Anwendungsfälle die - bis auf u.U. mitgeliefertes, zumeist nur rudimentär vorhandenes allgemeines "Weltwissen" - weitgehend leeren Wissensbasen mit eigenen Inhalten aufzufüllen.

## 2 Anwendungsbereiche von Expertensystemen

### 2.1 Expertensysteme im Produktionsbereich

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von intelligenten Automaten im industriellen Umfeld werden anhand einer groben Übersicht verdeutlicht. Es erfolgt eine strikte Beschränkung auf Hauptanwendungsgebiete und einige wenige herausragende Exemplare bereits realisierter Expertensysteme. Detaillierte Aufschlüsse können den angeführten Quellen entnommen werden<sup>10)</sup>.

Betrachtet werden zunächst Expertensysteme zur Unterstützung der Produktion von Sachgütern und Dienstleistungen im "Basissystem" einer Unternehmung. Später wird ihr Einsatz bei übergeordneten Leitungs- und Verwaltungsprozessen im betrieblichen "Informationssystem" angesprochen. Die besonders enge Beziehung von Expertensystemen zu informationsverwaltenden Aufgaben wird im 3. Kapitel nochmals gesondert und vertiefend herausgestellt.

Bei der Sachgüterproduktion finden Expertensysteme in der Variante der intelligenten oder autonomen Roboter Einsatz<sup>11)</sup>. Da sich solche Roboter von ihren konventionellen Pendanten weder hinsichtlich ihrer Sensoren noch im Hinblick auf ihre Effektoren unterscheiden, erweist sich für sie nur das besondere Leistungsvermögen der Steuerungskomponente als charakteristisch. Diese Robotersteuerung stellt - trotz der ungewohnten Terminologie - ein Expertensystem dar, das auf die Funktionen der Umweltwahrnehmung und der zielgerichteten Umweltbeeinflussung unter Realzeitbedingungen spezialisiert ist.

Beiträge der KI-Forschung zur Gestaltung von intelligenten Robotern erstrecken sich in der Hauptsache auf:

- das Identifizieren von Objekten in der durch Sensordaten abgebildeten Roboterumwelt sowie das Feststellen von Objektpositionen, -bewegungen und -eigenschaften mit Hilfe der Mustererkennung, insbesondere der Bildverarbeitung;
- das selbständige Planen von Effektoroperationen in einer stochastisch veränderlichen Umwelt nach Maßgabe von deklarativ vorgegebenen Arbeitsaufgaben.

Durch Kombinieren dieser beiden Bereiche läßt sich eine Vielzahl fortschrittlicher Roboterfähigkeiten realisieren, wie z.B.:

- Erkennen und Ergreifen von Werkstücken, die in ex ante nicht vorbestimmter Reihenfolge und in nicht-fixierter Orientierung am Roboter eintreffen, zur flexiblen Erfüllung von Handhabungsaufgaben<sup>12)</sup>;
- Entgraten, Schleifen, Säubern usw. von unregelmäßig geformten Werkstücken<sup>13)</sup>;
- Bahnschweißen von Werkstücken mit nicht von vornherein genau fixierter Schweißnaht, evt. verknüpft mit einer automatischen, situationsabhängig erfolgenden Optimierung der technischen Prozeßparameter<sup>14)</sup>;
- Planen von Transportwegen zwischen Start- und Zielpunkt von nicht-spurgebundenen Transportrobotern, selbständiges Erkennen von Hindernissen im Transportweg und Ausweichen unter Anpassung des geplanten Transportwegs<sup>15)</sup>;
- selbständige Notabschaltung der Roboteroperationen, wenn etwa ein Mensch in der Nähe entdeckt wird, der von den geplanten Roboteroperationen verletzt werden könnte<sup>16)</sup>.

Bei der Entwicklung autonomer Roboter wird besonderes Gewicht auf die Fähigkeit zur selbständigen Planung und Anpassung von Bewegungen und Effektoroperationen gelegt. In diesem Zusammenhang erfolgen Forschungsarbeiten über Automaten, die in Zukunft z.B. in der Meerestechnologie zur Rohstoffgewinnung<sup>17)</sup> oder in der Weltraumtechnologie zur Montage von Raumstationen eingesetzt werden sollen<sup>18)</sup>.

Expertensysteme zur Unterstützung der Dienstleistungsproduktion werden in der Mehrzahl in der Gestalt von Auskunft- und Beratungssystemen entwickelt. Erste dienen nur dem benutzerfreundlichen Zugriff auf große Informationsmengen. Durch die inhaltliche Analyse der Informationswünsche ihrer Benutzer wird die Suche in angeschlossenen Informationsbanken so gesteuert, daß die inhaltlich relevanten Informationen herausgefiltert und benutzerfreundlich aufbereitet werden. Im Gegensatz zu konventionellen Datenbanksystemen kommt es nicht auf die syntaktische Übereinstimmung zwischen Deskriptoren der gesuchten und gespeicherten Informationen an. Die inhaltsbezogene Informationssuche durch Expertensysteme erfordert komplexe semantische und pragmatische Sprachanalysen. Beispiele solcher Auskunftssysteme sind die Automaten HAM-ANS<sup>19)</sup> (Zugriff auf Fischerei-Informationen) und PLANES<sup>20)</sup> (Auskunft über Instandhaltung und Einsätze von Marine-Flugzeugen).

Beratungssysteme umfassen in der Regel die Funktion von Auskunftssystemen, erweitern diese jedoch um die Fähigkeit, ihre Benutzer bei der Lösung ihrer Probleme durch Unterbreiten von Lösungsvorschlägen zu unterstützen. Solche Expertensysteme werden vor allem in den Bereichen:

- der Finanzierungs- und Anlageberatung<sup>21)</sup>,
- der juristischen Beratung<sup>22)</sup> einschließlich der Vertragsgestaltung<sup>23)</sup>,
- der Versicherungsberatung<sup>24)</sup> sowie

- der Berichterstellung bei Unternehmensanalyse und -überwachung (Auditing, Controlling, Bilanzanalyse, kennzahlengestützte Schwachstellenanalyse, Wirtschaftsprüfung u.ä.)<sup>25)</sup>

entwickelt. Expertensysteme für juristische Hilfestellungen betreffen vor allem die Gebiete des (US-amerikanischen) Steuer- und Wirtschaftsrechts einerseits sowie der Produkthaftung andererseits, so z.B. die Exemplare TAXMAN<sup>26)</sup> und TAXADVISOR<sup>27)</sup> bzw. LDS<sup>28)</sup>. Einen aktuellen Ansatz mit mehrfachen Beratungsgebieten - z.B. im Kreditgewerbe - stellt das deutsche Verbundprojekt WISBER<sup>29)</sup> dar.

Zur Realisierung solcher benutzerfreundlichen Auskunft- und Beratungssysteme läßt sich das Konzept der kooperativen (wissensbasierten) Benutzerschnittstellen heranziehen, auf das im Kapitel 3.2 ausführlicher eingegangen wird. In der Mehrzahl wurden sie bisher entwickelt, um den Umgang mit externen, konventionell erstellten Datenbanksystemen zu erleichtern. Eines der neuesten Exemplare im deutschsprachigen Raum stellt die Benutzerschnittstelle XTRA<sup>30)</sup> dar, die den natürlichsprachlichen Zugriff auf beliebige externe Expertensysteme unterstützen soll.

In diesem weitem Verständnis können kooperative Benutzerschnittstellen als verselbständigte ("externalisierte") Dialogkomponenten von intelligenten Automaten aufgefaßt werden. Sie lassen sich beispielsweise auch für den benutzerfreundlichen Zugriff auf intelligente Roboter (wissensbasierter Programmierungs-Dialog) und komplexe technische Produktionssysteme (Steuerung von Kraftwerken oder Walzstraßen) einsetzen.

Im speziellen Dienstleistungssektor der Softwareproduktion erfolgen zahlreiche Versuche, Expertensysteme zu entwickeln, die aus der Beschreibung einer Informationsverarbeitungs-Aufgabe die zugehörigen Programme zur Aufgabenerfüllung automatisch abzuleiten vermögen. Der Ansatz, aus der Vorgabe von Programm-Input und erwünschtem -Output durch logische Deduktion das Verar-



beitungsprogramm zu synthetisieren<sup>31)</sup>, erweist sich nur für begrenzte Problemstellungen als erfolgreich. Neuere Ansätze konzentrieren sich daher auf die interaktive Softwareproduktion, bei der Expertensysteme ihre Benutzer durch Wissen über Entwurfs- und Verifizierungstechniken unterstützen<sup>32)</sup>.

## 2.2 Expertensysteme im Informationsbereich

Das Informationssystem eines Betriebs umfaßt die Erfüllung aller Gestaltungsfunktionen, welche die Realisierung von Produktionsprozessen im Basissystem gedanklich vorwegnehmen, begleiten oder nachträglich auswerten. Hinsichtlich der betroffenen Funktionsbereiche läßt sich zwischen Unternehmungsverwaltung und -leitung unterscheiden. Im Hinblick auf die Art der erfüllten Funktionen wird zwischen der Gestaltung von Produktionspotentialen, Produktionsprozessen und Produkten differenziert. Aspekte der Unterstützung von Verwaltungsleistungen, die hier nur im knappen Überblick dargestellt werden, bilden das Objekt einer exemplarischen Vertiefung im 3. Kapitel.

Im Bereich der Unternehmungsverwaltung lassen sich Expertensysteme einsetzen, um die Informationseingabe in Systeme der Informationsarchivierung und -verarbeitung zu erleichtern. Vor allem die Techniken der Bildverarbeitung dienen dazu, Dokumente automatisch einzulesen<sup>33)</sup>. Weitergehende Ansätze erlauben auch das Erkennen handschriftlicher Eingaben, etwa zum Zweck von Aktennotizen<sup>34)</sup>. Die Verarbeitung akustischer Sprachmuster soll u.a. dazu führen, mündliche Diktate unmittelbar in Schriftform zu transformieren<sup>35)</sup>.

Expertensysteme für die Informationsverarbeitung dienen im Verwaltungsbereich insbesondere der intelligenten Textverarbeitung<sup>36)</sup>. Hierzu rechnet die inhaltliche Auswertung der Eingangspost, die z.B. nach Wichtigkeit der angesprochenen Themen vorsortiert und den jeweils zuständigen Mitarbeitern zugestellt werden kann. Antwortschreiben mit standardisierten Inhalten lassen sich automatisch generieren. Bei der individualisierten Texterstellung kann ein Expertensystem - hier schwimmt jedoch die Grenze zu konventionellen Textverarbeitungssystemen erheblich - Rechtschreibkontrollen und stilistische Verbesserungsvorschläge aus-

führen. Die Realisierung dieser Funktionen wird z.B. mit den Automaten EPISTLE<sup>37)</sup> und EPIKUR<sup>38)</sup> angestrebt.

Das Konzept der wissensbasierten Korrespondenzbearbeitung wird verallgemeinert durch Expertensysteme, die den Informationsfluß in Unternehmensverwaltungen auf der Basis von (halb-)strukturierten Formularen und elektronischem Nachrichtenaustausch (electronic mail) unterstützen. Auch sie dienen dazu, eintreffende Nachrichten nach den Interessen des Empfängers zu klassifizieren, sie teilweise automatisch zu bearbeiten und ihre Benutzer bei Erstellen und Versenden neuer Formulare (Nachrichten) behilflich zu sein<sup>39)</sup>. Einen Ansatz in dieser Richtung stellt das Exemplar LENS<sup>40)</sup> dar. Ähnliche, aber in ihrer Funktionalität eingeschränktere Expertensysteme unterstützen nur beim Verfassen verwaltungsspezifischer Formulare, wie z.B. der Abrechnung von Dienstreisen durch den Automaten ODYSSEY<sup>41)</sup>.

In Verbindung mit der akustischen Spracherkennung lassen sich Expertensysteme einsetzen, um in Zeiten fehlender oder eingeschränkter Verwaltungsbereitschaft fernmündliche Anfragen an den Betrieb inhaltlich auszuwerten und in einfachen Fällen - unter Rückgriff auf ihre Fähigkeit zur automatischen Sprachsynthese - direkt zu beantworten<sup>42)</sup>.

Der Bereich der Unternehmensleitung wird zur Zeit noch nicht in ähnlicher Dichte wie der Verwaltungsbereich von Expertensystem-Entwicklungen abgedeckt. Auch sind die Grenzen zwischen - konventionellen - entscheidungsunterstützenden Systemen und Expertensystemen für die Betriebsleitung oftmals verschwommen. In erster Linie handelt es sich um Expertensysteme, die in ihrer Funktion den bereits o.a. Beratungssystemen gleichen und zumeist unter die Klasse der (intelligenten) entscheidungsunterstützenden Systeme subsumiert werden<sup>43)</sup>.

Spezielle Beiträge der KI-Forschung erfolgen im Hinblick auf die strategische Unternehmensplanung durch Automaten, welche die Simulation von Unternehmensstrategien<sup>44)</sup> und die Analyse des Verhaltens von Konkurrenten erlauben. Sie basieren beispielsweise auf subtilen Explorationen strategischer Spiele - wie etwa das Expertensystem EURISKO<sup>45)</sup> - bzw. auf der Analyse von Handlungszielen in Episoden, die Verhaltensweisen von Personen (Konkurrenten) beschreiben<sup>46)</sup>. Ein weiterer Ansatz berät bei der Planung von markt- und technologiebezogenen Unternehmensstrategien im Rahmen der Portfolio-Technik<sup>47)</sup>.

Intelligente Frühwarnsysteme werden konzipiert<sup>48)</sup>, die in großvolumigen Informationssammlungen - etwa Pressearchiven - durch inhaltliche Informationsanalysen Hinweise auf mögliche Strukturbrüche in der Entwicklung der Unternehmungsumwelt aufdecken sollen. In Verbindung mit Simulationssystemen, die in ihren Wissensbasen u.a. Unternehmungsmodelle verwalten, lassen sich erwartete Konsequenzen der erkannten Entwicklungs-Diskontinuitäten aus der Sicht der betroffenen Betriebe abschätzen.

Unter dem Stichwort des "Büros der Zukunft"<sup>49)</sup> werden Expertensysteme entwickelt, die sowohl verwaltende als auch leitende Funktionen unterstützen sollen. Hauptanliegen ist es, mit Hilfe von kooperativen Schnittstellen eine Vielzahl von Instrumenten der automatischen Informationsverarbeitung so zu integrieren, daß sie den Mitarbeitern im Büro unter einer einheitlichen, komfortablen Benutzeroberfläche dargeboten werden. Zu den angestrebten Komfortfunktionen zählen z.B. die natürlichsprachliche Mensch-Maschine-Kommunikation und die wissensbasierte Benutzerberatung beim Gebrauch der einzelnen informationsverarbeitenden Instrumente. Ein in diese Richtung zielendes Expertensystem stellt z.B. das Exemplar AiD<sup>50)</sup> dar. Ein breit angelegtes Konzept zur Integration mehrerer Expertensysteme, die jeweils unterschiedliche Funktionsbereiche unterstützen, in einem einheitlichen wissensbasierten Bürosystem wird im Verbundprojekt WISDOM<sup>51)</sup> zur Zeit entwickelt und in

ersten Teilen implementiert. Der Einsatz von Expertensystemen zur Verwirklichung des Büros der Zukunft wird in den nachfolgenden Kapiteln vertieft.

Die Beiträge der KI-Forschung zur Gestaltung von Produktionspotentialen erstrecken sich vornehmlich auf die Personal- und die Anlagenwirtschaft. Im Bereich der Materialwirtschaft sind allenfalls einige wenige Ansätze zur Ableitung von Stücklisten aus Konstruktionszeichnungen für Stückgüter oder aus Schaltplänen für elektrotechnische Erzeugnisse zu erwähnen<sup>52)</sup>. Darüber hinaus lassen sich die o.a. Beratungssysteme einsetzen, um die Anwendung konventioneller Prognosemethoden zur Ermittlung des voraussichtlichen Materialbedarfs zu unterstützen<sup>53)</sup>. Hierbei kann z.B. auf die statistischen Prognosevoraussetzungen oder die Qualität der jeweils erzielbaren Prognoseergebnisse hingewiesen werden. Ebenso ist es möglich, bei der problemgerechten Interpretation statistischer Analyseergebnisse zu helfen. Einige wenige Expertensysteme unterstützen die Materialdisposition unter den Aspekten des wirtschaftlichen und sicheren Beschaffungswesens<sup>54)</sup>.

Im Bereich der Personalwirtschaft werden Expertensysteme für die Personaleinsatzplanung entwickelt<sup>55)</sup>. Sie können dazu herangezogen werden, in ihrer Wissensbasis die vielfachen qualitativen Restriktionen des Personaleinsatzes (etwa rechtlicher oder ausbildungsbezogener Art) zu verwalten. Vor allem aber steht eine große Anzahl von Tutorsystemen zur Verfügung, welche die Personalschulung unterstützen. Im Gegensatz zu konventionellen automatengestützten Lernsystemen können sich diese Expertensysteme individuell an die Lernstile, Lernziele und Wissensvoraussetzungen ihrer Benutzer anpassen. Zu diesem Zweck leiten sie jeweils aus dem Dialog mit einem Benutzer ein Benutzermodell ab und richten das zu vermittelnde Wissen an diesem Modell aus<sup>56)</sup>. Ein Beispiel für solche Tutorsysteme ist das Exemplar GUIDON<sup>57)</sup>.

Die Anlagenwirtschaft wird durch zwei umfangreiche Klassen von Expertensystemen unterstützt. Die erste erstreckt sich auf Beratungssysteme für die Konfigurierung von komplexen Anlagensystemen, wie z.B. Flexiblen Fertigungs- und Montagesystemen oder Computersystemen. Insbesondere für den letztgenannten Bereich wurde eine stattliche Anzahl von Konfigurierungssystemen - wie etwa XCON<sup>58)</sup> und SICONFEX<sup>59)</sup> - hervorgebracht.

Die zweite Klasse von Expertensystemen betrifft die Diagnose der Ursachen von Störungen in Anlagensystemen. In fortschrittlichen Varianten werden darüber hinaus auch Vorschläge zur Eindämmung von Störungsauswirkungen (Folgeschäden) und zur Beseitigung der Störungsursachen (Reparaturempfehlungen) unterbreitet. Solche Diagnosesysteme stellen z.B. der Automat DEX-C3 für die Getriebefertigung<sup>60)</sup>, ein Expertensystem zur Fehlerdiagnose von CNC-Maschinen<sup>61)</sup> und der Automat CATS/DELTA zur Wartung von dieselelektrischen Lokomotiven<sup>62)</sup> dar. Hierzu lassen sich auch Expertensysteme zur Sicherung und Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft von Anlagensystemen mit hohen Gefährdungspotentialen - wie etwa Kernkraftwerken - rechnen. Für diesen Zweck wurden die Expertensysteme NPPC<sup>63)</sup> und REACTOR<sup>64)</sup> konstruiert.

Die Gestaltung von Produktionsprozessen umfaßt eine räumliche, eine artbezogene und eine zeitliche Komponente. Expertensysteme für die raumbezogene Prozeßgestaltung betreffen in erster Linie die Anreicherung von CAD-Systemen für die Layout-Planung von Fabriken und für die eng verwandte innerbetriebliche Standortplanung durch nicht-numerisches, qualitatives Wissen<sup>65)</sup>. Hierdurch kann die Realitätsferne konventioneller, rein numerischer Algorithmen für die innerbetriebliche Standortplanung erheblich abgebaut werden. Das Wissen solcher Expertensysteme umfaßt z.B. Informationen über die Fabrik-Architektur (Tragfähigkeiten von Fabrikböden, baupolizeiliche Vorschriften, Anschlüsse der Infrastruktur, wie z.B. der Stromversorgung, usw.) und über

die aufzustellenden Anlagen (z.B. erforderliche Zuführvorrichtungen für den Materialtransport).

Zur Unterstützung der artbezogenen Prozeßgestaltung wurden Expertensysteme entwickelt, welche die Auswahl von unterschiedlichen Prozeßarten für die Produktion einer bestimmten Güterart unterstützen. Solche Beratungssysteme liegen z.B. für die Verfahrenswahl im Bereich von metallurgischen und Oberflächenbeschichtungsprozessen vor<sup>66)</sup>.

Im Hinblick auf die zeitliche Prozeßgestaltung dominieren Expertensysteme für die Werkstattfertigung. Sie verwalten in ihren Wissensbasen Informationen über die vorhandenen Bearbeitungsmaschinen und Transportmittel, über die einzelnen Bearbeitungsgänge, die zur Herstellung jeweils einer Produktart erforderlich sind, sowie über die technisch möglichen Zuordnungen von Bearbeitungsgängen und -maschinen. Auf dieser Grundlage wurden Expertensysteme für die automatische Ableitung von Arbeitsplänen aus Konstruktionsunterlagen, gegebenenfalls auch für die Erzeugung der Teileprogramme zur Steuerung von NC-Bearbeitungsmaschinen, und zur Maschinenbelegungsplanung hervorgebracht<sup>67)</sup>.

Zur erstgenannten Gruppe zählt der Automat GUMMEX<sup>68)</sup>, zur letztgenannten rechnen die Exemplare GARI<sup>69)</sup> und ISIS/IMS<sup>70)</sup>. Neuerdings wird auch der Einsatz von Expertensystemen zur Steuerung von Flexiblen Fertigungssystemen erörtert<sup>71)</sup>. Für die Fließfertigung liegt dagegen nur ein nennenswerter, bereits weit zurückliegender Ansatz zur Fließbandabstimmung vor<sup>72)</sup>. Darüber hinaus werden mehrere Ansätze verfolgt, Expertensysteme für die Realzeit-Steuerung von komplexen technischen Produktionssystemen zu entwickeln<sup>73)</sup>. Zu solchen Leitwarten-Expertensystemen zählen z.B. intelligente Automaten, die Anlagen der chemischen Industrie, die bereits o.a. Kraftwerke oder auch Verteilungssysteme für elektrische Energie steuern sollen.

Der Prozeßgestaltung gehören ferner Expertensysteme für die Qualitätssicherung an. Sie stehen in enger Beziehung zu den bereits oben erwähnten intelligenten Robotern, die ihre Umwelt mit Sensoren wahrzunehmen vermögen, und zu den Diagnosesystemen, die der Ergründung von Störungsursachen dienen. Qualitätssichernde Expertensysteme unterziehen Materialien und Produkte mit Hilfe der Muster-, insbesondere der Bildverarbeitung einer Prüfung auf Material- bzw. Produktfehler. Hierbei greifen sie auf ihr Wissen über die Eigenschaften von fehlerfreien Objekten zurück. Im Vordergrund der aktuellen Bemühungen stehen Systeme für die zerstörungsfreie Objektprüfung und die optische Produktvermessung (Genauigkeitsprüfung)<sup>74)</sup>. Ferner wurde ein Konzept für die wissensbasierte Beratung bei der Methodenauswahl für die statistische Qualitätskontrolle vorgestellt<sup>75)</sup>.

Für die Verlängerung des Produktionsprozesses in die Unternehmungsumwelt - den Absatzbereich - wurden dagegen bisher keine wesentlichen Beiträge der KI-Forschung bekannt. Allenfalls lassen sich Expertensysteme zur Marktbeobachtung - wie etwa das Exemplar D&I<sup>76)</sup> - und eine konzeptionelle Analyse der Gestaltungsmöglichkeiten von Marketing-Expertensystemen<sup>77)</sup> anführen.

Bei der Produktgestaltung lassen sich Expertensysteme einsetzen, um als intelligente CAD-Automaten<sup>78)</sup> den Konstruktionsprozeß zu unterstützen. Sie bringen Wissen über bereits konstruierte Komponenten ein, um Wiederholkonstruktionen zu vermeiden und Ansatzpunkte für Variantenkonstruktionen bei vorgegebener Konstruktionsaufgabe aufzuzeigen. Darüber hinaus können sie als Beratungssysteme die Anwendung komplexer Konstruktionsverfahren - wie etwa der Finite Elemente-Methode - benutzerfreundlich gestalten. Ferner läßt sich Wissen über einzuhaltende Konstruktionsnormen, unerwünschte Konstruktionseigenschaften (z.B. Korrosionsgefährdung bestimmter Verbindungstechniken oder mangelhafte Absicherung gegenüber Erdbeben)<sup>79)</sup> oder alternative Werkstoffverwendungsmöglichkeiten<sup>80)</sup> in den Konstruktions-



prozeß einbinden. Expertensysteme, die jeweils Teilaspekte des umrissenen Funktionsspektrums intelligenter CAD-Systeme abdecken, sind die Automaten CADHELP<sup>81)</sup> (Beratungssystem) und SACON<sup>82)</sup> (Anwendung der Finite Elemente-Methode).

Eine beachtliche Anzahl von Expertensystemen wurde für die speziellen Aufgaben der Konstruktion von elektronischen Bauelementen<sup>83)</sup> - insbesondere VLSI-Schaltkreisen - und des Entwurfs chemischer Verbindungen<sup>84)</sup> hervorgebracht. In jüngster Zeit werden auch Expertensysteme für die kundenspezifische Gestaltung komplexer Produkte (z.B. Stückgüter, Bildverarbeitungssysteme) diskutiert<sup>85)</sup>, die auf dem - bereits o.a. - Konzept der Konfigurierung von (Computer-)Systemen beruhen. Ein Beispiel hierfür ist das System OCEX<sup>86)</sup>, das im Bereich aufwendiger elektronischer medizinischer Apparaturen Verwendung findet.

3        Expertensysteme im "Büro der Zukunft"  
3.1     Intelligente Dokumentverwaltung  
3.1.1   Überblick

Der zentrale Ansatzpunkt zur Gestaltung von informationsverarbeitenden Leistungen im "Büro der Zukunft" stellt das Dokumenten-Konzept dar. Ein Dokument ist ein abstraktes informationsdarstellendes Objekt, das im Kontext von Verwaltungsleistungen als eine in sich geschlossene sinntragende Einheit betrachtet wird. Die Bedeutung eines Dokuments liegt in seiner Repräsentation von Informationen (semantische Dimension), die in ihrer Gesamtheit jeweils dem Zweck einer Verwaltungsleistung dienen (pragmatische Aspekt).

In syntaktischer Hinsicht kann ein Dokument in verschiedensten Codes, insbesondere alphanumerisch oder graphisch, abgefaßt sein. Hierbei ist für eine Vielzahl von Dokumentklassen ein Code-Mix typisch, wie z.B. die Integration von Text und Graphik in Berichten über die Unternehmungsentwicklung. Das physische Medium, in dem das abstrakte Objekt "Dokument" realisiert wird, ist ebenfalls wahlfrei. In der Vergangenheit herrschte Papier als Informationsträger vor; im vielfach propagierten, aber - zumindest im nächsten Jahrzehnt äußerst fragwürdigen - papierarmen "Büro der Zukunft" sollen dagegen elektronische, magnetische und optische Medien dominieren.

Die herausragende Rolle des Dokumenten-Konzepts läßt sich aus der Tatsache erklären, daß sich der Ansatz des objektorientierten Denkens seitens der KI-Forschung großer Beliebtheit erfreut. Er wird vielfach zur Strukturierung von Problemfeldern und zur Implementierung problemlösender Expertensysteme angewendet (objektorientierte Programmierung). Er korrespondiert mit der systemtheoretischen Vorgehensweise, zum Zweck der Komple-

xitätsreduktion Problembereiche dadurch zu strukturieren, daß Elemente (Dokumente) identifiziert und Relationen zwischen diesen Elementen (dokumentverwaltende Leistungen) betrachtet werden.

Ferner weist der objektorientierte Ansatz den Vorzug einer hohen Modularität auf, so daß Modifizierungen - insbesondere Erweiterungen und Verfeinerungen - von dokumentorientiert entworfenen Verwaltungssystemen im Vergleich zu anderen Strukturierungskonzepten relativ einfach zu vollziehen sind. Schließlich kann auf eine Vielzahl "natürlich" gewachsener Dokumentklassen, wie etwa Korrespondenz, Unternehmungsstatistiken oder Prüfungsberichte, zurückgegriffen werden, die den Mitarbeitern in den Unternehmungsverwaltungen als Denkmuster bereits gut vertraut sind.

Die Dokumentverwaltung läßt sich als eine spezielle informationsverarbeitende Funktion auffassen. Sie zerfällt in die Subfunktionen Dokumenterstellung (Informationsakquisition), Dokumentarchivierung (Informationsspeicherung), Dokumentbearbeitung (Informationsverarbeitung i.e.S.) und Dokumenttransfer (Informationsaustausch, Kommunikation). Die Subfunktion der Dokumentein- und -ausgabe steht etwas außerhalb der vorgenannten vier, da sie eher informationstechnischer als dokumentbezogener Natur ist und sich mit den anderen Subfunktionen des öfteren überschneidet. Dennoch erlangt sie im "Büro der Zukunft" größere Bedeutung, da Dokumente an der Schnittstelle zwischen Menschen und Automaten immer wieder Ein-/Ausgabeprozessen unterliegen, vor allem beim computerunterstützten Editieren von Dokumenten (Kombination aus Dokumenterstellung und -eingabe) und beim computerunterstützten Wiederauffinden bereits vorhandener, zu bearbeitender oder zu verschickender Dokumente (Kombination aus Dokumentarchivierung und -ausgabe).

### 3.1.2 Dokumenterstellung und -bearbeitung

Die Aufgaben der Dokumenterstellung und -bearbeitung werden infolge ihrer breiten funktionellen Überschneidung unter den Begriff der Dokumentverarbeitung subsumiert. Expertensysteme, die diesen Bereich von Verwaltungsleistungen unterstützen, werden insbesondere für die Zwecke der Formular- und der Textverarbeitung entwickelt.

#### 3.1.2.1 Intelligente Formularverarbeitung

Das Konzept der wissensbasierten Formularverarbeitung geht davon aus, daß sich zahlreiche Verwaltungsleistungen mit der Hilfe von (halb-)strukturierten Formularen abwickeln lassen. Als Beispiele seien Formulare für die Anforderung von Büromaterial, für die Beantragung und Abrechnung von Dienstreisen oder für die Ausarbeitung von Produkt-Offerten genannt. Expertensysteme können ihre Benutzer bei der Erfüllung solcher Aufgaben durch ihr Wissen über die korrekte Formularverarbeitung unterstützen. Hierzu zählen vor allem prozedurales Wissen über die zweckgerechte Abfolge von Verarbeitungsschritten und deklaratives Wissen über die zwingend erforderlichen Formularinhalte.

Im Gegensatz zu starren, benutzer- und inhaltsunabhängigen Menüsystemen der konventionellen Datenverarbeitung kann ein Expertensystem in Abhängigkeit von der jeweils betroffenen Dokumentart und dem bereits erstellten Dokumentinhalt seinen Benutzer anleiten, welche Schritte er als nächste ausführen müßte. Es ist möglich, die Unterstützung flexibel an das Vorwissen und die Führungsbedürfnisse des Benutzers anzupassen. Z.B. läßt sich Wissen über die Eigenarten von unterschiedlichen Benutzerklassen vorhalten und in "Benutzermodellen"<sup>87)</sup> an das tatsächliche Benutzerverhalten durch Auswerten des Mensch-Maschine-Dialogs dynamisch

anpassen. Auf solche Leistungen wird später unter dem Aspekt kooperativer Benutzerschnittstellen ausführlicher eingegangen.

Expertensysteme lassen sich zunächst einsetzen, um Formulare, die an einem Arbeitsplatz eintreffen, hinsichtlich ihrer Art zu klassifizieren und bezüglich ihres Inhalts zu interpretieren<sup>88</sup>). Hierzu gehört z.B. die Fähigkeit, aus dem Wissen über das artspezifische Layout eines Formulars abzuleiten, in welchen Formularfeldern welche Informationsinhalte (etwa der Formular-Absender) zu erwarten sind.

Weiterhin können Expertensysteme Wissen einsetzen, um dem Benutzer Teile der Formularverarbeitung abzunehmen. Beispielsweise lassen sich Informationen, die zum Ausfüllen eines Formularfelds erforderlich sind, von Expertensystemen selbständig aus entsprechenden Datenbanksystemen abfragen, die nicht notwendig bautechnische Bestandteile der Expertensysteme zu sein brauchen. So können etwa Produktkosten bei der Erstellung einer Angebotskalkulation aus CAD- oder Produkt-Datenbanksystemen abgefragt werden. Bei der Planung von Dienstreisen lassen sich Formularfelder über An- und Abreisen sowie voraussichtliche Beförderungskosten aus Datenbanken von Reiseveranstaltern und aus Wissen über die unternehmensinternen Modalitäten der Reisekostenabrechnung (Verpflegungs-/Übernachtungs-Pauschalen, Kilometersätze usw.) ableiten.

Schließlich läßt sich die Problemlösungskomponente von Expertensystemen heranziehen, um im Zusammenwirken mit Wissen über richtige und umfassende Formularausprägungen die Benutzereingaben auf Konsistenz, Plausibilität und Vollständigkeit zu prüfen. Falls diese Anforderungen verletzt werden, ermöglicht es die Erklärungskomponente, dem Benutzer zu erläutern, warum seine Eingaben fehlerhaft sind. Unter Umständen klärt sie auch darüber auf, in welcher Weise er zu einer korrekten Formularversion gelangen könnte.

Hinzu kommt bei Expertensystemen für die Formularverarbeitung zumeist noch die Unterstützung des Versendens von erstellten oder bearbeiteten Formularen sowie des Empfangens von (weiter) zu bearbeitenden Formularen. Hierauf wird unten im Zusammenhang mit dem Dokumentaustausch eingegangen. Zwei Expertensysteme, die das skizzierte Leistungspotential der Formularverarbeitung in ersten Ansätzen verwirklichen, stellen die Exemplare COUSIN<sup>89)</sup> und LENS<sup>90)</sup> dar. Speziell für die Planung und Abrechnung von Dienstreisen wurde das - bereits oben erwähnte - Expertensystem ODYSSEY<sup>91)</sup> entwickelt.

### 3.1.2.2 Intelligente Textverarbeitung

Expertensysteme für die intelligente Textverarbeitung konzentrieren sich zur Zeit auf den Spezialfall der Korrespondenzverwaltung<sup>92)</sup>. Hierzu rechnet die inhaltliche Auswertung der Eingangspost, bei der - wie bereits oben im Hinblick auf die Formularinterpretation kurz angesprochen - Wissen über formale Standards des Korrespondenz-Layouts benutzt wird, um vorab wesentliche Briefinhalte zu extrahieren. Dabei handelt es sich z.B. um Datum, Absender, Grußfloskel und Betreffvermerk. Aufgrund der inhaltlichen Analyse des Briefrumpfs kann die eingehende Korrespondenz nach der Wichtigkeit der angesprochenen Themen vorsortiert und den jeweils zuständigen Mitarbeitern zugestellt werden (Näheres zur Inhaltsanalyse von Dokumenten im Kapitel 3.1.3). Aus der Überwachung von Fehlzustellungen erlernen Expertensysteme u.U. Kenntnisse über variierende Mitarbeiterzuständigkeiten und Änderungen im Personalbestand. Auf diese Weise könne sie ihr entsprechendes Organisationswissen selbständig aktualisieren.

Die Inhaltsanalyse ermöglicht auch ein "Herausfiltern" von Sendungen, die für ihre Adressaten offensichtlich unwichtig sind, wie etwa im Fall unaufgefordert zugestellten Werbematerials. Korrespondenz von mittlerer Bedeutung, die nicht unmittelbar weiterverarbeitet wird, läßt sich in einem elektronischen Briefkasten ablegen. Für spätere Sichtungen kann ein inhaltsbezogenes Register erstellt werden. Es ist möglich, diese Register durch kurze inhaltliche Zusammenfassungen der eingegangenen Post zu ergänzen, um dem Briefkasten-Inhaber eine schnelle inhaltliche Sichtung zu gestatten. Ebenso lassen sich Zusammenfassungen in der Gestalt von knappen Aktennotizen für Dokumentationszwecke erstellen.

Antwortschreiben können - hier schwimmt jedoch die Grenze zu konventionellen Textverarbeitungssystemen erheblich - Rechtschreibkontrollen und stilistischen Verbesserungsvorschlägen (z.B. vereinfachte Satzkonstruktionen oder Synonyma für häufig wiederholte Ausdrücke) unterzogen werden. Die Realisierung der vorgenannten Funktionen wird beispielsweise mit den o.a. Automaten EPISTLE<sup>93)</sup> und EPIKUR<sup>94)</sup> angestrebt. Zum Teil ist es auch möglich, Antwortschreiben automatisch zu generieren. Über die konventionelle Verwendung von Textbausteinen hinaus kann auf allgemeines Wissen über die "übliche" Korrespondenzgestaltung, gegebenenfalls auch auf spezialisiertes Wissen über die Erwartungshaltung der Korrespondenzempfänger zurückgegriffen werden, um die Textbestandteile zu einem homogenen Ganzen zusammenzufügen.

Die KI-Technologie bietet zu diesem Zweck im wesentlichen zwei Konzepte an. Das erste erstreckt sich auf die "Skripten", die ursprünglich zur Generierung von natürlich anmutenden Gesprächen in typischen Kontextsituationen, etwa in einem Restaurant, benutzt wurden. Sie lassen sich jedoch ebenso als "Text-Skelette" anwenden, in die einzelfallabhängige Informationen für die Erstellung individueller Korrespondenz eingebettet werden.

Zweitens ist es möglich, auf den bereits früher vorgestellten Ansatz für die Konfigurierung komplexer technischer Systeme zurückzugreifen. Mit seiner Hilfe können Textkomponenten so ausgewählt und verknüpft ("konfiguriert") werden, daß der resultierende Gesamttext einer vorgegebenen inhaltlichen Aussageabsicht - etwa der werbewirksamen Präsentation eines neuen Produkts - unter Wahrung einer Vielzahl von Nebenbedingungen entspricht. Solche Restriktionen können beispielsweise bestehen in der Vorgabe einer maximalen Briefflänge, in einem bestimmten Verbindlichkeits- und Höflichkeitsgrad für floskelhafte Redewendungen oder im Einhalten gewisser Formulierungs- und Layoutstandards, die



ein einheitliches Erscheinungsbild der Unternehmung gegenüber Dritten wahren sollen ("corporate identity").

Über die Korrespondenzverarbeitung hinaus ist der Konfigurierungs-Ansatz auch schon benutzt worden, um Expertensysteme für die Erstellung und Bearbeitung von Geschäftsverträgen als spezieller Dokumenten-Klasse hervorzubringen. Hierbei wird vor allem die Möglichkeit genutzt, die Textkomposition auf ein breites Wissen über einzuhaltende juristische und betriebswirtschaftliche Restriktionen der Vertragsgestaltung zu stützen. Wissen bezüglich der notwendigen Vertragsinhalte kann dazu dienen, editierte Vertragswerke auf Vollständigkeit zu prüfen. Auf diesem Konfigurierungs-Ansatz beruht z.B. das Expertensystem KOKON<sup>95</sup>), das zur Zeit im Verbundprojekt WISDOM entwickelt wird. Expertensysteme dieser Art weiten den Aspekt der Dokumentverarbeitung aus in Richtung auf intelligente Beratungssysteme, bei denen Dokumente als sachliche Arbeitsergebnisse hinter die Dienstleistung der Beratung in den Hintergrund treten.

Andere Anwendungsbereiche solcher dokumenterstellenden Beratungssysteme bilden vor allem Lebensversicherungs-, Vermögensanlage- und Finanzierungsverträge. Diese - schon an früherer Stelle angesprochenen - Expertensysteme werden entwickelt, um aus vorgegebenen Versicherungs-, Anlage- bzw. Finanzierungszielen sowie Nebenbedingungen (etwa Lebensalter, Einkommenslage, Bonität) kundenspezifische Verträge abzuleiten. Gerade zu einer Zeit, in der sich Unternehmungen aus dem Versicherungs- und Bankgewerbe anschicken, neue Kundenpotentiale durch individualisierte und integrierte Versicherungs- und Bankdienstleistungen zu erschließen, dürfte solchen Expertensystemen eine interessante Marktchance zukommen.

Im Rahmen multinationaler Unternehmungsaktivitäten gewinnen Expertensysteme für die teil-automatische Textübersetzung an Bedeutung<sup>96)</sup>. Obwohl die erheblichen sprachwissenschaftlichen Probleme von Übersetzungsprozessen bei weitem noch nicht gelöst sind, befinden sich doch schon erste Systeme für die Übersetzungsunterstützung im experimentellen Einsatz. Hauptanwendungsgebiete sind Geschäftskorrespondenz, Produktbeschreibungen (einschließlich Software-Dokumentationen) sowie Patentschriften und Fachaufsätze im Forschungs- und Entwicklungsbereich.

### 3.1.3 Dokumentarchivierung

Unter Dokumentarchivierung wird der gesamte Komplex aus dem Ablegen, dem Vorhalten (Speichern) und Wiederauffinden ("retrieval") von Dokumenten verstanden. Auf Techniken der Dokumentspeicherung wird nicht weiter eingegangen, weil es sich vorrangig um ingenieurtechnische Probleme der Massenspeicher-Technologie handelt, die in keinem engen Zusammenhang mit der Wissensverarbeitung von Expertensystemen stehen.

Die Dokumentablage ist insofern bedeutungsvoll, als in ihr wesentliche Vorarbeiten für das spätere Wiederauffinden von Dokumenten erfolgen. Einen entscheidenden Beitrag leistet die KI-Forschung hier durch Expertensysteme, welche auf ähnliche Techniken wie bei der inhaltlichen Korrespondenzverarbeitung zurückgreifen. Sie vermögen selbständig Dokumentinhalte zu erschließen und in einer semantischen Repräsentation derart zu beschreiben, daß auf die Dokumente später inhaltsadressiert zugegriffen werden kann<sup>97)</sup>. Dies erspart einerseits bei der Dokumentablage die zeitaufwendige und oftmals monotone Arbeit des "manuellen" Anlegens von Dokument- und Deskriptorenverzeichnissen. Andererseits braucht der Benutzer später keine formale Dokumentidentifikation - wie z.B. eine Registraturnummer - ausfindig zu machen, sondern kann sich auf die Angabe erwünschter Dokumentinhalte beschränken.

Sowohl für die Inhaltserschließung bei der Dokumentablage als auch für das inhaltsbezogene Wiederauffinden von Dokumenten spielen die Techniken der qualitativen Textanalyse<sup>98)</sup> eine ausschlaggebende Rolle. Diese Techniken knüpfen - im Gegensatz zur konventionellen Textanalyse - nicht an dem quantitativen Maßstab an, wie oft ein Ausdruck in einem Dokument vorkommt, um dessen Eignung als Deskriptor des Dokumentinhalts zu beurteilen. Wegen der Möglichkeit, den gleichen Sachverhalt mit einer Vielzahl unterschiedlicher Formulierungen anzusprechen, bleibt eine solche vornehmlich lexikalisch-

syntaktisch ausgerichtete Analyse in ihrer semantischen Beschreibungsfähigkeit unbefriedigend. Bei der qualitativen Textanalyse wird dagegen auf der Basis von Konzepten zur Repräsentation des Inhalts von sprachlichen Konstrukten versucht, den Dokumentinhalt in einer Weise zu erfassen, die von lexikalischen und syntaktischen Variationen der Ausdrucksweise unabhängig ist.

Das Dokumentretrieval läßt sich über die Inhaltsbezogenheit hinaus noch benutzerfreundlicher gestalten durch Expertensysteme, die zur automatischen Textkondensierung<sup>99)</sup> befähigt sind. Hat ein Benutzer seinen Wunsch nach bestimmten Dokumentinhalten spezifiziert, so werden ihm von einem solchen System die passenden Dokumente - oder gar nur Verweise auf die Bezugsquellen der Dokumente - nicht schlicht ausgegeben. Vielmehr ist in der Wissensbasis in Benutzermodellen festgehalten, welche Inhalte von Interesse sind. Unter Umständen enthalten sie auch Angaben darüber, in welcher Form diese Inhalte präsentiert werden sollen (z.B. vornehmlich als Texte, Graphiken oder Tabellen).

Die aufgefundenen Dokumente stimmen meist mit dem inhaltlichen Benutzerinteresse nicht vollauf überein, sondern weisen irrelevante Passagen auf oder betreffen - jeweils isoliert betrachtet - nur Teilaspekte des Informationsinteresses. Ein textkondensierendes Expertensystem faßt nach Maßgabe seines Benutzermodells diese Dokumentinhalte in einem Report so zusammen, daß der Benutzer ein homogenes und - bezüglich der separaten Quellen - integriertes Dokument als Retrieval-Antwort erhält. Wenn im Benutzermodell Angaben über das Vorwissen des Benutzers enthalten sind, kann das kondensierte Dokument auf diejenigen Informationen eingeschränkt werden, die aus der Benutzersicht neuartig sind.

Da auf diese Weise nicht nur Dokumente wiederaufgefunden, sondern Antwort-Dokumente originär erzeugt werden, liegt eine Kombination von Dokumentarchivierung und -erstellung vor. Insofern bildet die Textkondensierung einen weiteren Beitrag der KI-Forschung zur oben

thematisierten intelligenten Textverarbeitung. Einfache Demonstrationen der Fähigkeit zur automatischen Textkondensierung liefern Systeme wie FRUMP und SAM, die z.B. Meldungen ("Dokumente") von Nachrichtenagenturen inhaltlich zu Kurzberichten zusammenzufassen vermögen<sup>100</sup>).

Expertensysteme, die speziell für den Zweck der Dokumentarchivierung entwickelt wurden<sup>101</sup>), haben jedoch bis heute die o.a. Konzepte der inhaltlichen Textanalyse und -kondensierung noch nicht in nennenswertem Umfang berücksichtigt. Allerdings liegen erste Ansätze - wie z.B. beim Expertensystem KOFIS<sup>102</sup>) - vor, Wissen zur Erleichterung des Wiederauffindens von Dokumenten einzusetzen, indem etwa Kenntnisse über in der Vergangenheit erfolgreiche Retrieval-Strategien herangezogen werden.

### 3.1.4 Dokumenttransfer

Die beiden bereits o.a. Bereiche der Formular- und Korrespondenzverarbeitung schließen zumeist auch die Funktion des Dokumenttransfers ein, der beim erstgenannten überwiegend unternehmungsintern, beim zweitgenannten dagegen unternehmungsextern orientiert ist. Expertensysteme, welche diese Transferfunktion unterstützen sollen, müssen über ein breites Vermittlungswissen verfügen, das sich in der Hauptsache auf Wissen über die Aufbau- und Ablauforganisation der Unternehmungsverwaltung (Organisationsmodelle), über verfügbare Dokumentquellen (Archivmodelle), über die Möglichkeiten des unternehmungsexternen Nachrichtenaustauschs (Telekommunikationsmodelle) sowie über Informationsvoraussetzungen und -interessen der Dokumentsender und -empfänger (Benutzermodelle) erstreckt.

In die Funktion des Dokumenttransfers wird oftmals die betriebswirtschaftlich weitaus gewichtigere, nicht notwendig dokumentbezogene Funktion der Koordinierung arbeitsteilig erbrachter Verwaltungsprozesse eingebettet<sup>103</sup>). Denn ein spezielles Koordinierungskonzept, daß in den letzten Jahren gerade durch Beiträge seitens der KI-Technologie fruchtbare Fortentwicklungsimpulse erfahren hat, erstreckt sich auf die Synchronisation der Aufgabenerfüllung aller Prozeßbeteiligten durch Austausch von Nachrichten ("Dokumenten") zwischen diesen Akteuren<sup>104</sup>). Oftmals nehmen diese Nachrichten die Gestalt von bürotypischen Formularen an, deren Erstellung und Bearbeitung wie ein roter Faden den gesamten Verwaltungsprozeß durchzieht.

Um ein Beispiel herauszugreifen, sei kurz der arbeitsteilige Prozeß einer komplexen Vorgangsbearbeitung, der Erstellung eines Jahresabschlusses, angesprochen. Die gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich Aufbau und -inhalt sowie die unternehmungsspezifischen Usancen bezüglich der Ausfüllung verbleibender Gestaltungsspielräume bilden den Rahmen, innerhalb dessen

mehrere Mitarbeiter an der Erstellung und Bearbeitung von einzelnen vorstrukturierten Formularen (z.B. Umsatzaufstellungen und Anlagenspiegel) zusammenwirken. Schließlich müssen diese Einzelformulare in einem Jahresabschluß als übergeordnetem Komplex-Formular integriert werden. Ein Expertensystem kann diese arbeitsteiligen Dokumentverarbeitungsprozesse dadurch koordinieren<sup>105</sup>), daß es den Mitarbeitern die zu bearbeitenden Formulare zustellt, Bearbeitungsziele und -fristen vorgibt sowie die bearbeiteten Formulare weiterleitet.

Im Falle von Terminüberschreitungen analysiert das Expertensystem die Auswirkungen auf den Gesamtprozeß und plant gegebenenfalls auch die Aufgabenzuordnung neu. Es hält in seiner Wissensbasis den jeweils aktuellen Stand aller verteilten Formularbearbeitungen so vor, daß einerseits alle Mitarbeiter zur Erfüllung ihrer Aufgaben auf eine konsistente Informationsbasis zugreifen können (Einhaltung zeitlicher Integritätsbedingungen) und andererseits eine fortschreitende Formularintegration zum erstrebten Jahresabschluß erfolgt.

Die Realisierung dieser anspruchsvollen Koordinierungsfunktionen setzt zunächst Wissen über Art und Abgrenzung der zu erfüllenden Teilaufgaben voraus. Hinzu kommt spezielles aufbauorganisatorisches Wissen über die stellenspezifischen Aufgabenprofile, zu deren Erfüllung die Mitarbeiter jeweils verpflichtet oder geeignet sind. Ebenso ist ablauforganisatorisches Wissen erforderlich über die Reihenfolgen, in denen Teilprozesse der Abschlusserstellung aufeinanderfolgen müssen, weil in der Regel Prozesse existieren, die erst begonnen werden können, sobald die Ergebnisse von anderen Prozessen vorliegen.

Ein Expertensystem, das diese Koordinierung arbeitsteiliger Büroprozesse - gestützt auf den Austausch von Formularen - leisten soll, stellt das bereits oben erwähnte Exemplar LENS dar. Es befindet sich allerdings bezüglich der skizzierten Koordinierungsfunktion noch in einer überwiegend konzeptionellen Entwicklungsphase. Ein früherer Ansatz in dieser Richtung, der zwar zu keinem Expertensystem im hier vertretenen Sinne führte, aber bereits die dokumentabhängige Koordinierung von verteilten Verwaltungsprozessen untersuchte, erfolgte im Projekt SCOOP<sup>106</sup>).



### 3.1.5 Dokumente in- und -ausgabe

Für die Ein- und Ausgabe von Dokumentinhalten (Informationen) dienen im Rahmen der KI-Technologie hauptsächlich Beiträge der Musterverarbeitung im weitesten Sinne. Zu dieser gehören im Bürobereich Bildverarbeitung und akustische Sprachverarbeitung.

Bildverarbeitende Expertensysteme lassen sich bei der Archivierung einsetzen, um Dokumente automatisch einzulesen, die mit dem Informationsträger Papier fixiert wurden<sup>107</sup>). Neben der Erkennung von isolierten Schriftzeichen, die bereits in der Übergangszone zu konventionellen Automaten geleistet wird, erlauben weitergehende Ansätze das Erschließen von unleserlichen Einzelzeichen durch die inhaltliche Kontextanalyse<sup>108</sup>). Ebenso ist es möglich, handschriftliche Eingaben zu verarbeiten, etwa zum Zweck der benutzerfreundlichen Erfassung von Randnotizen, Aktenvermerken u.ä.<sup>109</sup>).

Höhere Ansprüche an die KI-Technologie stellt die Fähigkeit, graphische Dokumentbestandteile nicht auf syntaktischer Ebene als Pixel-Muster abzuspeichern, sondern in semantischer Weise als Graphik-Bedeutung zu repräsentieren. Experimentelle Expertensysteme mit diesem Leistungspotential existieren<sup>110</sup>), werden aber zu meist noch nicht auf Graphiken des Verwaltungsbereichs angewendet, sondern auf das Erkennen von Objekten in Landschaftsbildern, Verkehrsszenen und Zeichnungen.

Eine "exotische" Variante der Unterstützung der Dokument-Eingabe erstreckt sich auf die Besonderheiten des japanischen Schriftsystems. Diesbezüglich sind Expertensysteme entwickelt worden, die Zeichen aus dem Kana- in den Kanji-Schrifttyp übersetzen. Hierdurch wird die mühselige Eingabe anspruchsvoller Kanji-Texte, die aus einem Vorrat von 2.000 bis 3.500 unterschiedlichen Zeichen schöpfen, erheblich erleichtert. Zu diesem Zweck muß auf eine breite Basis linguistischen Wissens sowie auf die Fähigkeit zur Inhalts- und Kontextanalyse von Zeichenketten zurückgegriffen werden<sup>111</sup>).

Die Verarbeitung akustischer Sprachmuster läßt sich sowohl auf der Ein- als auch auf der Ausgabeseite der Dokumentverwaltung verwenden<sup>112)</sup>. So soll die ergonomisch belastende tastatur- und bildschirmorientierte Bedienung von informationsverarbeitenden Automaten durch die Möglichkeit, mit ihnen akustisch zu kommunizieren, erheblich vereinfacht werden. Das Erkennen kontinuierlicher, d.h. nicht durch deutliche Pausen unterbrochener Benutzeräußerungen wie auch die Synthese "natürlich" anmutender, also z.B. satzstellungs- und inhaltsabhängig modulierter Computerausgaben<sup>113)</sup> sind allerdings bei weitem noch nicht so ausgereift, daß sie zur Zeit im Routinebetrieb Anwendung finden könnten.

Im Rahmen des "speech filing"-Konzepts und der Sprachannotation wird versucht, gesprochene Anmerkungen zu Arbeitsgängen (etwa zur Aktenbearbeitung) oder Äußerungen von Unternehmungsexternen, die fernmündlich im Büro eintreffen, automatisch aufzuzeichnen und so der späteren inhaltlichen Weiterverarbeitung zu erschließen<sup>114)</sup>. Noch ambitionierter ist ein Ansatz, der die akustische Sprachverarbeitung mit der intelligenten Korrespondenzverwaltung zu kombinieren versucht<sup>115)</sup>: Es wird beispielsweise versucht, mündlich vorgetragene Diktate ("Dokumente") unmittelbar in Schriftform zu transformieren, um stenographische oder phonotypistische Zwischenleistungen zu substituieren.

Expertensysteme, die inhaltsunabhängig sprecherindividuelle Sprachmuster mit hoher Zuverlässigkeit zu identifizieren vermögen<sup>116)</sup>, lassen sich einsetzen, um zum Zweck des Datenschutzes die Berechtigung von Personen, auf vertrauliche Daten zuzugreifen, in benutzerfreundlicher Weise zu überprüfen. Im Bereich der Auftragsverwaltung - vor allem im Versandhandel - kann die Identität von Kunden verifiziert werden, die fernmündlich einen verbindlichen Auftrag erteilen. Ein Expertensystem für diesen Anwendungsbereich stellt der sprecheridentifizierende Automat SPREE<sup>117)</sup> dar.

Über die Musterverarbeitung hinaus weist ein Zweig der KI-Forschung, der sich - im Gegensatz zum konventionellen Informations- und Dokumentationswesen - intensiv mit der Aufbereitung der aufgefundenen Dokumente beschäftigt. Er betrifft die Ausgabe von Dokumentinhalten, die in Automatischen Archivierungssystemen mit der Hilfe abstrakter Repräsentationsschemata gespeichert sind, in der Gestalt von leicht lesbaren Berichten mit Text- und Graphik-Bestandteilen.

Im Zusammenwirken mit Erkenntnissen der kognitiven Psychologie wird versucht, Wissen zu erschließen, das Expertensysteme in die Lage versetzen würde, aus den abstrakt repräsentierten Dokumentinhalten einerseits und ihren Benutzermodellen andererseits Dokumente derart auszugeben, daß die Dokumentgestaltung vom Benutzer als "übersichtlich", "präzise", "informativ" o.ä. empfunden wird. Hierzu wäre beispielsweise Wissen erforderlich, ob ein statistischer Dokumentbestandteil für einen bestimmten Benutzer eher in tabellarischer oder graphischer Form oder sogar als verbale Statistikzusammenfassung "adäquat" repräsentiert würde. Als Einflußgrößen müßten z.B. das Volumen der statistischen Informationen, ihre Heterogenität und die bekundeten Benutzerpräferenzen hinsichtlich des Formalisierungsgrads der Dokumentausgabe berücksichtigt werden. Auf diesem Gebiet hat jedoch die - dort ohnehin bescheidene - KI-Forschung noch kaum zu greifbaren Resultaten geführt<sup>118</sup>).

Eine Ausnahme von dieser Einschätzung stellt die automatische Textkondensierung dar, die einen Spezialfall der Aufbereitung der Dokumentausgabe bildet und bereits an früherer Stelle vorgestellt wurde. Im Zusammenhang mit der Dokumentaufbereitung sind hier linguistische Erkenntnisse aus der KI-Forschung herauszustellen, die es erlauben, aus der automateninternen Repräsentation ("Tiefenstruktur") der Dokumentinhalte "flüssig" anmutende natürlichsprachliche Texte ("Oberflächenstruktur") zu erzeugen<sup>119</sup>).

### 3.2 Kooperative Benutzerschnittstellen

#### 3.2.1 Grundlegende Konzepte für die intelligente Mensch-Maschine-Kommunikation

Mit dem Konzept der kooperativen Benutzerschnittstellen<sup>120)</sup> wird das Ziel verfolgt, die Informationsvermittlung an den Schnittstellen zwischen einem technischen System (einer "Maschine") und seinen Benutzern so zu gestalten, daß die Arbeitsweise des Systems - an seiner Benutzeroberfläche - der Denkweise des Menschen angepaßt wird. Hiermit wird die maschinenzentrierte Vorgehensweise der Vergangenheit, die Benutzer durch Schulungsmaßnahmen an die Spezifika von technischen Systemen zu gewöhnen, aufgegeben. Stattdessen tritt die Kooperativität als Adaption der Anwendungsbedingungen von Technik an die Bedürfnisse des Menschen in den Vordergrund. Daher wird dieses Gestaltungskonzept auch mit dem Ziel des Entwurfs "konvivialer Systeme" umschrieben.

Im Hinblick auf das "Büro der Zukunft" sollen kooperative Benutzerschnittstellen hauptsächlich den Zugang zu Systemen der automatischen Informationsverarbeitung erleichtern, von denen voranstehend das breite Spektrum dokumentenverwaltender Automaten näher beleuchtet wurde. Daneben können kooperative Benutzerschnittstellen aber auch an der Nahtstelle zwischen Unternehmensverwaltung und Unternehmensumwelt eingesetzt werden, um die mittelbare - vor allem durch Telekommunikationstechniken vermittelte - Kommunikation zwischen Unternehmensinternen und -externen zu unterstützen.

Das Konzept solcher Schnittstellen wird jedoch zunächst anhand einer spezialisierten Variante eingeführt, weil diesbezüglich entwickelte Expertensysteme den historisch frühesten und auch heute noch bei weitem häufigsten Anwendungsfall kooperativer Benutzerschnittstellen darstellen. Es handelt sich hierbei um den benutzerfreundlichen Zugriff auf Datenbanksysteme. Die Konzepte der Benutzerunterstützung, die von solchen in-

telligenten Auskunftssystemen entfaltet werden, lassen sich ohne Schwierigkeiten auf die umfassendere Funktion der o.a. Informationsvermittlung verallgemeinern.

Den Schwerpunkt der Gestaltung kooperativer Benutzerschnittstellen bildet die Entwicklung wissensbasierter, natürlichsprachlicher Automaten<sup>121</sup>). Es wird auf ihr Leistungspotential jedoch nur insoweit reflektiert, als sich Bezüge zur kooperativen Informationsvermittlung herstellen lassen. Darüber hinaus stehen die Ausführungen unter dem Vorbehalt, daß nur ein Konzept erörtert wird. Denn die Möglichkeit, mit Computern natürlichsprachlich zu kommunizieren, wird zur Zeit erst in Ansätzen und nur von wenigen, noch prototyphaft anmutenden Automaten verwirklicht<sup>122</sup>). Immerhin reichen diese ersten Ansätze aus, um das grundsätzliche Entwicklungspotential kooperativer Benutzerschnittstellen zu demonstrieren und seine Realisierungschancen unter Beweis zu stellen.

Der Zugriff auf Informationen, die in konventionellen Datenbanksystemen vorgehalten werden, ist durch die rigiden Syntaxanforderungen gekennzeichnet, die von ihren formalen Abfragesprachen gestellt werden. Dagegen erlauben kooperative Benutzerschnittstellen eine erhebliche Vereinfachung der Mensch-Maschine-Kommunikation. Der Benutzer kann in (fast) natürlicher Weise seine Anfragen formulieren. Hoch entwickelte syntaktische und semantische Analysetechniken gestatten, daß von der Schnittstelle Mehrdeutigkeiten, satzverkürzende Auslassungen (Ellipsen), inhaltliche Bezugnahmen auf Vorhergesagtes (Anaphora), fehlerhafte implizite Voraussetzungen bezüglich des Diskursbereichs der Informationssuche (Präsuppositions- und Präsumptionsverletzungen) und ähnliche Probleme der natürlichen Sprache aufgelöst werden.

Das inhaltliche Sprachverständnis wird durch Benutzermodelle erweitert, in denen - wie bereits mehrfach angesprochen - Angaben über das spezielle Vorwissen und Informationsinteresse der Benutzer vorgehalten wird. Durch dieses benutzerspezifische Schnittstellenwissen wird ein wesentlicher Beitrag zur Fokussierung auf relevante Informationen geleistet, der über die Komfortfunktion der natürlichsprachlichen Kommunikationsmöglichkeit deutlich hinausgeht.

Ferner versetzen KI-Techniken eine kooperative Benutzerschnittstelle in die Lage abzuschätzen, ob die unmittelbare Beantwortung einer Anfrage das Informationsbedürfnis ihres Benutzers tatsächlich erfüllen würde. Durch die Kombination von Informationen des Benutzermodells über die Benutzerinteressen mit allgemeinem "Weltwissen" der Schnittstelle vermag diese oftmals abzuleiten, daß eine direkte Antwort diesen Interessen nicht gerecht würde. Dies wäre z.B. der Fall, wenn ein Benutzer in einem Datenbanksystem (Bezugsquellen-Nachweissystem) feststellen möchte, ob Informationen über die derzeit günstigste Beschaffungsalternative für einen Rohstoff vorliegen. Ein direktes "Ja" als Automatenantwort könnte jedoch - trotz seiner Korrektheit - nicht zufriedenstellen. Eine kooperative Schnittstelle vermag in einer solchen Situation das Benutzerinteresse zu identifizieren, die erfragte Beschaffungsmöglichkeit explizit genannt zu erhalten.

Dieses Konzept der wissensinduzierten Überbeantwortung<sup>123)</sup> läßt sich für den Zweck des Zugriffs auf Datenbanksysteme in mehreren Richtungen fortentwickeln, von denen nur einige exemplarisch angeführt seien. In inhaltlicher Hinsicht kann beispielsweise eine weiterführende Überbeantwortung vollzogen werden, indem nicht nur die explizit formulierte Informationsanfrage des Benutzers an die angeschlossenen Datenbanksysteme herangetragen wird, sondern eine Erweiterung zu einem Spektrum ähnlicher, aber nicht identischer Anfragen erfolgt. Zu diesem Zweck wird die natürlichsprachliche Anfrageformulierung als eine unscharfe Äußerung aufge-

faßt, die sich in ein semantisches Netz von inhaltsverwandten sprachlichen Konstrukten einbetten läßt. Da in einem solchen Netz der Abstand zwischen Netzknoten der inhaltlichen Ähnlichkeit der jeweils repräsentierten Konstrukte entspricht, kann der Benutzer durch die Festlegung einer maximalen Assoziationstiefe im semantischen Netz vorgeben, wie weit seine explizite Informationsnachfrage mit inhaltlich ähnlichen Nachfragen verknüpft werden soll<sup>124</sup>).

Die vorgefundenen Informationen, die aus heterogenen, voneinander unabhängig entwickelten und somit des öfteren widersprüchlichen Quellen stammen, lassen sich in eine Wissensbasis einbetten. Auf diese können Inferenztechniken angewendet werden, die erlauben, das Spektrum aller logischen Konsequenzen aus den vorgehaltenen Informationen abzuleiten. Hiermit ist es möglich zu prüfen, ob die verfügbaren Informationen widerspruchsfrei sind<sup>125</sup>). Im Falle von Konsistenzverletzungen wird der Benutzer auf die widersprüchlichen Informationen hingewiesen, um vertiefte Recherchen zur gezielten Widerspruchsbehebung zu veranlassen.

Die Wissensbasis einer kooperativen Benutzerschnittstelle kann neben ihrem Benutzermodell auch Modelle aller Datenbanksysteme enthalten, auf deren Zugriff sie ausgelegt ist. Diese Datenbankmodelle ermöglichen es der Schnittstelle, selbständig die potentiell geeignetsten Exemplare auszuwählen, wenn ein Benutzer Informationen aus einem bestimmten Informationsbereich sucht. Die Identifizierung der anzusprechenden Datenbanksysteme wird ihm von der Schnittstelle abgenommen.

Die Kombination von Benutzer- und Datenbankmodellen erlaubt es, die nur einmal erfolgende Informationsanfrage zu einer (quasi-)kontinuierlichen Überwachung der in Frage kommenden Informationsquellen auszuweiten. Hierbei übernimmt die Schnittstelle die Aufgabe, das in ihrem Benutzermodell gespeicherte Wissen anzuwenden, um in bestimmten, ebenfalls vom Benutzer festgelegten Zeitintervallen selbständig die angeschlossenen Daten-

banksysteme abzufragen, ob neue Informationen aus dem Interessenbereich des Benutzers vorliegen. Im positiven Fall können diese Informationen - etwa als sofort weitergeleitete Alarmmeldungen oder über einen vereinbarten Zeitraum hinweg aggregiert - dem Benutzer als aktualisierende Überbeantwortung seiner ursprünglichen Anfrage übermittelt werden.



### 3.2.2 Ein exemplarischer kooperativer Dialog

Die voranstehenden Ausführungen zum Konzept der kooperativen Benutzerschnittstellen mögen dem Verdacht euphorischer Übertreibung im Hinblick auf ihre Realisierungschancen ausgesetzt sein. Um diesem möglichen Einwand zu begegnen, wird ein beispielhafter Dialog mit einer bereits verwirklichten Schnittstelle - dem natürlichsprachlichen Automaten HAM-RPM<sup>126)</sup> - dargestellt sowie in bezug auf die erfüllten Sprach- und Kooperationsleistungen kommentiert.

Der ursprüngliche Anwendungsbereich - die Vermittlung eines Hotelzimmers<sup>127)</sup> - erscheint im Hinblick auf die betriebliche Informationsvermittlung nicht glücklich gewählt. Daher wurde er vom Autor - unter möglichst enger Anlehnung an das Original - auf den Bereich des Einzelhandels übertragen; es erfolgt ein Beratungsgespräch bezüglich einer Zimmereinrichtung. Im Vordergrund steht hier nicht der Zugriff auf Informationen eines Datenbanksystems, sondern die kooperative und - hinsichtlich der Absicht, einen Kundenauftrag zu erhalten, - intentionale Vermittlung von Informationen über das Leistungsangebot eines Handelsbetriebs an einen potentiellen Kunden. Hiermit wird der o.a. zweite Anwendungsbereich von kooperativen Benutzerschnittstellen, die Vermittlung zwischen Unternehmungsumwelt und -verwaltung, wiederaufgenommen.

Im folgenden Dialog werden die Benutzereingaben durch den Hinweis "Kunde" gekennzeichnet, die Ausgaben des Automaten durch sein Akronym "HAM-RPM":

Kunde: 0221 236609

HAM-RPM: Möbelhaus Furner, Guten Abend!

Kunde: Guten Abend, hier spricht Briegel aus Bonn.

HAM-RPM: Was kann ich für Sie tun, Herr Briegel? (Der Automat erkennt die Symbolsequenz "Briegel", deren Bedeutung ihm zunächst unbekannt ist, durch die semantische Analyse ihres Kontexts als den Namen einer Person. In seinem Benutzermodell unterstellt er hypothetisch männliches Geschlecht für die Anredeformulierung. Im Falle späterer Informationen, z.B. der Nennung ihres weiblichen Vornamens, könnte die Person eine Anpassung dieser Benutzerhypothese auslösen.)

Kunde: Ich interessiere mich für eine Zimmereinrichtung, die in spätestens zwei Wochen geliefert werden kann. Ich habe nämlich meiner Tochter versprochen, daß sie ihr Zimmer zu ihrem 16. Geburtstag neu einrichten darf.

HAM-RPM: Gewiß, ich will mal sehen ... Eine Jugendzimmer-Einrichtung, lieferbar bis zum 15.11. hätten Sie gern? (Die Affirmationsfloskel "Gewiß" dient zur Beruhigung des Kunden während der Suche nach einer Antwort und zur Simulation eines natürlichen Gesprächspartners. Der Automat ergänzt die unpräzise Kundenanfrage, die nur eine Zeitspanne für den gewünschten spätesten Liefertermin, aber nicht deren Beginn enthält, durch die Hypothese, die Zeitspanne beginne mit dem Datum des Anrufs. Der Automat schließt aus dem Inhalt des 2. Satzes, daß der Anrufer nicht an einer Zimmereinrichtung im allgemeinen interessiert sei, sondern an einer speziellen für seine Tochter. Deren Altersgruppe wird aus der Geburtstagsangabe mittelbar abgeleitet. Der Automat entnimmt seinem klassifikatorischen Wissen, daß das Möbelhaus Furner einen speziellen Typ von Zimmereinrichtungen für jugendliche Personen führt.)

Kunde: Ja, bitte.

HAM-RPM: Ja, da haben wir mehrere interessante Angebote. Haben Sie irgendeinen besonderen Wunsch? (Der Automat übernimmt die Dialog-Initiative, weil der Kunde kein konkretes Anliegen vorträgt. Der Automat geht aber aufgrund seines Modells über typische Kommunikationsprozesse davon aus, daß der Anrufer von der Auflistung sämtlicher in Frage kommender Angebote informativ überlastet würde und u.U. schnell das Kaufinteresse verlöre. Daher wird versucht, den Gesprächsfokus auf kleinere Unterklassen des Jugendzimmer-Angebots durch Erfragen zusätzlicher klassifikatorischer Merkmale einzuschränken. Um den Kunden während dieses Spezifizierungsdialogs "bei Laune" zu halten, wird versucht, dessen Aufmerksamkeit durch die Floskel "interessant" aufrechtzuerhalten.)

Kunde: Gibt es eine Schrankwand mit eingebauter Bar oder eingebautem Klappbett?

HAM-RPM: Wir führen keine Schrankwand mit eingebauter Bar, aber wir können Ihnen eine mit eingebautem Klappbett anbieten. (Der Automat würde mit einem schlichten "Ja." zwar die Frage des Kunden korrekt beantworten. Doch antizipiert er die mutmaßliche Folgefrage, ob der Grund für eine solche positive Antwort das Vorhandensein nur einer eingebauten Bar, nur eines eingebauten Klappbetts oder beider Bestandteile zusammen sei. Zur Verkürzung des Dialogs vollzieht der Automat eine Überbeantwortung. Darüber hinaus beugt er der Gefahr vor, daß der Kunde eine klärende Nachfrage unterläßt und unter Umständen - ausgehend von seinem eigenen, die logische Struktur einer "oder"-Frage nicht klar reflektierenden Frageverständnis - die Antwort "Ja." im Sinne einer der beiden unzutreffenden Antwortmöglichkeiten fehlinterpretiert. Darüber hinaus verkürzt der Automat seine Antwort in elliptischer Weise durch Fortlassen des wiederholten Objektbegriffs "Schrankwand" im 2. Halbsatz.)

Kunde: Eine Sitzgarnitur mit Sofa und zwei Sesseln?

HAM-RPM: Ja. (Der Automat vermag die syntaktisch unvollständige Kundenfrage korrekt zu interpretieren und auf den Diskursbereich anzuwenden. Zur Dialogstraffung erfolgt eine kurze elliptische Antwort, deren korrekte inhaltliche Auslegung von einem Kunden mit durchschnittlicher Sprachkompetenz erwartet werden kann.)

...

Kunde: Gehört vielleicht ein Schreibtisch zur Einrichtung?

HAM-RPM: Ja, ein Schreibtisch ist tatsächlich eingeschlossen. (Der Automat deutet den inhaltlich unscharfen Ausdruck "vielleicht" nicht im wörtlichen Sinne der Unsicherheit von Wissen, sondern - in Übereinstimmung mit der Gesprächssituation - als sprachliche Konvention zur Umschreibung von Zweifeln des Fragestellers. Durch den bekräftigenden Zusatz "tatsächlich" versucht der Automat, die zweifelnde Disposition des Kunden zu zerstreuen.)

Kunde: Hoffentlich ist das Bett einigermaßen hart gefedert.

HAM-RPM: Ja, das Bett dürfte Ihren Erwartungen entsprechen. (Der Automat erkennt die in der expliziten Kundenäußerung implizit enthaltene Anfrage, ob das Bett einigermaßen hart sei. Um diese mittelbare Frage zu beantworten, greift er auf seine Wissensbasis zurück. Sie enthält das Faktum, daß das Bett einen Kern aus federnden Holzlatten aufweist. Der Automat erkennt die fehlerhafte Präsumpion des Kunden, daß das Bett notwendig einen Kern aus (Stahl-)Federn besitze. Infolge dieser Präsumpionsverletzung verliert die Kundenfrage nach der Weichheit der "Federung" zwar nicht ihren Sinn, kann aber strenggenommen nicht beantwortet werden. Dennoch versagt der Automat nicht die Beantwortung dieser Frage, sondern unterstellt, daß das primäre Kundeninteresse auf die Weichheit des Bettes, nicht aber auf die physikalischen Bestandteile des Bettinnern gerichtet ist. Ferner leitet der Automat aus der Art der Frage ab, daß die Intention des Kunden auf ein hartes Bett zielt. Schließlich assoziiert der Automat in seiner Wissensbasis das hölzerne Bettinnere mit der Eigenschaft eines harten "Federungs"komforts. Da der Automat die individuellen, nur unscharf umschriebenen Vorstellungen des Kunden über "einigermaßen" harte Betten nicht kennt, drückt er diese Begrenztheit seines Benutzermodells durch die Floskel "dürfte" aus.)

Kunde: Wie meinen Sie das?

HAM-RPM: Es besitzt einen Kern aus gesundheitsförderlichen Holzlatten. (Der Wechsel von der objekt- zur metasprachlichen Ebene wird vom Automaten erkannt. Mit Hilfe seiner Erklärungskomponente legt er dem Kunden sein faktisches Wissen offen, das ihn zu seiner Antwort gelangen ließ. Darüber hinaus hätte er auch die weiteren Annahmen über die Absicht der Benutzerfrage angeben können, die er zur Ableitung der Antwort angewendet hat. Im Interesse der Dialogbeschränkung unterstellt er aber - gestützt auf sein Benutzermodell -, daß eine solche logisch vollständige Erklärung gar nicht im Erklärungsinteresse des Kunden liegt. Zusätzlich fügt der Automat das Attribut "gesundheitsförderlich" ein, weil er aus dem Dialogbeitrag des Kunden sein a priori-Benutzermodell um die Annahme erweitert hat, daß es sich bei dem Kunden - oder seiner Tochter - um eine gesundheitsbewußte, weil weiche Federung ablehnende Person handeln muß. Um ihre Kaufmotivation zu fördern, wird dieses einstellungsbestätigende Attribut benutzt.)

Darf ich Ihnen eine Beschreibung der Zimmereinrichtung vom Typ "Nicole", über die wir soeben gesprochen haben, mit einem verbindlichen Angebot zukommen lassen, Herr Briegel? (Der Automat unterbindet ein weiteres Abschweifen des Dialogs dadurch, daß er die Dialoginitiative wieder an sich zieht und den Kunden zu einer Entscheidung drängt.)

Kunde: Ja gern.

HAM-RPM: Ihre Adresse? (Der Automat erkennt, daß sein Benutzermodell nicht ausreicht, um die Unterlagen dem Kunden zuzustellen. Er übernimmt nochmals die Dialoginitiative, um seine Wissensbasis zu vervollständigen.)

Kunde: Moselweg 9.

HAM-RPM: Ich werde Ihnen also morgen Unterlagen über die Zimmereinrichtung Typ "Nicole", lieferbar in spätestens zwei Wochen, in den Moselweg Nr. 9 in Bonn zukommen lassen. (Der Automat faßt selbständig den Gesprächsinhalt so weit zusammen, wie er für die Unterlagenzusammenstellung relevant ist. Zugleich antizipiert er den möglichen Kundenwunsch, den Gesprächsinhalt noch einmal zu bestätigen. Die unvollständige Adressenangabe des Kunden wird durch die Information im Dialoggedächtnis, daß der Kunde eingangs seinen Wohnort mit "Bonn" benannte, ergänzt.)

Vielen Dank und auf Wiedersehen, Herr Briegel.

In Verbindung mit der akustischen Spracherkennung lassen sich solche natürlichsprachlichen Schnittstellen-Expertensysteme einsetzen, um in Zeiten fehlender oder eingeschränkter Verwaltungsbereitschaft - z.B. in den Abend-/Nachtstunden oder an Feiertagen - fernmündliche Anfragen von Kunden oder seitens der interessierten Öffentlichkeit inhaltlich auszuwerten und in einfachen Fällen - unter Rückgriff auf ihre Fähigkeit zur automatischen Sprachsynthese - direkt zu beantworten<sup>128</sup>).

Hierbei kann auch auf Leistungspotentiale zurückgegriffen werden, die oben in bezug auf die intelligente Korrespondenzverwaltung angesprochen wurden. So ist es möglich, eingehende Anfragen nach ihrer inhaltlichen Dringlichkeit zu ordnen und an Mitarbeiter in der Unternehmungsverwaltung weiterzuleiten, die für den Anfragegegenstand verantwortlich oder fachlich kompetent sind. Kundenaufträge können entgegengenommen, entsprechende Nachrichten an Fertigung, Versand und Rechnungs-

wesen übermittelt sowie Auftragsbestätigungen, unter Umständen auch Rechnungen, unmittelbar ausgestellt und den Kunden zugesandt werden.

Angesichts zunehmender Verbreitung von modernen Telekommunikationstechniken - wie z.B. Mailboxen und Bildschirmtext - läßt sich für Expertensysteme mit Kommunikationsfähigkeiten dieser Art ein bedeutsames zukünftiges Anwendungspotential erwarten. Dieser Trend dürfte durch das wachsende Auseinanderklaffen zwischen betrieblichen Ansprech- und individuellen (flexibler gestalteten) Arbeitszeiten noch verstärkt werden<sup>129</sup>). Für den Versandhandel werden solche Expertensysteme derzeit schon in Betracht gezogen<sup>130</sup>).

### 3.2.3 Aspekte der Benutzerfreundlichkeit

Kooperativen Benutzerschnittstellen kann auf den ersten Blick das Attribut der Benutzerfreundlichkeit ohne Einschränkungen zugeschrieben werden, da bei ihrer Entwicklung die Prinzipien der Benutzerorientierung und -unterstützung in den Vordergrund der Systemgestaltung gerückt sind. Als herausragende Qualität ist nochmals auf die Möglichkeit der natürlichsprachlichen Mensch-Maschine-Kommunikation zu verweisen, welche die Akzeptanzbarrieren der syntaktisch rigiden konventionellen Computersprachen überwindet. Hinzu kommen die o.a. weiterführenden Komfortfunktionen, wie z.B. die Überbeantwortung und die Konsistenzprüfung.

Allerdings bewirkt die Natürlichsprachlichkeit einen ambivalenten Charakter von kooperativen Benutzerschnittstellen. Denn gerade die Möglichkeit, Aufträge und Anweisungen an ein informationsverarbeitendes System in inhaltsbezogener, umgangssprachlicher Weise zu formulieren, birgt die Gefahr in sich, daß die Mensch-Maschine-Kommunikation durch Mißinterpretationen verzerrt wird. Das Schnittstellen-Expertensystem kann Instruktionen seines Benutzers in einer anderen Weise inhaltlich auslegen, als von diesem beabsichtigt wurde. Ebenso vermag der Benutzer die natürlichsprachlichen Ausgaben des Automaten anders zu deuten, als es dessen inhaltlichem Sprachverständnis gerecht würde. Es fehlt die Kontrollfunktion der strengen Syntax von konventionellen Computersprachen, die bei einem Dissens zwischen den Sprachanforderungen des automatischen Systems und der Sprachanwendung durch den menschlichen Benutzer zu meist zu einem Abbruch der Systemprozesse führt.

Bei der natürlichsprachlichen Kommunikation mit einer kooperativen Benutzerschnittstelle kann also der Fall eintreten, daß das System von einer anderen Interpretation der unscharfen natürlichsprachlichen Ausdrücke ausgeht als sein Benutzer, aber beide Seiten von der Existenz dieses Dissenses keine Kenntnis erlangen. Das

Schnittstellen-Expertensystem würde eine andere Informationsnachfrage befriedigen, als vom Benutzer intendiert. Da das Expertensystem jedoch "ordnungsgemäß" arbeitet, ließe sich der interpretationsbedingte Fehler bei der Informationsvermittlung nur aufdecken, wenn der Benutzer die Gültigkeit der Automateninterpretation überprüfte. Dann träte aber der paradoxe Sachverhalt ein, daß die natürlichsprachliche Kommunikationsmöglichkeit, die den Umgang mit dem System "hinter" der Schnittstelle erleichtern sollte, durch die Forderung der Interpretationskontrolle zu erheblichen Kommunikationsbelastungen führen würde.

Wie groß die Gefahr natürlichsprachlicher Interpretationsdissense tatsächlich ist, kann zur Zeit noch nicht überblickt werden, zumal sie von den jeweils verfolgten linguistischen Automatenkonzepten und den zugrundeliegenden Diskursbereichen abhängt. Doch verdeutlicht sie, daß die Natürlichsprachlichkeit von Automaten nicht nur als ein Beitrag zur Erhöhung ihrer Benutzerfreundlichkeit zu begreifen ist<sup>131)</sup>.

Ein wesentlicher Aspekt der Benutzerfreundlichkeit von intelligenten Schnittstellen besteht in ihrem Gebrauch von Benutzermodellen, die durch die Angaben über Vorwissen und Interessenlage der Schnittstellenbenutzer wesentlichen Einfluß darauf ausüben, welche Informationen in welcher Gestalt an diese Benutzer vermittelt werden. Bereits im Zusammenhang mit Expertensystemen für die Dokumentverwaltung ist mehrfach auf diesen Aspekt der selektiven und aktiv gestaltenden Informationsvermittlung hingewiesen worden.

Durch diese "Informationsfilterung"<sup>132)</sup> wird einerseits versucht, die Mensch-Maschine-Kommunikation auf das "Wesentliche" in benutzerfreundlicher Gestalt zu konzentrieren. Andererseits birgt diese Filterfunktion aber auch die Gefahr in sich, daß dem Benutzer ihn interessierende Informationen vorenthalten werden. Denn das Benutzermodell drückt nur eine Hypothese des Expertensystem(entwicklers)s über mutmaßliche Benutzercha-



rakteristika aus. Infolge unzureichender Modellvalidität ist es möglich, daß das Expertensystem von anderen Benutzerbedürfnissen ausgeht, als dem tatsächlichen Benutzer angemessen wäre. Hieraus können Effekte der Unterdrückung relevanter Informationen oder der Ausgabe überflüssiger Informationen resultieren.

Dem gewöhnlichen betrieblichen Benutzer fehlen die Kenntnisse im Bereich des knowledge engineering, die erforderlich wären, um solche Mängel der Benutzermodellierung festzustellen. Daher bleibt er im allgemeinen darauf verwiesen, der Angemessenheit der Repräsentation seiner Informationsbedürfnisse im Automaten zu vertrauen.

Angesichts einer - oftmals durch Erfahrung begründeten - weit verbreiteten Skepsis gegenüber der Zuverlässigkeit Automatischer Informationsverarbeitungssysteme erheben sich Bedenken: Dieser ungewollte, aber mögliche Nebeneffekt der Informationsfilterung könnte die Benutzerfreundlichkeit von kooperativen Schnittstellen-Expertensystemen zu einer partiellen Benutzerfeindlichkeit - zumindest Benutzerverunsicherung - pervertieren lassen. Denn die Benutzer fühlen sich solchen Automaten, die sie intellektuell nicht mehr zu beherrschen vermögen, u.U. ohnmächtig ausgeliefert. In diesem Fall muß mit erheblichen Akzeptanzwiderständen bei den potentiellen Expertensystem-Benutzern gerechnet werden.

### 3.3 Integration durch einheitliche Benutzeroberflächen

Das Konzept der kooperativen Benutzerschnittstellen läßt sich zu einem umfassenderen Gestaltungsansatz für das "Büro der Zukunft" verallgemeinern. Hierbei spielt die deklarative Benutzeroberfläche von Expertensystemen, die eingangs als ein wesentliches Bestandteil der Definition intelligenter Automaten vorgestellt wurde, eine herausragende Rolle. Es wird von der Zielvorstellung ausgegangen, den Zugriff auf alle informationsverarbeitenden Automaten, die zur Unterstützung von Verwaltungsleistungen im Büro eingesetzt werden, in einem einheitlichen, kooperativen Zugangssystem zusammenzufassen.

Dieses Zugangssystem schiebt sich zwischen die Benutzer und jene Automaten, die unmittelbar zur Leistungserstellung beitragen. Hierdurch werden die gewöhnlich von Automat zu Automat variierenden Benutzungskonventionen, insbesondere Kommando- und Programmiersprachen, vor den Benutzern verdeckt. Die Benutzer kommunizieren nur noch mit dem Zugangssystem direkt. Das Zugangssystem leitet vermittels seines Wissens über Operationsweisen und -voraussetzungen aller angeschlossenen Automaten die Benutzeranforderungen nach Unterstützungsleistungen an die jeweils erforderliche Automatenkonfiguration weiter. Die Benutzer müssen sich nicht mehr um die technischen Details der Bedienung der jeweils betroffenen Automaten kümmern. Sie können sich vielmehr darauf beschränken, nur die eine Kommunikationsart mit dem allgemeinen Zugangssystem zu beherrschen. Auf diese Weise wird die vorhandene Automatenvielfalt zu einem virtuellen Gesamtsystem mit einer homogenen, zugleich jedoch multifunktionalen Benutzeroberfläche integriert.

Falls dieses Zugangssystem durch ein Expertensystem mit den Eigenschaften einer kooperativen Benutzerschnittstelle realisiert wird, kann - unter den oben diskutierten Vorbehalten - mit einer bemerkenswerten Steigerung der Benutzungsfreundlichkeit der automatisierten Büroeinrichtungen gerechnet werden. Zu den angestrebten Komfortfunktionen zählt z.B. die natürlichsprachliche Mensch-Maschine-Kommunikation. Ebenso rechnet hierzu die wissensbasierte Benutzerberatung beim Gebrauch von Instrumenten zur automatenunterstützten Informationsverarbeitung.

Der Benutzerberatung dienen intelligente "Hilfe"-Systeme und "Tutor"-Komponenten, zu denen die KI-Forschung im Rahmen von CAI-Systemen (Computer Aided Instruction) eine Vielfalt von Expertensystemen hervorgebracht hat, auf die hier nur kurz verwiesen sei<sup>133</sup>). Zu den Besonderheiten intelligenter CAI-Systeme gehört, daß sie aufgrund ihrer Benutzermodelle unterschiedlich umfangreiche und detaillierte, d.h. individuell zugeschnittene Beratungsleistungen anzubieten vermögen. Durch Überwachung des Benutzerdialogs ist es möglich, Mißverständnisse von Benutzern über die Funktionalität der im Zugriff befindlichen Instrumente aufzudecken. Die Tutorsysteme könne die Benutzer - ohne deren Hilfeforderung - aktiv auf diese Mängel hinzuweisen, unter Umständen sogar Vorschläge für eine zweckgerechtere Instrumentenanwendung unterbreiten.

Die integrierte, einheitliche Benutzeroberfläche des "Büros der Zukunft" knüpft an eine Schwerpunktverschiebung fort von der Gestaltung prozeduraler Anwendungsprogramme hin zur Beschreibung schlecht-(vor)strukturierter Probleme an, die mit dem Übergang von konventionellen Informationsverarbeitungs- zu Expertensystemen verbunden ist. Hierauf wird im Anhang anlässlich der Diskussion alternativer Expertensystem-Definitionen näher eingegangen.

Im Kontext von Büro-Expertensystemen bedeutet diese Schwerpunktverlagerung, durch das Konzept der kooperativen, multifunktionalen Benutzeroberfläche eine vielfältige, hinsichtlich fortwährender Erweiterungen offene Sammlung von Instrumenten für die automatenunterstützte Informationsverarbeitung zur Verfügung zu stellen. Diese Instrumente sind auf arbeitsteilig gehandhabte Problembereiche mit nur schwach ausgeprägter ex ante-Strukturierung spezialisiert<sup>134)</sup>.

Die Auswahl der Instrumente und das Ausmaß, in dem die Erfüllung von Verwaltungsleistungen den Automaten übertragen wird, sollen in der Entscheidungsfreiheit der Mitarbeiter im Büro verbleiben. Im Gegensatz zu starren Ablaufstrukturen konventioneller Anwendungsprogramme ist beabsichtigt, den Menschen bei der Handhabung schlecht-strukturierter Verwaltungsprobleme nicht in a priori vorgegebene Verwaltungsstrukturen zu zwingen.

Vielmehr soll ihm eine möglichst große Flexibilität beim Instrumenteneinsatz eingeräumt werden. Hierzu trägt bei, hinsichtlich der zweckgerechten Benutzung automatenunterstützter Instrumente zu beraten, aber keine bestimmte Benutzungsweise vorzuschreiben. Die kooperativen Schnittstellen-Leistungen ermöglichen es, daß die Benutzer sich nicht um die sekundären technischen Aspekte der Instrumentenanwendung kümmern müssen. Sie können sich stattdessen mit der primären Aufgabe der Problembeschreibung und -handhabung befassen.

Erste Ansätze zur Entwicklung von Expertensystemen, die einheitliche Benutzeroberflächen zur Integration verschiedenster informationsverwaltender Büro-Automaten schaffen sollen, liegen bereits vor. Hierzu zählen z.B. die Exemplare AiD<sup>135)</sup> und CONSUL<sup>136)</sup> als typische Schnittstellen-Expertensysteme für den Verwaltungsbe-  
reich.

Ein breiter angelegtes Konzept zur Entwicklung mehrerer Expertensysteme, die jeweils unterschiedliche Verwaltungsleistungen unterstützen und in einem einheitlichen wissensbasierten Bürosystem integriert werden sollen, wird zur Zeit im Verbundprojekt WISDOM verfolgt<sup>137)</sup>. Einige Teilsysteme, wie das oben erwähnte Expertensystem KOKON für die Vertrags-Konfigurierung, befinden sich schon in der Implementierungs- und Erprobungsphase. Durch solche Komplexe kooperierender Expertensysteme werden erhebliche Schwierigkeiten aufgeworfen, deren isolierten Leistungen zu koordinieren. Dieses "verteilte Problemlösen" erfährt zur Zeit intensive Beachtung in der KI-Forschung, kann jedoch im Rahmen dieser Schrift nicht näher behandelt werden<sup>138)</sup>.

#### 4 Ansätze zur Bewertung des Einsatzes von Expertensystemen

In Anlehnung an Ulrich wird hier eine Unternehmung als ein produktives soziales System verstanden. Entsprechend läßt sich der Einsatz von Expertensystemen im wesentlichen unter den zwei Gesichtspunkten produktiver bzw. sozialer Zielsetzungen beleuchten<sup>139</sup>). Es ist nicht möglich, die Anwendung der KI-Technologie im Hinblick auf diese Ziele schlechthin als "empfehlens-" oder "vermeidenswert" zu qualifizieren, da das Bewertungsergebnis von den jeweils zugrundegelegten konkreten Automatenausprägungen und den individuellen betrieblichen Einsatzbedingungen abhängt. Daher werden nachfolgend nur Einflußgrößen aufgezeigt, die beim Einsatz von Expertensystemen Bedeutung erlangen können. Ihre tendenzielle Wirkungsweise auf die Zielerfüllung wird skizziert.

##### 4.1 Produktive Zielsetzungen

###### 4.1.1 Einführung in Bewertungskonzeption und -probleme

Produktive (leistungswirtschaftliche) Zielsetzungen erstrecken sich im wesentlichen auf die betriebliche Effizienz (Wirtschaftlichkeit). Das Effizienzziel wird hier im weiten, komparativen Sinne des Rationalisierungsziels als eine Verbesserung der Relation zwischen Nutzen und Kosten des Automateinsatzes verstanden. Nutzen und Kosten können, müssen aber keineswegs in monetären Einheiten quantifiziert werden. Auf das Problem, daß das Bewertungsergebnis über die o.a. Faktoren hinaus auch noch von der jeweils unterstellten Vergleichsalternative abhängt, bezüglich derer die Rationalisierungseffekte von Expertensystemen untersucht werden, kann hier nur hingewiesen werden<sup>140</sup>). Es werden

nachfolgend nur solche Nutzen- und Kosteneffekte herausgestellt, die für den Einsatz intelligenter Automaten spezifische Bedeutung erlangen können.

Der Autor vertritt die Vermutung, daß die wesentlichen Rationalisierungswirkungen der betrieblichen KI-Anwendung nicht in der Verminderung von Kosten, sondern in Nutzensteigerungen liegen. Diese Hypothese läßt sich allerdings derzeit kaum belegen, weil sich Expertensysteme noch kaum im betrieblichen Routineeinsatz befinden, so daß entsprechende empirische Informationen über die tatsächlichen Rationalisierungseffekte zur kritischen Hypothesen-Prüfung fehlen. Falls die Hypothese der Dominanz der Nutzenwirkungen zutreffen sollte, hätte dies für die Beurteilung des KI-Einsatzes zwei wesentliche Konsequenzen.

Erstens wäre die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit, der positive (Netto-)Rationalisierungsbeitrag von Expertensystemen nur schwer aufzuzeigen. Denn die - unten aufgelisteten - Nutzenwirkungen weisen den beurteilungstechnisch bedauernswerten Nachteil auf, oftmals nur in der Form sehr grober, vager, qualitativer Aussagen festgestellt werden zu können. Die meisten Kostenwirkungen lassen sich hingegen in ihrer Größenordnung monetär schätzen. Zudem überwiegen die Kostenmehrungen - ebenfalls nach subjektiver Einschätzung des Autors - tendenziell die Kosteneinsparungen.

Daher müßten Rationalisierungsanalysen, die sich auf die "rechenbaren" Effekte beschränken, in der Regel zu dem Ergebnis führen, daß sich der Einsatz intelligenter Automaten wirtschaftlich nicht lohnt. Der Wirtschaftlichkeitsbegriff wäre hierbei jedoch auf die quantifizierten, in der Regel in Geldeinheiten gemessenen Rationalisierungswirkungen beschränkt und aus betriebswirtschaftlicher Sicht zu eng gefaßt<sup>141</sup>).

Ein weiter Wirtschaftlichkeitsbegriff, der auch gestattet, qualitative Nutzen- und Kosteneffekte zu berücksichtigen, verließ dagegen das sichere Fundament "rechenbarer" Größen, die oftmals als einziger Ausdruck kaufmännischen Denkens mißverstanden werden. Daher scheinen betriebswirtschaftliche Bewertungsbemühungen zur Zeit vor einem Dilemma zu stehen, das sich in ähnlicher Weise bei Konzepten des CIM (Computer Integrated Manufacturing) oder der "Fabrik der Zukunft" stellt: Entweder können vertraute monetäre Wirtschaftlichkeitsrechnungen unternommen werden, die tendenziell zu negativen Resultaten führen und bedeutsame positive, aber qualitative Effekte vernachlässigen. Oder es erfolgen Kosten-Nutzen-Analysen, die auch diese qualitativen Wirkungen zu berücksichtigen versuchen, denen jedoch die Überzeugungskraft monetärer (Un-)Wirtschaftlichkeitsnachweise fehlt.

Zweitens würde eine Dominanz der Nutzeneffekte wesentliche Rückwirkungen auf die weiter unten erfolgende Erörterung der Betroffenheit sozialer Zielsetzungen nach sich ziehen. Denn ein Großteil befürchteter Beeinträchtigungen dieser sozialen Aspekte beruht auf der Annahme, Expertensysteme würden als Rationalisierungsinstrumente in dem Sinne eingesetzt werden, daß Kosten durch die Substituierung von Menschen durch Automaten eingespart werden sollen. Falls hingegen die Hypothese zutrifft, daß die Rationalisierungsbeiträge vor allem in Nutzensteigerungen liegen, verlöre die mögliche Verweigerung der Akzeptanz von Systemen, die als Arbeitsplatzgefährdung empfunden werden, eine wesentliche Grundlage.



#### 4.1.2 Nutzenwirkungen

Die möglichen Nutzensteigerungen des Einsatzes von Expertensystemen erstrecken sich vornehmlich auf die Erhöhung der Qualität von informationsverarbeitenden Leistungen, insbesondere von Verwaltungshandlungen und von Entscheidungen in beliebigen Unternehmungsbereichen.

Hierbei wird unterstellt, daß die Fähigkeit zu qualitativ verbesserter Informationsverarbeitung ein strategisches Erfolgspotential darstellt, das letztlich auch in eine Steigerung des Unternehmungserfolgs umgesetzt werden kann. Es wird weder behauptet, daß diese Potentialumsetzung im Einzelfall tatsächlich gelingt, noch wird die Schwierigkeit geleugnet, den Transfer von verbesserten Leistungen der Informationsverarbeitung in Unternehmungserfolge am Markt überzeugend zu begründen. Diese allgemeine Transferproblematik gehört aber nicht mehr zur speziellen Thematik des Expertensystem-Einsatzes.

Ein erster qualitätssteigernder Beitrag der Anwendung von Expertensystemen liegt in der Wissensakkumulation, falls die - hinsichtlich ihrer Geltung schwer zu verifizierende und durchaus umstrittene - Hypothese zutreffen sollte, daß die Qualität der Informationsverarbeitung mit der Breite und Tiefe des Wissens wächst, das zugrundegelegt wird. Beispielsweise sei auf die Auswertung einer Vielzahl von Informationsquellen verwiesen, die infolge mangelnder menschlicher Sichtungskapazität unberücksichtigt geblieben wären, durch die inhaltliche Textanalyse von Expertensystemen jedoch automatisch erfolgen kann. Diese Informationsakquisition ließe sich etwa nutzen, um die Anwendung betrieblicher Frühwarnsysteme auf ein breiteres Fundament zu stellen.

Eine Erhöhung der Qualität betrieblicher Informationsverarbeitung läßt sich auch auf dem Wege der Wissensintegration verwirklichen. Vormalis isoliert existierende, unverknüpfte Wissensbestände von Mitarbeitern werden in den Wissensbasen von Expertensystemen zusammengefaßt und aufbereitet. So ist es z.B. möglich, Wissensinkonsistenzen und Wissenslücken aufzudecken oder neue Einsichten abzuleiten, die aus "fragmentierten" Wissensquellen nicht ersichtlich sind. Ein Beispiel für das Erkennen von Inkonsistenzen wäre die unterschiedliche Handhabung von Kostenumlageverfahren in verschiedenen Abteilungen, die bei der Festsetzung und Anwendung innerbetrieblicher Verrechnungspreise zu Verzerrungen führen. Sie könnte bei der Wahl zwischen Eigenherstellung oder Fremdbezug von Vorprodukten oder Verwaltungsleistungen Fehlentscheidungen hervorrufen.

Die Qualität der Informationsverarbeitung läßt sich auch durch die Möglichkeit des räumlich und zeitlich wahlfreien Zugriffs auf das Wissen von Experten erhöhen. Indem dieses Wissen in Expertensysteme eingebracht wird, erfolgt eine Vervielfachung der "brain ware" des personell nur begrenzt verfügbaren Humankapitals einer Unternehmung. Z.B. kann die Prüfungsexpertise eines hoch spezialisierten Finanzanalysten auf eine große Anzahl von Objekten und "rund um die Uhr" angewendet werden, ohne diesen Experten stets unmittelbar konsultieren müssen. Bei der Rohstoffexploration läßt sich auf den Sachverstand "handverlesener" Geologen zurückgreifen, ohne die physische Anwesenheit des Experten vorauszusetzen. Diese räumliche Verlagerung der Wissensanwendung erlaubt es, auch solche Experten zu konsultieren, welche die klimatischen oder komfortbezogenen Bedingungen am Explorationsort zu vermeiden trachten.

Ebenso könnte die Benutzerschulung mit der Hilfe von Tutor-Expertensystemen zu den Zeitpunkten und an den Arbeitsplätzen erfolgen, in bzw. an denen gerade ein Schulungsbedarf - etwa im Hinblick auf die Verwendung eines neuen Instruments der automatenunterstützten

Textverarbeitung - entsteht. Das Warten auf das Angebot entsprechender Schulungskurse entfiere hiermit. Die Minderungen der Leistungsqualität in diesen Wartephase n ließe sich unterbinden.

Die Qualität der Informationsverarbeitung einer speziellen Art, des Treffens von Entscheidungen in Situationen erheblichen zeitlichen Entscheidungsdrucks, kann tendenziell angehoben werden. Dies ist der Fall, wenn Expertensysteme unter solchen engen Zeitbedingungen autonome Entscheidungen treffen, die zuvor von Menschen unter streßfreien Arbeitsbedingungen bei der Erstellung von Wissensbasen sorgfältig vorbereitet wurden.

Verhältnisse dieser Art liegen etwa im Fall des cash managements vor, sofern zur Wahrnehmung liquiditätspolitischer Chancen - oder zur Abwehr entsprechender Risiken - kurzfristig, bei global angelegtem cash management unter Umständen auch außerhalb der regulären Betriebszeit in den Nachtstunden, disponiert werden muß. In ähnlicher Weise kann sorgsam ausgereiftes Expertenwissen unter Realzeitbedingungen dadurch effizient angewendet werden, daß Expertensysteme zur Steuerung von Kernkraftwerken, insbesondere in kritischen Betriebszuständen, eingesetzt werden.

Bei langfristiger Betrachtungsweise läßt sich die Qualität betrieblicher Informationsverarbeitung durch die Konservierung des Wissens von hochqualifizierten Mitarbeitern sichern. Diese könnten eine Unternehmung etwa infolge der Abwerbung durch Dritte oder altersbedingt verlassen. Expertensysteme, in deren Wissensbasen das know how solcher wichtigen Mitarbeiter eingebracht wurde, verhindern dagegen eine "Wissenserosion". Ein Beispiel hierfür ist die Konservierung von Instandhaltungsexpertise, die Fachkräfte im langjährigen Umgang mit anspruchsvollen technischen Systemen (z.B. Flugzeugturbinen oder Betriebssystemen für Automatische Informationsverarbeitungs-Anlagen) erworben haben.

Informationsverarbeitende Leistungen lassen sich auch unter dem Aspekt betrachten, das Erbringen dieser Leistungen als einen Produktionsprozeß sui generis aufzufassen. Es ist möglich, die durchschnittliche Qualität dieser Produktion dadurch zu steigern, daß Qualitätsschwankungen, die für menschliche Arbeit typisch sind, vermieden werden. Z.B. werden "Rosenmontags"-Produkte oder biologisch bedingte "Mittags-Einbrüche" bei der Arbeitsaufmerksamkeit durch die automatische Leistungserstellung unterbunden, wenn der Mensch durch ein Expertensystem vollständig substituiert wird. Dies ist etwa bei Teilen der Korrespondenzverwaltung oder auch beim Abfassen von Diktaten möglich, wenn auf die Aufgaben von Phonotypist(inn)en abgestellt wird.

Aber auch bei informationsverarbeitenden Tätigkeiten, die durch Expertensysteme "nur" halbautomatisch begleitet werden, läßt sich die Arbeitsqualität versteigern. In diesem Fall können Expertensysteme durch ihre beratenden und überprüfenden Hilfestellungen die Funktion von "intelligenten Checklisten" erfüllen, die ihre Benutzer hinsichtlich Vollständigkeit und Konsistenz der Arbeitsergebnisse unterstützen.

Allgemein kann eine Verbesserung des qualitativen Outputs menschlicher Informationsverarbeitung erwartet werden, wenn Arbeitskräfte, die auf Expertensysteme zugreifen, von Routineaufgaben entlastet werden. Infolgedessen verbleibt diesen Arbeitskräften mehr Freiraum, um sich auf "wesentliche" Aufgaben und Informationen zu konzentrieren. In diesem Zusammenhang ist auf Schlagworte wie "Kreativitätsfreisetzung" oder Automaten als "Intelligenzverstärker" zu verweisen. Insbesondere spielt hierbei die Funktion von Expertensystemen, als Informationsfilter zu wirken, eine ausschlaggebende Rolle. Auf sie wurde bereits oben im Kontext der Benutzerfreundlichkeit kooperativer Schnittstellen eingegangen.

Spezielle, auch monetär einschätzbare Nutzensteigerungen lassen sich durch den Einsatz von Expertensystemen erzielen, wenn die kommerzielle Verwertung eigenerstellter Wissensbasen beabsichtigt wird. Falls diese hinreichend portabel sind, ein Erwerbsinteresse Dritter vorliegt und keine Gefahr besteht, durch die Wissensverbreitung strategische Wettbewerbsvorteile einzubüßen, können Zusatzerlöse aus der Verwertung von Expertensystem-Kernen am Softwaremarkt erzielt werden.

Der Einsatz von intelligenten Automaten kann auch außerhalb des Bereichs informationsverarbeitender Prozesse, dort allerdings in geringerem Umfang, zu Nutzenwirkungen führen. Wenn sich die Fertigung materieller Produkte durch Beiträge der KI-Forschung auch dort automatisieren läßt, wo konventionelle Bearbeitungs- und Handhabungsautomaten bisher noch nicht eingesetzt werden konnten, führt die automatische gegenüber der manuellen Fertigungsweise tendenziell zu einer Verstetigung und Erhöhung der Produktqualität. Diese läßt sich wiederum in Zusatzerlöse umsetzen, wenn als "Qualitätsprämie" zusätzliche Aufträge erlangt oder höhere Absatzpreise erzielt werden.

Die wichtigsten Eigenschaften intelligenter Roboter, die eine solche fortschreitende, qualitätsfördernde Automatisierung der Fertigung materieller Produkte ermöglichen, sind ihre Fähigkeiten zur Bildverarbeitung und zur Auswertung der Informationsmuster von Kraftsensoren. Mit deren Hilfe lassen sich z.B. Kabelbäume bei der Automobilfertigung automatisch verlegen, die infolge mangelnder Steifheit von konventionellen Automaten nicht gehandhabt werden können. Ebenso wird das Bahnschweißen von Produkten mit unregelmäßig verlaufenden, ex ante nicht vollständig bestimmten Schweißnähten möglich. Schließlich kann die Qualität ausgelieferter Produkte dadurch erhöht werden, daß musterverarbeitende Automaten eine Vollkontrolle aller gefertigten Produkte auf Toleranzüberschreitung (optische Produktvermessung) und Strukturfehler (zerstörungsfreie Werkstoffprüfung)

ausführen. Eine solche Vollkontrolle scheidet wegen des immensen Informationsverarbeitungsaufwands im allgemeinen bei der rein manuellen Ausführung aus.

Nutzenminderungen können aus dem Einsatz von Expertensystemen dagegen resultieren, wenn die - weiter unten behandelten - Effekte mangelnder Sozialverträglichkeit zu einer Verschlechterung der subjektiv empfundenen Arbeitsbedingungen führen. In diesem Fall besteht die Gefahr, daß das Arbeitsergebnis - sei es in der Form der Resultate informationsverarbeitender Prozesse oder in der Gestalt materieller Produkte - durch Minderungen der Informationsqualität bzw. der Produkterlöse erheblich leidet.

#### 4.1.3 Kostenwirkungen

Die potentiellen Kostenwirkungen des Einsatzes von Expertensystemen umfassen eine Vielzahl von Effekten, von denen nach Einschätzung des Autors die Kostensteigerungen die Kosteneinsparungen tendenziell überwiegen.

Zusatzkosten resultieren zunächst aus der Anforderung, den Automateinsatz zumeist intensiver als im Fall der Einführung konventioneller Computersysteme planen zu müssen. Denn bei den betrieblichen Anwendern liegen in der Regel ein geringerer Kenntnisstand über Konzepte der Künstlichen Intelligenz und kaum Anwendungserfahrungen im Umgang mit Expertensystemen vor.

Erhöhte Kosten der Automatenanschaffung/-herstellung müssen in Rechnung gestellt werden, weil Expertensysteme tendenziell teurer als ihre konventionellen Pendanten ausfallen. Insbesondere entstehen Zusatzkosten für:

- höhere Funktionalität,
- spezielle Hardwareanforderungen (z.B. "LISP-Maschinen") und
- geringere Auflagengrößen, da es sich derzeit zumeist noch um Prototypentwicklungen handelt, die nur geringe Umlagemöglichkeiten der sehr hohen Forschungs- und Entwicklungskosten zulassen.

Eine originäre Wissensakquisition wird erforderlich, wenn seitens der Anbieter von KI-Produkten nur Expertensystem-Schalen ohne anwendungstaugliche Wissensbasen zur Verfügung gestellt werden. Da diese Vorgehensweise zur Zeit vorherrscht - und auch in Zukunft wegen mangelhafter Kenntnisse der Systemanbieter auf dem Gebiet der Systemanwendung zu erwarten ist - bedürfen diese Kosten des knowledge engineering besonderer Beachtung. Sie stellen oftmals den Hauptbestandteil der Einführungskosten intelligenter Automaten dar. Dennoch werden sie häufig von unerfahrenen Anwendern hinsichtlich ihrer Größenordnung unterschätzt. Obendrein fallen Kosten

der Wissensakquisition auch während der Automatenutzung zur "kognitiven Automatenpflege" zwecks Anpassung der Wissensbasen an variierende Automatenanwendungen an.

KI-spezifische Zusatzkosten für Implementierungsmaßnahmen, die der Integration intelligenter Automaten in ihr betriebliches Umfeld dienen, treten vor allem als Folge von Reorganisationserfordernissen<sup>142)</sup> und Kompatibilitätsmängeln auf.

Aufbau- und ablauforganisatorische Neugestaltungen werden erforderlich, wenn der Automateinsatz Veränderungen von Arbeitszerlegung und Stellenbeschreibungen bewirkt. Hiermit ist aufgrund einer Tendenz zur Reintegration von Arbeitsinhalten an Arbeitsplätzen, die von Expertensystemen unterstützt werden, zu rechnen. Denn die weiter unten dargelegte Tendenz zur Höherqualifizierung der Benutzer von Expertensystemen führt - in Verbindung mit dem o.a. Effekt der "Intelligenzverstärkung" - dazu, daß sich an einem Arbeitsplatz mehr Arbeitsgänge als zuvor zusammenfassen lassen (job enlargement). Ebenso können die inhaltlichen Anforderungen der Arbeiten, die beim Menschen verbleiben, dadurch steigen, daß Routinetätigkeiten zunehmend auf die Automaten verlagert werden, während dem hiervon befreiten Menschen zusätzliche anspruchsvollere Aufgaben - etwa kreativer oder entscheidender Art - übertragen werden (job enrichment).

Hinzu kommt eine Tendenz zur Entkopplung der Betriebszeit von individuellen Arbeitszeiten durch kooperative Kommunikationsschnittstellen zur betrieblichen Umwelt, durch vollautomatische Fertigungsprozesse und durch die zeitliche Verschiebung von Arbeitsleistungen. Durch Kommunikationsschnittstellen bleibt eine Unternehmung für Externe ansprechbar, auch wenn dies - wie z.B. in den Abendstunden oder an Feiertagen - außerhalb der regulären Arbeitszeit erfolgt. Die menschenarme "Fabrik der Zukunft", erlaubt Nacht-, Feiertags- und Sonderschichten ohne die Anwesenheit von Arbeitskräf-



ten. Arbeitsleistungen werden zeitlich verschoben, wenn die spätere Inanspruchnahme von Expertenwissen mittels seiner Einbringung in Wissensbasen vorweggenommen wird (vgl. hierzu die o.a. Beispiele der Finanzanalyse und des cash managements).

Da individuelle Arbeitszeiten auf die vorgenannten Weisen nicht mehr streng an die Betriebszeit einer Unternehmung gebunden sind, öffnet sich ein Freiraum zur Flexibilisierung der Arbeitszeit von Arbeitnehmern. Wird dieser Handlungsspielraum genutzt, muß das Zusammenwirken von Menschen und Automaten ablauforganisatorisch neu gestaltet werden.

Inkompatibilitäten zwischen konventioneller "Daten-" und intelligenter "Symbol"verarbeitung führen zu Kosten für die wechselseitige Anpassung dieser beiden Richtungen der Informationsverarbeitung. Sie entstehen z.B. für die Implementierung spezieller Konvertierungsprogramme (die jedoch zur Zeit kaum zur Verfügung stehen) oder für die technische Entwertung derjenigen konventionellen Software, die mit symbolverarbeitenden Automaten nicht zusammenzuarbeiten vermag und in modifizierter Weise neu erstellt werden muß.

Solche Inkompatibilitäten können zwischen der graphisch-numerischen Datendarstellung in konventionellen CAD-Systemen einerseits und der - z.B. prädikatenlogischen - Wissensrepräsentation in Expertensystemen andererseits für die Auftragsverwaltung auftreten. Eine Kopplung dieser Systeme ist wünschenswert, um Kundenanfragen bezüglich der Herstellbarkeit oder der Lieferfristen für Produkte wissensbasiert rasch beantworten zu können. Allgemein führt die Unverträglichkeit konventioneller Programmiersprachen mit den LISP- und PROLOG-Dialekten, die bei der Realisierung intelligenter Automaten vorherrschen, zu erheblichen Integrationschwierigkeiten.

Diese sind derzeit zumeist noch so hoch, daß auf eine informationstechnische und organisatorische Integration der Expertensysteme zugunsten eines "Inselbetriebs" verzichtet wird. Durch diese Automatenisolation erfolgt aber eine Rückkehr zu Organisationskonzepten, die seit der Durchsetzung des Gedankens der integrierten Informationsverarbeitung als überwunden galten. Sie verursachen indirekte Kosten, die als Effizienzverluste infolge des Verzichts auf Integrationsvorteile in Erscheinung treten.

Kosteneinsparungen lassen sich dagegen bezüglich der Schulung von Automatenbenutzern erzielen, sofern die Hypothese einer "Anpassung der Automaten an den Menschen" zutrifft. Sie beinhaltet, daß intelligente Tutor-Komponenten und kooperative Benutzerschnittstellen den Automatenumgang selbst für informationstechnisch nicht vorgebildete Benutzer gegenüber konventionellen Automaten erheblich erleichtern. Zusatzkosten der Benutzerschulung fallen dagegen an, wenn sich die - unter den sozialen Wirkungen näher erläuterte - Hypothese als richtig erweist, die Einführung intelligenter Automaten erfordere eine wesentliche Höherqualifizierung ihrer Benutzer. Der Autor hält die zweite Hypothese für überzeugender, wie im Kontext der problematischen Benutzerfreundlichkeit von natürlichsprachlichen Schnittstellen exemplarisch aufgezeigt wurde.

Im Produktionsbereich lassen sich Kosten bereits bei der Entwicklung neuer Produkte einsparen. CAD-Expertensysteme vermögen durch Rückgriff auf ihr Konstruktionswissen unproduktive Wiederholkonstruktionen zu vermeiden. Ebenso erlauben sie kostensenkende Teile-Standardisierungen im Rahmen von Varianten- oder einer Baukastenkonstruktionen.

Kostensteigerungen fallen dagegen für die automaten-gerechte Änderungs- oder Neukonstruktion von Produkten an, die vor dem Einsatz intelligenter Roboter großen-teils von menschlichen Arbeitskräften mit - im Ver-gleich zu mechanischen Effektoren - höherer manueller Geschicklichkeit gefertigt wurden.

Die automaten-gerechte Arbeitsvorbereitung kann Zu-satzkosten für die Ermittlung neuer Sollzeiten (Vorga-bezeiten) verursachen. Denn infolge unterschiedlicher Kinematik und Dynamik von menschlicher Physiognomie ei-nerseits und mechanischen Systemen andererseits kommen gleichartigen Arbeitsgängen oftmals unterschiedliche Zeitbedarfe zu. Mitunter müssen auch neuartige Arbeits-gänge gebildet werden, deren Sollzeiten noch vollstän-dig unbekannt sind.

Zu einer Senkung der Kapitalbindungskosten, d.h. der kalkulatorischen Zinsen, kann es erstens dadurch kom-men, daß intelligente Roboter und ähnliche Produktions-einrichtungen zusätzliche personalarme Nacht- und Fei-ertagsschichten ("Geisterschichten") gestatten. In die-sen Schichten können kapitalfreisetzende Zusatzerlöse verdient werden, falls sonst unausführbare Aufträge mit positiven Deckungsbeiträgen vorliegen. Zweitens helfen Expertensysteme zur Sicherung der Betriebsbereitschaft von technischen Anlagen, den Entgang kapitalfreisetzen-der positiver Deckungsbeiträge zu reduzieren. Dieser fällt als Folge von ausfallbedingten Betriebsunterbre- chungen in der Gestalt von Opportunitätskosten nicht ausgeführter Aufträge an.

Material- und Energiekosten lassen sich durch den Einsatz von Expertensystemen vermindern, die wichtige Prozeßparameter dynamisch an wechselnde Prozeßbedingun-gen anpassen. Diese Parameter werden bei konventionel-ler Fertigung infolge mangelnder Regelungskapazität zu-meist nur zum Prozeßbeginn fixiert. Sie erweisen sich daher situationsspezifisch oftmals als suboptimal. Bei-spiele für intelligente Parameteranpassungen sind die Regelung von Werkzeugmaschinen durch musterverarbeiten-

de Überwachung der maschinellen Betriebszustände, die Regelung von Schweißwerkzeugen durch Verarbeitung des Schweißbildes und die Höchstlastoptimierung von energieverbrauchenden Systemen.

Einsparungen von Kosten für Wiederhol- und Nacharbeit, für Garantieleistungen oder Produzentenhaftung lassen sich als Folge der bereits oben angesprochenen höheren durchschnittlichen Produktionsqualität von Automaten gegenüber Menschen erzielen. Kosten für die Instandsetzung von Anlagen, die durch die Bearbeitung oder Handhabung fehlerhafter Produkte in Mitleidenschaft gezogen werden, können vermieden werden, wenn solche Werkstücke durch musterverarbeitende Automaten erkannt und ausgesondert werden. Hierzu gehören falsch zugeführte Teilearten, unkorrekt aufgespannte Werkstücke, beschädigte Einbauteile usw.

Kosteneinsparungen hinsichtlich der Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft werden durch Diagnose-Expertensysteme ermöglicht. Sie können bedrohlichen Anlagenverschleiß durch empirisches tribologisches Wissen über Verschleißprozesse und durch musterverarbeitendes Auswerten der Daten von Sensoren, die den aktuellen Anlagenzustand überwachen, erkennen. Hierdurch lassen sich vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen auslösen, die im Vergleich zu ausfallinduzierten ad hoc-Reparaturen kostengünstiger ausfallen. Falls eine Anlage dennoch ausgefallen ist, hilft die Diagnose- und Reparatur-Expertise von Instandhaltungs-Expertensystemen, die Zeit und den Ressourceneinsatz bis zur Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft tendenziell zu senken.

Personalkosten lassen sich einsparen, falls der Einsatz von Expertensystemen tatsächlich zu einer nennenswerten Substitution menschlicher Arbeitskräfte führen sollte. Als Beispiele sei auf die menschenarme, hochgradig automatisierte "Fabrik der Zukunft", auf Möglichkeiten der automatischen Korrespondenzabwicklung, Berichterstellung und Textübersetzung sowie auf die Bedrohung des mittleren Managements verwiesen (auf letz-

tes wird weiter unten näher eingegangen). Allerdings können solche kostensparenden Substitutionen mittelbar kompensiert werden durch Zusatzkosten für Rationalisierungsschutzabkommen (Umsetzungen) und kollektive Sozialpläne oder individuelle Abfindungen (Freisetzungen).

Weitere Kostensteigerungen können durch Effizienzverluste hervorgerufen werden, die einmalig bei der Einführung eines - wie bereits oben angedeutet - noch wenig vertrauten Automatenkonzepts anfallen. Unter widrigen Umständen fallen sie auch infolge dauerhafter Verweigerung der Akzeptanz von Automaten an, die von ihren Benutzern - siehe hierzu die u.a. Probleme mangelhafter Sozialverträglichkeit - als bedrohlich empfunden werden. Reibungsverluste durch innere Emigration, erhöhte Mitarbeiterfluktuation oder gar Beeinträchtigung der Automatenfunktionen (wie etwa der über eine Eingabe-Tastatur versehentlich oder bewußt vergossene Kaffee) müssen in Erwägung gezogen werden.

Zusatzkosten für Projektanpassung oder -abbruch treten auf, wenn nachträglich festgestellt wird, daß ein Projekt zur Einführung von intelligenten Automaten in seiner ursprünglichen Fassung gescheitert ist. Die o.a. informatorischen Defizite betrieblicher Anwender bezüglich der Künstlichen Intelligenz bewirken - verstärkt durch die weiter unten thematisierten möglichen Ursachen der Akzeptanzverweigerung durch die unmittelbaren Automatenbenutzer - ein erhöhtes Risiko der Projektdurchführung.

Mittelbare, allerdings kaum quantitativ zu beziffernde Kosten kann der Einsatz von Expertensystemen dadurch verursachen, daß über die kommerzielle Verbreitung von Wissensbasen anwendungsspezifische Inhalte, die zuvor als betriebsinternes Know-how, als "mentales Kapital" auserlesener Fachkräfte exklusiv vor den Zugriffen Dritter gehütet wurden, allgemein zugänglich

werden. Hierdurch würde eine Entwertung des Humankapitals der betroffenen Unternehmung erfolgen, die in Humanvermögensrechnungen ihren betriebswirtschaftlichen Niederschlag erführe.

Ebenso schwierig sind Zusatzkosten zu erfassen, die durch den Einsatz natürlichsprachlicher Automaten verursacht werden könnten, wenn die an früherer Stelle dargelegte Vermutung zutreffen sollte, daß die natürlichsprachliche Mensch-Maschine-Kommunikation ein besonderes Risiko der Fehlinterpretation von Benutzereingaben und Automatenantworten in sich birgt. Dann wären die Folgekosten, die aus solchen Kommunikationsstörungen resultieren, der Benutzerfreundlichkeit natürlichsprachlicher Automatenchnittstellen anzulasten.

#### 4.2 Soziale Zielsetzungen

Soziale (personalwirtschaftliche) Zielsetzungen werden unter drei Aspekten der sozialen Verantwortbarkeit des Einsatzes von Expertensystemen - ihrer sozialen Verträglichkeit, Beherrschbarkeit und Gestaltbarkeit - besonders akzentuiert<sup>143</sup>). Ziel dieser Ausführungen ist es, durch die Gegenüberstellung zweier - in kontrastverstärkender Absicht bewußt überzeichneter - sozialer Wertesysteme die Polyvalenz der Bewertung potentieller sozialer Auswirkungen von Expertensystemen hervorzuheben. War schon die Bewertung der Effizienz des Automateinsatzes von erheblichen Unsicherheiten geprägt, so erweist sich die Betrachtung sozialer Zielsetzungen zusätzlich erschwert durch ihre Abhängigkeit von dem jeweils präferierten Wertesystem und dem hiermit assoziierten Menschenbild.

#### 4.2.1 Soziale Verträglichkeit

Eine Technologie wird als sozial verträglich bezeichnet, wenn ihre Anwendung mit einem unterstellten Wertesystem - ohne Veränderung der bestehenden gesellschaftlichen Institutionen - vereinbart werden kann. Das Wertesystem I läßt sich charakterisieren durch die Schwerpunkt-Forderungen nach:

- Besitzstandssicherung, und zwar hinsichtlich:
  - = Arbeitsplatz und -einkommen sowie
  - = erworbener Qualifikationen und hiermit verknüpfter Arbeitsinhalte;
 als Komplement der Besitzstandssicherung: Vermeidung von Streß durch Anpassungsdruck bezüglich geänderter Arbeitsverhältnisse oder durch Intensivierung der Arbeit;
- Verringerung sozialer Spannungen durch Angleichung der Arbeitsverhältnisse ("sozialer Friede");
- Autonomie am Arbeitsplatz, d.h. Selbstbestimmung des Arbeitenden in bezug auf Arbeitsinhalte und Arbeitsabläufe ("Selbstentfaltung");
- Freiheit von heteronomer Überwachung der Arbeitsausführung;
- informationelle Selbstbestimmung, d.h. Entscheidung des einzelnen, welche "persönlichen" Informationen unter welchen Bedingungen welchen Empfängern zugänglich gemacht werden;
- Gelegenheit zur sozialen Interaktion inner- und außerhalb der Arbeitszeit.

Dieses Wertesystem läßt sich in grober Annäherung der Interessengruppe der "durchschnittlichen"<sup>144)</sup> Arbeitnehmer zuordnen, das u.a. durch entsprechende technologiepolitische Forderungen ihrer gewerkschaftlichen Interessenvertretungen repräsentiert wird. Darüber hinaus wird das Streben, das Kulturgut einer Gesellschaft zu wahren und zu mehren, dem Wertesystem I hinzugefügt.



Die Forderung nach Besitzstandssicherung wird durch Produkte der KI-Technologie in mehrfacher Weise verletzt. Intelligente Automaten bedrohen in ihren beiden Ausprägungen - den intelligenten Robotern und den Expertensystemen - zunächst die Sicherheit von Arbeitsplatz und -einkommen.

Intelligente Roboter gelten als eine wesentliche Voraussetzung zur Verwirklichung der menschenarmen "Fabrik der Zukunft". Mit der Hilfe von Sensoren und zugehörigen mustererkennenden sowie -verarbeitenden Programmen können sie in stochastisch veränderlichen Fabrikumwelten selbständig agieren. Roboter mit solchen Leistungsmerkmalen werden zukünftig Mitarbeiter an Arbeitsplätzen der Teilehandhabung, -transport und -montage ersetzen, die der konventionellen Automatisierungs-Technologie noch nicht zugänglich sind. Hinzu kommt die Verdrängung von Arbeitskräften durch muster-verarbeitende Expertensysteme, die vor allem in den Bereichen der Steuerung und Überwachung technischer Anlagen sowie der Sicherung der Produktqualität Anwendung finden.

Expertensysteme werden auch Arbeitsplätze in Unternehmensverwaltungen besetzen, die im Rahmen der Rationalisierung durch konventionelle Automatisierung nicht zur Diskussion standen. In wesentlich geringerem Umfang trifft dies auf Leitungsaufgaben, wie sie z.B. bei Frühwarnsystemen anfallen, zu. Expertensysteme werden insbesondere Arbeitskräfte auf der ausführenden Ebene von Sekretariat und Sachbearbeitung substituieren. Hierzu zählen etwa die automatische Korrespondenzverwaltung, Berichterstellung und Textübersetzung.

Allerdings schätzt der Autor die Freisetzungseffekte im Informationssystem deutlich geringer ein als im Basissystem der unmittelbaren Produktion absatzbestimmter Sachgüter oder Dienstleistungen. Denn im Verwaltungs- und Leitungsbereich spielen die Nutzensteigerungen durch höhere Arbeitsqualität vermutlich eine wesentlich größere Rolle als Kostenminderungen durch Personalein-

sparungen. Dagegen gilt dieses Verhältnis - zumindest in bezug auf die menschenarme "Fabrik der Zukunft" - im Basissystem nicht.

Oftmals wird es sich bei der Verdrängung menschlicher Arbeitskräfte um die relativ monotone, inhaltlich wenig interessante Behandlung von Routinefällen handeln, die jedoch noch so komplex sind, daß sie von konventionellen Automaten nicht ausgeführt werden können. Hierbei tritt die Ambivalenz des technischen Fortschritts deutlich zu Tage: Einerseits werden Arbeitsbedingungen beseitigt, die infolge ihrer Gleichförmigkeit und anspruchslosigkeit zumeist als wenig zufriedenstellend, in extremo sogar als "inhuman" empfunden werden.

Andererseits besteht jedoch das Problem der weitergehenden Beschäftigung derjenigen Arbeitskräfte, die vormals solchen Arbeitsbedingungen unterworfen waren. An ihren gewohnten Arbeitsplätzen werden sie durch Automaten substituiert; für andere Arbeitsplätze besitzen sie häufig nicht die angemessene Qualifikation (hierauf wird weiter unten näher eingegangen). Daher ist zu befürchten, daß die betroffenen Arbeitskräfte oftmals nur noch freigesetzt werden können. Es droht die scheinbar paradoxe Entwicklung einer "humanen Arbeitslosigkeit": Die Arbeitsplätze derer, die weiterhin beschäftigt werden können, werden in "Büro" und "Fabrik der Zukunft" abwechslungsreichere, gehaltvollere Arbeitsbedingungen als in der Vergangenheit aufweisen. Aber dieser Fortschritt wird vermutlich mit der Arbeitslosigkeit jener Arbeitskräfte erkauft, die bei derart veränderten Tätigkeiten nicht mehr benötigt werden.

Im Gegensatz zur Rationalisierung durch konventionelle Automatisierungs-Techniken setzen Expertensysteme das mittlere Management der neuartigen Situation aus, nicht mehr nur über die Einführung von Automaten mitzuentscheiden, sondern durch deren Einsatz auch selbst verdrängt werden zu können. Sein Arbeitsbereich wird vom Leistungspotential der Expertensysteme erstmals essentiell bedroht. Zugleich wird es aber auch von auf-

strebenden Angehörigen des unteren Managements und sogar ehemaligen ausführenden Arbeitskräften bedrängt. Diese vermögen durch inhaltliche Arbeitsanreicherung ihrer Stellen und Höherqualifizierung zunehmend Entscheidungs- und Koordinierungsfunktionen wahrzunehmen, die zuvor dem mittleren Management vorbehalten blieben. Es besteht eine Tendenz zur Verflachung der Organisationshierarchie zu Lasten der mittleren Ebenen durch den Einsatz intelligenter Automaten.

Dies gilt sowohl für Verwaltungsaufgaben im "Büro der Zukunft" - etwa auf der Ebene von Abteilungsleitern - als auch in der "Fabrik der Zukunft" für die Position von Werkmeistern. Ihre Aufgaben bei der Koordinierung von Bürotätigkeiten bzw. Fertigungsaufträgen werden zunehmend von Expertensystemen übernommen. Hierzu zählen beispielsweise Systeme, die das arbeitsteilige Erstellen komplexer Dokumente - wie die o.a. Anfertigung von Jahresabschlüssen - anstoßen und überwachen oder welche die Produktionsplanung und -steuerung im Werkstattbereich vollziehen.

Es ist nicht zu erwarten, daß die vorgenannten Freisetzungseffekte durch die Schaffung neuer Arbeitsplätze - sei es durch die Produktion von Expertensystem-Hardware oder durch die Etablierung neuer Berufsbilder in den Bereichen der Soft- und Orgware - auch nur annähernd kompensiert werden könnten. Als neuartige Beschäftigungsfelder kommen vor allem der "Wissensingenieur" und der "Kommunikationsorganisator" in Betracht.

Erster befaßt sich mit den o.a. Aufgaben der Wissensakquisition und der kognitiven Automatenpflege. Hierzu gehört insbesondere die Übersetzung des zumeist nur vagen, oftmals sogar nur implizit bewußten Expertenwissens in die explizite Darstellungsweise von Wissensbasen. Der Kommunikationsorganisator soll dagegen durch die Vermittlung zwischen Organisations-, Datenverarbeitungs- und Fachabteilungen für die Integration von Expertensystemen in ihre betriebliche Anwendungsumgebung sorgen. Dabei steht die Gestaltung der Kommuni-

kationsflüsse zwischen Arbeitskräften und Automaten im Vordergrund. Allein die neuartigen und hochgradig spezialisierten Qualifikationsvoraussetzungen dieser beiden Berufsbilder schließen sie als Auffangbecken für die meisten der freigesetzten Arbeitskräfte aus.

Über die Gefährdung von Arbeitsplatz und -einkommen hinaus werden die Arbeitskräfte, die im Umfeld des Einsatzes von Expertensystemen ihren Arbeitsplatz zu wahren vermögen, häufig einem erheblichen Qualifizierungsdruck ausgesetzt sein. Denn Expertensysteme zeichnen sich durch ihre Wissensbasen aus, in denen (u.a.) menschliches Sachwissen zur Bewältigung von Arbeitsaufgaben akkumuliert und zur problembezogenen Auswertung vorgehalten wird. Arbeitskräfte werden in Konkurrenz zu solchen Automaten langfristig nur dann ihren Arbeitsplatz sichern können, wenn sie so hoch qualifiziert sind, daß sie mindestens über deren (arbeitsplatzspezifisches) Problemlösungspotential verfügen.

Da mit der sukzessiven Ausweitung der Wissensbasen gerechnet werden muß, resultiert ein mutmaßlich permanenter Fortbildungszwang. Dies bedeutet nicht nur Streß infolge eines beständigen Qualifizierungsdrucks, sondern auch eine "kognitive Enteignung" der Arbeitnehmer durch Einbringen ihres Arbeits-Know-hows in Wissensbasen von Expertensystemen. Hinzu kommt für ihre unmittelbaren Benutzer wahrscheinlich noch die Anforderung, zusätzliche Qualifikationen für den Umgang mit dieser komplexen Technologie zu erlernen.

Es zwar wird vielfach die abweichende, bereits zuvor erwähnte Ansicht vertreten, Expertensysteme erlaubten durch ihre benutzerfreundliche - z.B. natürlichsprachliche - Oberfläche auch die Benutzung durch solche Arbeitskräfte, die keine oder nur geringe Vorkenntnisse auf dem Gebiet der automatischen Informationsverarbeitung besitzen. Gegen diese optimistische Einstellung spricht jedoch, daß der bewußte, u.U. auch kritische Umgang mit einem Instrument nur solchen Benutzern möglich ist, welche die grundsätzliche Funktionsweise des

Instruments - vor allem auch dessen Anwendungsgrenzen und -probleme - überblicken. Daher geht der Autor davon aus, daß Benutzer von Expertensystemen oftmals neuartiges Wissen über diese Automatenklasse erwerben müssen, um sie sachkundig bedienen zu können.

Der Streß infolge permanenten Qualifizierungsdrucks kann verstärkt werden durch eine tendenziell erhöhte - hier qualitativ interpretierte - Arbeitsintensität. Diese ist infolge des Umstands zu erwarten, daß an Arbeitsplätzen, die von Expertensystemen unterstützt werden, zunehmend anspruchsvollere Arbeitsinhalte zusammengefaßt werden, weil einfachere Arbeitsaufgaben verstärkt den Automaten übertragen werden. Das Arbeitsspektrum der Mitarbeiter wird dann - von entlastenden Routinetätigkeiten "befreit" - insgesamt dichter und intellektuell belastender.

Auf der anderen Seite eröffnet die Möglichkeit, auf das Wissen zurückzugreifen, das in Expertensysteme aus vielfältigen Wissensquellen eingespeist und dort zu einem weitreichenden Wissensbestand integriert wurde, den Anwendern solcher Automaten die Chance einer rascheren und qualitativ höherwertigen Informationsverarbeitung. Sofern dieses informatorische Erfolgspotential letztlich in Wettbewerbsvorteile am Markt umgesetzt wird, ist zu erwarten, daß die Anwender von Expertensystemen ihre materielle wirtschaftliche Lage in bezug auf solche Konkurrenten, die den Einsatz solcher Automaten unterlassen, zu verbessern vermögen.

Unter diesen Voraussetzungen kann - in Anlehnung an die industriesoziologische These von Kern und Schumann - eine "Segmentierung" (und "Polarisierung")<sup>145)</sup> der Arbeitsverhältnisse erfolgen: Die Chancen für Arbeitsplatz und -einkommen steigen in solchen Unternehmungen und Branchen, die sich frühzeitig der KI-Technologie öffnen, zu Lasten derer, welche auf die (möglichen) wirtschaftlichen Vorteile dieser Technologie - vor allem aufgrund sozialer Wertvorstellungen - verzichten. Hierdurch würde das Ziel, soziale Spannungen durch An-

gleichung der Arbeitsverhältnisse abzubauen, verletzt. Dieser Aspekt klang bereits oben angesichts der Befürchtung einer "humanen Arbeitslosigkeit" an.

Diese Segmentierungstendenz kann sich auf internationaler Ebene dadurch fortsetzen, daß einzelne Nationen im Rahmen eines technologiepolitischen Protektionismus die Verbreitung von intelligenten Automaten - insbesondere ihrer Wissensbasis-Komponenten - und von Werkzeugen zu ihrer Herstellung unterbinden, um am Weltmarkt konkurrierende Nationen zu behindern. Eine solche Beschränkung des Wissenstransfers über die Landesgrenzen hinweg läßt sich beispielsweise zur Zeit auf dem Gebiet konventioneller Datenbanken beobachten. Sie wird im Rahmen der Cocom-Vereinbarungen derzeit auch schon auf den Bereich intelligenter Automaten ausgedehnt<sup>146</sup>).

Der Wert der Autonomie am Arbeitsplatz wird durch die Anwendung von Expertensystemen verletzt, sofern die Wirkungshypothese der Erstarrung und Reduzierung von Arbeitsabläufen und -inhalten zutreffen sollte. Diese Hypothese beruht auf Erfahrungen aus dem Umgang mit der konventionellen Datenverarbeitung, daß die Arbeitsabläufe und -inhalte der Menschen weitgehend auf die "Sachzwänge" der Automaten ausgerichtet, insbesondere auf die starren Schablonen ihrer "formalisierten" Prozeduren eingeengt ("reduziert") werden. Zusätzlich wird (implizit) unterstellt, daß sich die zugrundeliegenden Automaten-Strukturen nur schwer ändern lassen. Hierdurch komme es zu einer Erstarrung der Arbeitsweise des Menschen unter einseitiger Anpassung an die Strukturvorgaben der Informationstechnologie.

Der erwartete breite Einsatz von arbeitsunterstützenden Expertensystemen veranlaßt zu der Befürchtung, daß die Arbeitstätigkeit einer verstärkten mittelbaren Überwachung ausgesetzt ist. Denn es liegt nahe, einen informationsverarbeitenden Automaten nicht nur zur Bewältigung arbeitsplatzbezogener Aufgaben einzusetzen, sondern ihn zugleich auch Informationen über Dauer,

verwendete Hilfsmittel und Qualität der Aufgabenbearbeitung sammeln, auswerten und weiterleiten zu lassen. Natürlichsprachliche Automaten könnten zudem verwendet werden, um informelle Gespräche der Arbeitskräfte - etwa durch Auswertung ihrer Telefonate - zu kontrollieren. Derart begründete Furcht vor dem "gläsernen" Arbeitnehmer verletzt den Wert der Freiheit von heteronomer Überwachung am Arbeitsplatz.

Ferner würde unter einer solchen intensiven Arbeitsüberwachung das Bedürfnis nach informationeller Selbstbestimmung leiden. Hinzu kommt die noch ungeklärte Frage, ob sich eine Arbeitskraft gegenüber der o.a. "kognitiven Enteignung" dadurch wehren kann, daß sie sich unter Berufung auf ihr informationelles Selbstbestimmungsrecht weigert, das im Arbeitsleben erworbene aufgabenspezifische Know-how in die Wissensbasis eines Expertensystems einzubringen.

Die Gelegenheit zur sozialen Interaktion kann ebenfalls eingeschränkt werden. Die verstärkte Arbeitsabwicklung über Expertensysteme würde die vormals zur Arbeitserfüllung erforderliche Kommunikation zwischen Mitarbeitern verringern. Die Verwirklichung der menschenarmen "Fabrik der Zukunft" führte zu kleinen Restbelegschaften, die vornehmlich Aufgaben der Steuerung und Instandhaltung von Fertigungsanlagen wahrnehmen müssen. Innerhalb der weitgehend automatisierten Fabrik wären sie räumlich oftmals derart weit voneinander entfernt tätig, daß eine natürliche zwischenmenschliche Kommunikation kaum noch zustandekäme.

Ferner besteht - in Verbindung mit Neuerungen der Telekommunikations-Technologie - die Möglichkeit einer zunehmenden zeitlichen Entkopplung zwischen Angebot und Nachfrage von Arbeitsleistungen. Als Beispiele seien Routineauskünfte von Unternehmensverwaltungen gegenüber der interessierten Öffentlichkeit, gegenüber Arbeitssuchenden oder gegenüber Kunden im Bereich von weitgehend standardisierten Produkten angeführt. Diese lassen sich zunehmend auf natürlichsprachliche Automa-

ten übertragen. Die Eingabe des erforderlichen Auskunftswissens wäre weder an die Zeiten des Auskunftbegehrens noch an die regulären Arbeitszeiten der Betriebe gebunden. Sie könnte als Telearbeit von einer Arbeitskraft zu individuell bestimmten Arbeitszeiten erfolgen. Gleiches gilt für das Einbringen von Expertenwissen in die Wissensbasis eines Beratungssystems.

Falls diese zeitliche Entkopplung von Arbeitsangebot und -nachfrage auf eine entsprechende Flexibilisierung der individuellen Arbeitszeiten fortwirkt, würden unter derzeit herrschenden Verhältnissen die Chancen der außerbetrieblichen sozialen Interaktion vermindert. Denn die Mehrzahl interaktionsvermittelnder öffentlicher Veranstaltungen orientiert sich an kollektiv genormten Arbeitszeiten, insbesondere am arbeitsfreien Wochenende. Würde dieses stabile Gefüge von gesellschaftlich weitgehend parallel verlaufender Arbeits- und Freizeit durch individuelle Arbeitszeiten aufgelöst, könnten die traditionell gewachsenen Kontaktmöglichkeiten nicht mehr im gewohnten Ausmaß genutzt werden.

Aus der Wissensakkumulation in Expertensystemen läßt sich mittelbar auf die Gefahr einer "kollektiven Verdummung" schließen. Diese Wirkungshypothese unterstellt, daß breite Segmente einer Gesellschaft, die nicht mit der Pflege der Wissensbasen von intelligenten Automaten beschäftigt sind, ihren persönlichen Wissenserwerb in dem Glauben einschränken, im Falle des Wissensbedarfs auf ein beratendes Expertensystem zurückgreifen zu können. Zugleich bedeute das Festschreiben von Wissensinhalten in Expertensystemen, daß der Wissensbestand einer Gesellschaft auf dem Status quo - zumindest über längere Zeiträume hinweg - eingefroren werde. Hierdurch träte langfristig eine Behinderung, wenn nicht gar Erlahmung des kulturellen Fortschritts in kognitiver Hinsicht ein. Allerdings muß für die Geltung dieser Verdummungs-Hypothese der o.a. permanente Qualifizierungsdruck negiert werden. Oder der Geltungs-



bereich dieser Hypothese wird auf Benutzer von Expertensystemen eingeschränkt, die nicht in Substitutionskonkurrenz mit diesen Automaten stehen.

Darüber hinaus wird befürchtet, eine Verarmung jener menschlichen Fähigkeiten, die nicht dem "Paradigma der Wissensverarbeitung" entsprechen, könne dadurch ausgelöst werden, daß Expertensysteme immer weitere Bereiche menschlicher Arbeitsleistungen durchdringen und hierbei - entsprechend der o.a. Reduktionismus-Hypothese - genuin menschliche Verhaltensweisen verdrängen. Vor allem menschliche Kreativität und Intuition seien durch den wachsenden Anteil der Mensch-Maschine-Kommunikation am Arbeitsleben als kulturelle Werte gefährdet.

Das Wertesystem II teilt mit dem vorgenannten Wertesystem I nur das Streben nach Autonomie am Arbeitsplatz, während die übrigen sozialen Werte in den Hintergrund treten. Darüber hinaus wird das Autonomieideal im Sinne einer Selbstentfaltung, die vom Besitzstandsdenken losgelöst ist, stärker ausgestaltet. Eine Technologie wird positiv bewertet, wenn sie das Potential für die Selbstverwirklichung am Arbeitsplatz durch Eröffnung neuer, anspruchsvollerer Arbeitsinhalte - einschließlich erhöhter Qualifikationsinhalte - fördert. Das breite Spektrum sozialer Werte des Systems I verengt sich hier prima facie auf das weitgehend individualistisch geprägte Selbstentfaltungsstreben.

Mittelbar können hierauf aber auch soziale Wertvorstellungen gegründet werden, wie z.B. die einer "offenen Gesellschaft", die durch Befreiung von kollektiv vermittelten Konformitätszwängen neue Spielräume für die Koexistenz unterschiedlicher Lebensauffassungen entstehen läßt. Ebenso ist es möglich, den Wert kulturellen Reichtums aus dem o.a. Wertesystem I im Rahmen dieses individualistisch-pluralistischen Ansatzes zu verankern. Das Wertesystem II kann einer Interessengruppe zugeordnet werden, die zuweilen als "aufstrebende technische Intelligenz" oder "geistiges Reservoir von Unternehmungs- und -neugründungen" bezeichnet wird.

Der Einsatz von Expertensystemen läßt sich aufgrund der bereits oben erfolgten Ausführungen mit dem Wert der Selbstentfaltung durch neue, anspruchsvollere Arbeitsinhalte vereinbaren. Denn einerseits erfolgt in der intelligent automatisierten "Fabrik der Zukunft" eine Verschiebung von einfacheren ausführenden Verrichtungen in der konventionellen Teilefertigung und -montage hin zu Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung sowie der Instandhaltung. Andererseits führt die Nutzung gehaltvoller Wissensbasen von Expertensystemen in Verbindung mit den o.a. Stimuli fortwährender Höher-

qualifizierung tendenziell zu einer Bereicherung der Arbeitsinhalte jener Arbeitsplätze, die dem Automaten-einsatz nicht zum Opfer fallen.

Parallel zur inhaltlichen Arbeitsanreicherung wird von Befürwortern der KI-Technologie darauf hingewiesen, daß gerade die anspruchsvolle Konzeption intelligenter Automaten eine flexiblere - und somit auch individuellere - Gestaltung von Arbeitsabläufen erlaube. Im Gegensatz zur Erstarrungs-Hypothese gehen sie davon aus, daß Leistungsmerkmale wie Natürlichsprachlichkeit und Erklärungsfähigkeit erstmals in nennenswertem Umfang zulassen, die Strukturen der automatischen Informationsverarbeitung an die Denkstrukturen und Verhaltensgewohnheiten des Menschen als Automatenbenutzer anzupassen ("Softwareergonomie"). Infolgedessen wachse die Autonomie am Arbeitsplatz.

Entgegen der o.a. Verdummungs-Hypothese können Vertreter des Wertesystems II die konträre Hypothese aufstellen, die Akkumulation von Wissen in Expertensystemen bewirke die Integration zuvor isolierter, der zusammenhängenden Auswertung verschlossener Wissensquellen, die von einzelnen Experten als deren geistiges Eigentum und berufliche Existenzgrundlage exklusiv genutzt wurden. Expertensysteme schafften hingegen ein allgemein zugängliches "kognitives Medium", das den frei verfügbaren Wissensbestand einer Gesellschaft nicht nur vergrößere, sondern in Verbindung mit Technologien der Wissensverbreitung (Telekommunikation) und Wissensauswertung darüber hinaus kollektive Prozesse der Wissensverbreiterung und -intensivierung stimulierere.

Ferner schränke die natürlichsprachliche Kommunikationsmöglichkeit nicht mehr die menschliche Kreativität und Intuition ein, weil auf diese Weise die Benutzung von Expertensystemen keinem reduktionistischen Einfluß formalisierter maschineller Informationsverarbeitung unterworfen sei. Vielmehr böte das Konzept kooperativer Schnittstellen eine Vielfalt von Ansatzpunkten nicht-

formalisierter Kommunikation, die auch Bedeutungen von Benutzeräußerungen (semantischer Aspekt) und Absichten dieser Benutzer (pragmatischer Aspekt) umfasse. Hinzu komme der Effekt der mittelbaren Kreativitätsfreisetzung durch Befreiung der Automatenbenutzer von Routineaufgaben.

Unter solchen Voraussetzungen eröffnet die KI-Technologie die Chance, die kulturelle Entwicklung einer Gesellschaft nicht einzuschränken, bei wohlwollender Betrachtung sogar zu fördern ("kollektiver Intelligenzverstärker"). Allerdings müßte gewährleistet sein, daß die oben angesprochene, protektionistisch motivierte Beschränkung des Zugriffs auf Wissensbasen nicht erfolgt.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die KI-Technologie im groben Raster der Wertesysteme I und II ambivalent erscheint: Im Sinne des erstgenannten stellt sie sich in mehrfacher Hinsicht als sozial unverträglich heraus. Aus der Perspektive des zweitgenannten kann sie dagegen als sozial verträglich bezeichnet werden. Hieraus läßt sich folgern, daß der Begriff der Interessen(gruppen)verträglichkeit den Sachverhalt der Technologie-Bewertung treffender bezeichnet als der Begriff der Sozialverträglichkeit. Letzter suggeriert - im Widerspruch zur realen Vielfalt divergierender Wertvorstellungen - zu Unrecht ein homogenes gesellschaftliches Wertesystem.

#### 4.2.2 Soziale Beherrschbarkeit und Gestaltbarkeit

Abschließend sei ein Ausblick auf zwei weiter gefaßte Konzepte der Technologie-Bewertung - das der sozialen Beherrschbarkeit und das der sozialen Gestaltbarkeit - unternommen. Eine Technologie gilt als sozial beherrschbar, wenn sich ihre Anwendung und die gesellschaftlichen Institutionen so aufeinander abstimmen lassen, daß das jeweils vorausgesetzte Wertesystem erfüllt wird. Als Institutionen werden hierbei im umfassenden Sinne Einrichtungen verstanden, die gesellschaftliche Regelungen (Normen) hinsichtlich des Umgangs mit der betrachteten Technologie verankern.

Mit dem Konzept der sozialen Beherrschbarkeit läßt sich die Frage aufgreifen, ob die KI-Technologie in ein modifiziertes System gesellschaftlicher Institutionen so eingebettet werden kann, daß es gerechtfertigt erscheint, sie auch im Hinblick auf das o.a. Wertesystem I als sozial verantwortbar zu bezeichnen. Diesbezüglich erforderliche Regelungen seien hier nur exemplarisch und stark gerafft angeführt.

Dem Wert der Besitzstandssicherung kann durch Rationalisierungsschutzabkommen Rechnung getragen werden. Ihre Realisierungschance hängt allerdings von der Bereitschaft potentieller Anwender von Expertensystemen ab, auf erhoffte Wettbewerbsvorteile dieser Technologie - zumindest teilweise - durch die Sozialkosten solcher Abkommen zu verzichten. Dies wäre um so weniger erforderlich, je mehr das Argument der Nutzensteigerung das der Kosteneinsparung bei der Automatenführung überwiegt. Mittelbar können monetäre Besitzstände auch dadurch gesichert werden, daß die Entgelt-Bemessung vermehrt auf abstrakte Größen, wie z.B. die Aufrechterhaltung eines reibungslosen Produktions- oder Verwaltungsablaufs, bezogen wird. Hiermit würde die Entgelthöhe nicht mehr so stark von Änderungen der Arbeitsinhalte betroffen.

Dem Streß durch Druck zu permanenter Fortbildung ließe sich dadurch begegnen, daß Arbeitsverträge aufgrund erworbener Qualifikationen abgeschlossen werden. Wegen der immanenten Verhinderung der Teilnahme am technologischen Fortschritt erscheint dieser Weg jedoch unwahrscheinlich. Vielmehr liegt es - in Anlehnung an die Fortbildungsthese von Staudt<sup>147)</sup> - nahe, in aktuellen Verhandlungen über kollektive Arbeitszeitverkürzungen die eingesparte Arbeitszeit (bei vollem Lohnausgleich) nicht als Freizeit, sondern als Zeit der institutionell abgesicherten und voll entgohlenen Weiterbildung zu nutzen. Auf diese Weise würde z.B. ein großer Teil der außerbetrieblichen Weiterbildung, die als Umschulung unter dem demotivierenden Einfluß der Arbeitslosigkeit erfolgt, in die (inner)betrieblichen Qualifizierungsmaßnahmen zurückverlagert.

Die Furcht vor "kognitiver Enteignung" und Verletzung der informationellen Selbstbestimmung könnte zwar nicht eliminiert, aber doch verringert werden. Hierzu sind arbeitsrechtliche Regelungen erforderlich, die festlegen, unter welchen Bedingungen das Einbringen von Arbeitnehmerwissen in Wissensbasen und die Überwachung der Arbeitnehmertätigkeit durch arbeitsunterstützende Automaten zulässig oder verboten sind. Damit eng verbunden ist eine Fortentwicklung der Bestimmungen des Datenschutzes hinsichtlich der neuartigen Leistungsmerkmale von Expertensystemen. Im Gegensatz zum Atom-, Arzneimittel- oder Baurecht fehlt noch ein ausgearbeitetes Informationsrecht.

Weitere juristische Regelungsdefizite bestehen auf dem Gebiet der Produkthaftung. So ist es möglich, daß Expertensystem-Anwender zu nachteilhaften Entscheidungen verleitet werden, weil sie nicht korrekt arbeitende Werkzeuge zur Erstellung von Wissensbasen oder inhaltlich bereits gefüllte, aber fehlerhafte Wissensbasen erworben und den Entscheidungsempfehlungen hierauf fußender Expertensysteme vertraut haben. Für solche Fälle ist festzulegen, ob die Veräußerer der fehlerhaften Produkte für die Folgen solcher Fehlentscheidungen auf-

kommen müssen oder ob Fehlentscheidungen grundsätzlich dem "Managementrisiko" der Entscheidungsträger zugeordnet werden. Ferner wäre die prozeßtechnisch erhebliche Frage zu klären, wer die Beweislast einer Verursachung von Fehlentscheidungen durch fehlerhafte Expertensysteme oder deren Vorprodukte zu tragen hat.

Unter internationaler Perspektive müßten Konventionen zur Gewährleistung eines ungehinderten Wissenstransfers erarbeitet werden, um Spannungen infolge informationstechnologischer Diskriminierungen zu verhindern (Cocom-Liste).

Gelegenheiten zur sozialen Interaktion ließen sich bei einer verstärkten zeitlichen Entkopplung von Arbeitsangebot und -nachfrage nur dann ungeschmälert aufrechterhalten, wenn auch die starren Schemata gesellschaftlicher Kontaktmöglichkeiten flexibler gestaltet würden. Z.B. dürften sie nicht auf die frühen Abendstunden und Wochenenden konzentriert bleiben.

Es läßt sich das Fazit ziehen, daß die KI-Technologie im Sinne des Wertesystems I in eingeschränkter Weise sozial beherrscht werden könnte, hierzu aber einige erhebliche Veränderungen gesellschaftlicher Institutionen erforderlich wären, deren politische Durchsetzung - zumindest kurzfristig - fragwürdig erscheint. Zudem kann nicht die Einhaltung aller sozialen Werte gewährleistet werden. Insbesondere ist nicht zu erwarten, daß sich eine Verringerung sozialer Spannungen durch Angleichung der Arbeitsverhältnisse zwischen den Lagern der Anwender und der Nichtanwender von Expertensystemen erreichen läßt. Dies gilt zumindest so lange, wie an einer Wirtschaftsverfassung mit Wettbewerbscharakter festgehalten wird. Die Autonomie am Arbeitsplatz sowie die Wahrung und Mehrung kognitiven Kulturguts werden nur dann nicht verletzt, wenn sich die Wirkungs-Hypothesen der Anhänger des Wertesystems II - im Widerspruch zur Erstarrungs- und Verdummungs-Hypothese - als zutreffend herausstellen sollten.

Über das Konzept der sozialen Beherrschbarkeit hinaus weist das der sozialen Gestaltbarkeit. Eine Technologie wird als sozial gestaltbar angesehen, wenn ihre Anwendung und die gesellschaftlichen Institutionen so aufeinander abgestimmt werden können, daß das Resultat mit einem als wünschenswert ausgezeichneten Wertesystem übereinstimmt. Im Rahmen dieser Ausführungen ist es nicht möglich, einen Diskurs über Wertesysteme aufzunehmen, die keineswegs faktisch existieren, sondern nur als erstrebenswert denkmöglich sein müssen. Aber der Hinweis auf die eingangs erwähnten Wertesysteme I und II läßt anklingen, daß z.B. die hiervon implizierte Verschiebung gesellschaftlich erwünschter Werte in Richtung auf ein Menschenbild mit tendenziell konservativem bzw. expansivem Charakter auch eine Veränderung des Urteils über die soziale Verantwortlichkeit der KI-Technologie nach sich ziehen würde.

Im Kontext des aktuell diskutierten - angeblichen oder faktischen - Wertewandels ließe sich der Frage nachgehen, ob Expertensysteme einer Stärkung "postindustrieller" Werte zugute kämen, indem z.B. anstelle des materiellen Besitzstandsdenkens Kreativität und Selbstentfaltung stärker in den Vordergrund träten. Zur Verteidigung dieser Ansicht sind allerdings die Argumentationsweisen Voraussetzung, die oben zugunsten des Wertesystems II erfolgten.

Um in dieser dynamischen Hinsicht die KI-Technologie als sozial gestaltbar einzustufen, müßten jedoch mehrere Voraussetzungen erfüllt sein. Erstens wäre die Gültigkeit der Wirkungs-Hypothese zu bestätigen, daß der Einsatz von Expertensystemen nicht zu einer Erstarrung und Reduzierung, sondern zu einer Flexibilisierung und inhaltlichen Erweiterung der Arbeitsprozesse führt. Zweitens müßten im Sinne der oben erfolgten Anmerkungen zur sozialen Beherrschbarkeit Regelungen geschaffen werden, welche die Probleme der Überwachung am Arbeitsplatz, der Einschränkungen informationeller Selbstbestimmung und abnehmender sozialer Interaktionsmöglichkeiten weitgehend überwinden.



Zuletzt bedürfte es einer Revision des vorherrschenden menschlichen Selbstwertgefühls. Zur Zeit dominiert eine Grundhaltung, die Computer im allgemeinen - und Expertensysteme im besonderen - als Maschinen begreift, die dem Menschen wesensfremd gegenüberstehen und ihn bezüglich seiner materiellen und kognitiven Besitzstände bedrohen. Eine alternative Einstellung zum Computer betrachtet diesen als genuin menschliches Kulturprodukt.

Analog zu Schrift und Druckerzeugnissen, die sich (u.a.) als kulturelle Erweiterungen der physiologisch begrenzten Gedächtniskapazität des Menschen deuten lassen und nicht (mehr) als Bedrohung, sondern als Inbegriff humaner Lebensverhältnisse erscheinen, können auch die "Künstliche" Intelligenz und ihre Implementierungen in intelligenten Automaten als "Intelligenzverstärker" angesehen werden. Einem veränderten menschlichen Selbstwertgefühl entsprechend stehen sie nicht mehr dem menschlichen Denken als maschinelles Informationsverarbeiten gegenüber, sondern bedeuten eine Fortsetzung des menschlichen Denkens in einem materiell neuen Medium, eine "symbiotische" Ergänzung der menschlichen Intelligenz.

Ob die voranstehend kurz gestreiften institutionellen und wertbezogenen Veränderungen im Rahmen einer sozial gestalteten Anwendung der KI-Technologie tatsächlich erwogen und gegebenenfalls auch in Angriff genommen werden, bleibt zur Zeit der Spekulation überlassen. Aber das Konzept der sozialen Gestaltbarkeit eröffnet durch seinen Denkansatz, neben Anwendungsformen einer Technologie und gesellschaftlichen Institutionen auch Wertvorstellungen als veränderlich zu betrachten, den Blick - und somit auch den (technologie)politischen Diskurs - für solche weiterreichenden Überlegungen.

## 5 Anhang

### 5.1 Definitionskonzepte für intelligente Automaten

#### 5.1.1 Übersicht

Trotz anspruchsvoller Attribute - wie etwa denen der "Nonprozeduralität", der "Symbol-" oder der "Wissensverarbeitung", der "wissensbasierten Problemlösung" oder der "Regelbasierung" - bleibt oftmals unklar, worin die grundsätzliche Neuartigkeit von intelligenten Automaten liegen soll. Die vorliegenden definitorischen Ansätze erweisen sich - trotz auf den ersten Blick eingängiger Formeln - bei genauerer Analyse als wenig operational, unscharf oder so vielschichtig, daß das Definiendum inhaltlich zerfließt.

So besteht auch Uneinigkeit darüber, wie viele Automaten überhaupt existieren, die als "intelligent" bezeichnet werden dürfen. Die meisten Angaben variieren zur Zeit im Bereich zwischen 10 und 500 Exemplaren, ohne jedoch die jeweils zugrundegelegten KI-Definitionen offenzulegen.

Als ein Beitrag zur inhaltlichen Klärung des semantischen Felds, das von Begriffen wie "Künstliche Intelligenz", "intelligenter Automat", "Expertensystem" oder "intelligenter Roboter" überspannt wird, folgt ein Überblick über die Hauptströmungen des Verständnisses der vorgenannten Begriffe. Es wird nicht beansprucht, "wesentliche" Begriffsinhalte in allgemeinverbindlicher Weise auszudrücken, da alle Definitionen letztlich willkürliche Setzungen ihrer Urheber bedeuten. Ebenso wenig vermögen die Definitionsansätze das gesamte Spektrum existenter Begriffsvariationen in sich zu vereinen. Es wird lediglich beabsichtigt, konzeptionell fruchtbare, z.B. das "Neuartige" von intelligenten Automaten herausstellende und - in bezug auf ihr Definiens - operationale Definitionsansätze vorzustellen.

Als Objektbereich der Erforschung der Künstlichen Intelligenz wird die Synthese und die Analyse artifiziereller, d.h. "künstlich" geschaffener Gebilde betrachtet, die sich - in einem noch näher zu konkretisierenden Verständnis - als "intelligent" erweisen. Da diese Artefakte ihr Leistungspotential unabhängig von menschlichen Eingriffen in autonomer Weise entfalten sollen, gehören sie zur Klasse der Automaten. Eine Übersicht über die Intelligenzdimensionen dieses Leistungsvermögens findet sich in der Abbildung auf der nachfolgenden Seite.

Darüber hinaus wird zur Zeit ausnahmslos unterstellt, daß diese Automaten ihre Leistungen aufgrund von informationsverarbeitenden Prozessen realisieren. Dies schließt nicht aus, daß neben die Funktion der Informationsverarbeitung auch andersartige Prozesse treten. Dies ist insbesondere bei intelligenten Robotern in der Gestalt von Wahrnehmungs- und Ausführungsprozessen durch sensorische bzw. effektorische Komponenten der Fall. Solche weiteren Prozeßarten werden aus definitiver Sicht jedoch nur als akzidentielle Erweiterungen betrachtet, die auch außerhalb der Künstlichen Intelligenz - etwa im Rahmen der Robotik - erforscht werden.

Folglich läßt sich das Erkenntnisobjekt der KI-Forschung durch die Klasse der intelligenten informationsverarbeitenden Automaten - kurz: intelligente Automaten - charakterisieren. Solche Automaten können hinsichtlich der Klassen der Expertensysteme und der intelligenten Roboter unterschieden werden. Diese Klassen stehen jedoch nicht gleichberechtigt nebeneinander. Vielmehr ist es möglich, intelligente Roboter jeweils als einen Komplex aus einem Expertensystem-Kern und einer Peripherie, die von Sensoren und Effektoren gebildet wird, aufzufassen. Daher ist es zulässig, Expertensysteme - in einer vorläufigen Vereinfachung - als zentrales KI-Konzept mit intelligenten Automaten gleichzusetzen.

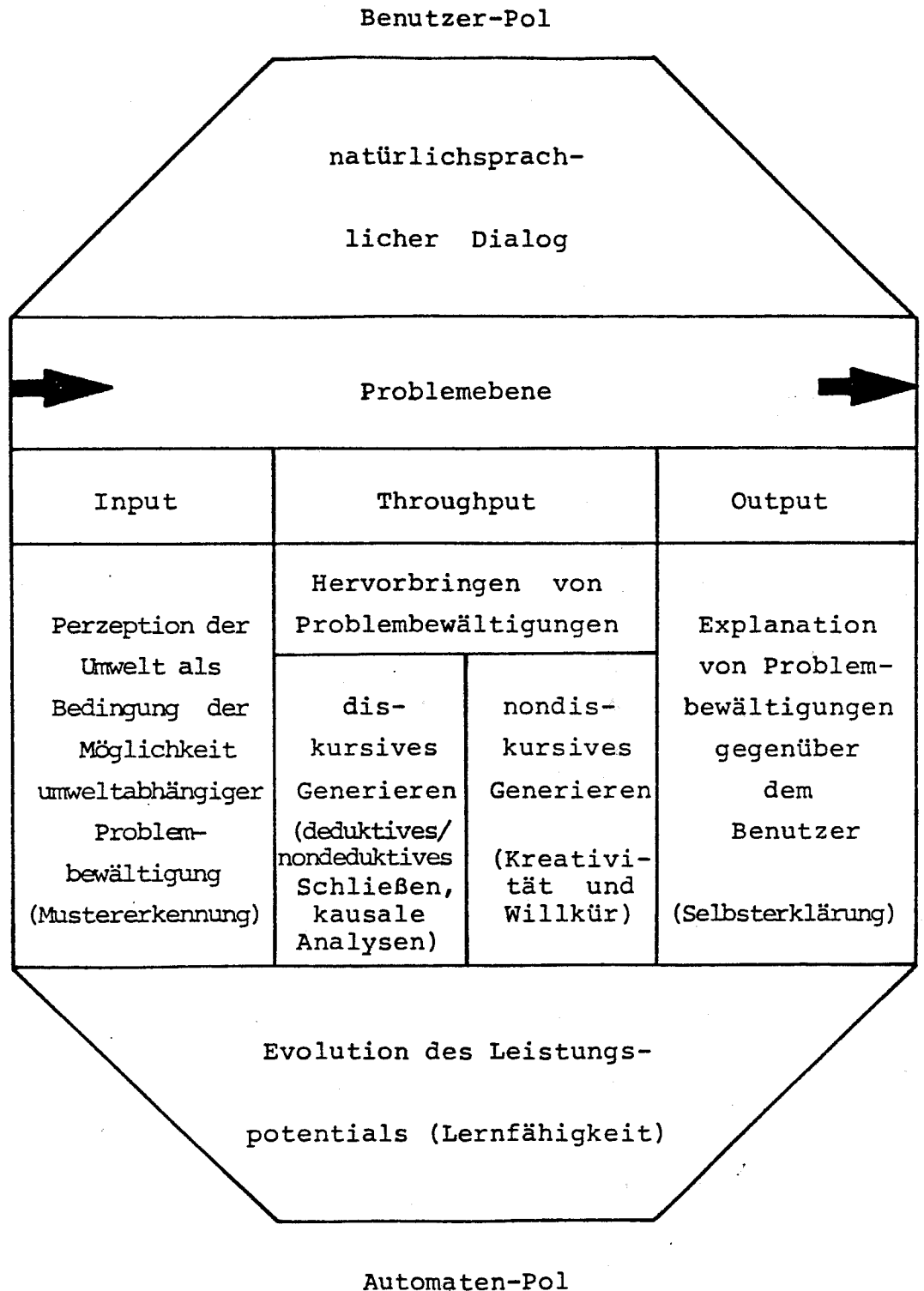


Abb. 6: Das Leistungspotential intelligenter Automaten im Überblick

Wesentliche Probleme bereitet bei diesem ersten, noch sehr abstrakten Definitionsansatz das Attribut "intelligent". Beispielhaft seien einige wenige Begriffsfüllungen hervorgehoben, die das breite Definitionsspektrum aus der KI-Literatur grob überdecken:

- Eine weite Resonanz im deutschsprachigen Gebiet hat Raulefs gefunden, der sich auf den Expertenbegriff und die innere Struktur von Expertensystemen bezieht: "Ein Experte ist ein Spezialist für ein bestimmtes, eingegrenztes Gebiet, der auf diesem Gebiet bei Kunden entstehende Probleme lösen und Kunden bei der Anwendung von Lösungen beraten kann. ... Ein Expertensystem ist ein Rechensystem, der (Anmerkung des Autors: gemeint ist wohl "das") die ... bezeichnete Tätigkeit teilweise mechanisiert ... Ein als Beratungssystem ausgebautes Expertensystem besteht aus folgenden Komponenten: ... die Wissensbasis ... die Problemlösungskomponente ... die Erklärungskomponente ... die Wissensakquisitionskomponente ... die Dialogkomponente."<sup>148)</sup>
- Puppe hebt den Aspekt der Nachahmung menschlicher Fähigkeiten hervor: "Expertensysteme sind Computerprogramme, die Fähigkeiten von Experten simulieren sollen."<sup>149)</sup>
- Stefik verlagert den Schwerpunkt fort von der Simulation hin zur Problemlösung: "Expert systems are problem-solving programs that solve substantial problems generally conceded as being difficult and requiring expertise."<sup>150)</sup>
- Bruderer gibt den Expertenbezug zu Gunsten der uneingeschränkten Problemlösungsfähigkeit vollkommen auf: "Programme mit künstlicher Intelligenz streben ... eine wirksame Problemlösung an, wobei sie gleich wie der Mensch oder auf eine andere Weise vorgehen. Letztlich wollen sie die Leistungen des Menschen übertreffen."<sup>151)</sup>

- Bungers und di Primio heben die Rolle der Wissensanwendung zur Problemlösung hervor: "Ein Expertensystem kann Wissen eines speziellen Fachgebietes erwerben und zur Lösung konkreter Problemstellungen einsetzen."<sup>152)</sup>
- Feigenbaum konzentriert sich auf das Objekt intelligenter Informationsverarbeitung: "... the applied artificial intelligence work ... is based on computer programs that do symbolic manipulations and symbolic inference, not calculation."<sup>153)</sup>
- Siekmann bezieht einen Standpunkt, der die Künstliche Intelligenz als eigenständige Wissenschaft hervorhebt: "Die Künstliche Intelligenz läßt sich methodisch nach Fachgebieten gliedern wie Heuristische Suche, Planen, Repräsentation von Wissen, Deduktion und Inferenzmethoden usw. Aus anwendungsorientierter Sicht haben sich jedoch die folgenden fünf Teildisziplinen als Kernfächer herausgebildet ... Verarbeitung natürlicher Sprache ... Expertensysteme ... Deduktionssysteme ... Robotertechnologie ... Computersehen..."<sup>154)</sup>

In diesen Definitionen werden mehrere Aspekte miteinander vermengt, die der Klarheit halber getrennt dargestellt werden. Aus der Vielfalt begrifflicher Konzepte in der KI-Literatur lassen sich als wesentliche Gesichtspunkte herausfiltern:

- Die leistungsbezogenen Ansätze heben bestimmte Fähigkeiten von intelligenten Automaten - vor allem die Nachahmung von menschlichem Verhalten oder die Lösung von Problemen - hervor.
- Die qualifizierenden Zusätze schränken den Gültigkeitsbereich des Begriffs intelligenter Automaten auf Fähigkeiten einer bestimmten Mindest-Anspruchshöhe ein (Expertenniveau). Es handelt sich um Ergänzungen zu den leistungsorientierten Ansätzen.

- Die strukturorientierten Konzepte kennzeichnen Expertensysteme durch charakteristische Komponenten, die im Rahmen der konventionellen Informationsverarbeitung als Softwaremodule nicht explizit unterschieden werden.
- Die ressourcenbezogenen Varianten heben einen bestimmten Input bei der Informationsverarbeitung intelligenter Automaten - das Wissen - hervor.
- Der objektorientierte Ansatz stellt Symbole - anstatt von konventionellen Daten - als Objekte der Informationsverarbeitung durch intelligente Automaten heraus.
- Die programmierbezogene Variante erweitert den objektorientierten Ansatz in der Weise, daß sie unterstellt, die Realisierung von intelligenten Automaten beruhe auf spezifischen, nicht-konventionellen Programmier-techniken (nonprozedurale Programmierung).
- Die methodenorientierten Konzepte heben die Anwendung KI-spezifischer Vorgehensweisen bei der Informationsverarbeitung hervor (z.B. heuristisches Problemlösen).
- Die funktionsbezogenen Ansätze charakterisieren intelligente Automaten durch die Aufgaben (Anwendungsgebiete), zu deren Erfüllung sie (hauptsächlich) entwickelt werden (z.B. Beratungs- und Deduktionssysteme).

Von diesen definitorischen Dimensionen wird nur auf die leistungs- (einschließlich ihrer Zusätze), die struktur- und die funktionsbezogene Variante näher eingegangen.

Der ressourcenorientierte Ansatz wird im Rahmen des strukturbezogenen Konzepts mitangesprochen. Das objektbezogene Konzept wird nicht weiterverfolgt, weil die Ausgrenzung der konventionellen "Daten-" aus der Symbolverarbeitung nicht zu überzeugen vermag. So ist z.B. nicht ersichtlich, warum den Objekten gewöhnlicher Textverarbeitungsprogramme - natürlichsprachlichen Aus-

drücken - nicht der gleiche Symbolcharakter zukommen sollte wie den Objekten "intelligenter" natürlicher Automaten. Aspekte des methodenorientierten Ansatzes werden teilweise im Rahmen der Funktionen von intelligenten Automaten behandelt, wie z.B. Beweismethoden im Zusammenhang mit der Funktion "Theorembeweisen". Andere Methoden - wie etwa Methoden der Wissensrepräsentation, des Problemlösens oder des Wissenserlernens - werden bei den jeweils zugehörigen Komponenten (hier: Wissensbasis, Inferenz- bzw. Wissensakquisitionskomponente) des strukturorientierten Ansatzes implizit erfaßt. Wegen dieser vielfältigen Überschneidungen wird der methodenorientierte Ansatz nicht explizit ausgeführt. Darüber hinaus ließe sich bezweifeln, ob alle im Rahmen dieses Ansatzes aufgeführten Methoden spezifische Geltung für intelligente Automaten besitzen. Diese Bedenken gelten insbesondere für die heuristischen Suchmethoden, die z.B. auch seitens des Operations Research intensiv erforscht werden.



### 5.1.2 Leistungsbezogene Definitionskonzepte

Die leistungsbezogenen Ansätze zur inhaltlichen Füllung des Begriffs "Künstliche Intelligenz" lassen sich in drei Hauptrichtungen differenzieren:

- den Explanationsmodus,
- den Simulationsmodus und
- den Performanzmodus.

Auf den Explanationsmodus wird nicht näher eingegangen, weil er im Hinblick auf betriebswirtschaftliche Anwendungen nicht von Interesse ist. Intelligente Automaten werden in diesem rein forschungsbezogenen Modus als Modelle angesehen, welche die Funktionsweise des menschlichen Gehirns nachbilden und hierdurch zur Erklärung des menschlichen Denkens beitragen sollen.

Der Simulationsmodus ist unter den Definitionskonzepten für die Künstliche Intelligenz am weitesten verbreitet. Ihm zufolge wird ein Automat genau dann als intelligent betrachtet, wenn er das Verhalten eines Menschen bei einer Verrichtung zu simulieren vermag, deren Vollzug als intelligent qualifiziert wird. Als Verifikationskriterium für die Simulationsfähigkeit wird in der Regel der "Turing-Test" herangezogen. Bei diesem Test kann eine Person(engruppe) vermittelt einer alphanumerischen Schnittstelle an zwei Kommunikationspartner Fragen beliebigen Inhalts richten. Einer dieser beiden ist ein Mensch - der andere der zu testende Automat. Der fragenden Person(engruppe) bleibt jedoch verborgen, mit welchem Kommunikationspartner sie jeweils in Kontakt steht. Wenn es der Person(engruppe) nicht gelingt, die Antworten, die in verdecktem Wechsel durch den Menschen und den Automaten erfolgen, in statistisch signifikanter Weise als Menschen- bzw. Automatenantworten zu identifizieren, gilt der Turing-Test als erfüllt.

Das Definitionskonzept des Simulationsmodus erweist sich in mehrfacher Hinsicht als problematisch. Erstens beschränkt es den Intelligenztest auf Verhaltensweisen, die sich in Kommunikationsakten manifestieren. Hierdurch werden weite Bereiche intelligenter Leistungen - wie z.B. das Erkennen von Objekten in der Umwelt - ausgegrenzt. Zweitens handelt es sich um ein anthropozentrisches Konzept, das den Zugang zu Intelligenzleistungen, die nicht in menschenähnlicher Weise erbracht werden, definitorisch versperrt. Drittens erfolgt durch den Zusatz, das simulierte Verhalten müsse als intelligent qualifiziert werden können, eine unfruchtbare Problemverschiebung. Die Unschärfe des Intelligenzbegriffs in den Humanwissenschaften, die durch eine Vielzahl konkurrierender Intelligenzbegriffe, -profile und -indikatoren offenbar wird, überträgt sich auf den Begriff der Künstlichen Intelligenz. Auch wenn ein Automat den Turing-Test erfolgreich besteht, läßt sich darüber streiten, ob denn die dem Test zugrundegelegte Verhaltensart als intelligent bezeichnet werden darf.

Exemplarisch sei auf die Testvariante des Schachspiels verwiesen. In der Frühzeit der KI-Forschung wurde als intelligente Verhaltensweise von Automaten die - damals visionär erscheinende - Fähigkeit postuliert, die Qualifikation von erfahrenen Schachspielern zu erringen. Seitdem in jüngster Zeit Schachautomaten aber die Spielstärke von internationalen Großmeistern erreicht haben<sup>155)</sup>, wird die Qualität dieser Spielkompetenz als Intelligenzindikator in Frage gestellt.

Im Performanzmodus gilt ein Automat genau dann als intelligent, wenn er in der Lage ist, selbständig Probleme zu lösen. In der Mehrzahl wird zusätzlich gefordert, daß die gelösten Probleme einen Mindestgrad an Schwierigkeit aufweisen müssen, um das Attribut "intelligent" zu rechtfertigen.

Der Performanzmodus weist gegenüber dem Simulationsmodus zwei bedeutsame Vorzüge auf. Erstens wird der unscharfe Begriff der menschlichen Intelligenz durch den präziseren Begriff der problemlösenden Intelligenz ersetzt. Dieser eingeschränkte Intelligenzbegriff kann leicht durch die Formulierung von Problemklassen operationalisiert werden, deren selbständige Lösung durch Automaten nachzuweisen ist. Zweitens wird die anthropozentrische Fessel abgeworfen, die Art der Problemlösung an der Vorgehensweise von Menschen zu orientieren.

Doch auch der Performanzmodus besitzt als Konzept zur Definition der Künstlichen Intelligenz eine wesentliche Schwachstelle. Denn die zusätzliche Forderung, nur die Lösung "schwieriger" Probleme als Intelligenzindikator anzuerkennen, konfrontiert den Performanzmodus mit der Aufgabe, den erforderlichen Schwierigkeitsgrad zu definieren. Diesbezüglich konnte bisher kein Konsens erzielt werden. Auch orientieren sich Konzepte zur Messung der Schwierigkeit von Problemen - wie etwa die der Komplexitätstheorie - vorwiegend am quantitativen Ressourceneinsatz, der zur Erlangung der Problemlösung erforderlich ist, aber nicht an der qualitativen Schwierigkeit der Probleme.

In enger Beziehung zum Konzept der Expertensysteme wird die Mindestschwierigkeit in der Regel im Sinne solcher Probleme angesetzt, deren Lösung seitens des Menschen diesen als Fachmann ("Experten") im betroffenen Problembereich ausweisen würde. Ein solcher qualifizierender Zusatz zur Definition des Performanzmodus erscheint einerseits wünschenswert, um "Spielzeugsysteme" auszugrenzen, die oftmals als kleine experimentelle Automaten entwickelt werden, um die Funktionsweise von Expertensystemen zu erlernen oder Laien zu demonstrieren. Mitunter werden aber solche Systeme auch als "echte Expertensysteme" angepriesen, was auf der Anwenderseite zu gewissen Irritationen führt, wenn sie die banalen Systemleistungen - etwa die Erkenntnis, daß es sich bei einer Giraffe um ein Säugetier handelt, - mit dem Expertenanspruch der Systembezeichnung vergleichen

("Trivialisierung von Expertensystemen"). Andererseits wird aber über diesen Expertenbezug ein vager, nirgends präzise definierter, inoperationaler Begriff in die Definition intelligenter Automaten einbezogen.

Ein Ausweg aus diesem Dilemma besteht z.B. in der Differenzierung zwischen intelligenten Automaten und Expertensystemen i.w.S. auf der einen Seite, die nur auf den problemlösenden Intelligenzbegriff des Performanzmodus in reiner Form rekurrieren, sowie Expertensystemen i.e.S. auf der anderen Seite, deren Definition in pragmatischer Weise einen intuitiven Konsens über das Mindestniveau "expertengerechter" Problembereiche voraussetzt.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht erweist sich der Performanzmodus trotz der vorgenannten inhaltlichen Schwächen deutlich attraktiver als der Simulationsmodus. Denn aus dieser Perspektive gilt es nicht, die Grenzen der Extension des Begriffs intelligenter Automaten abzustecken, sondern real vorgefundene betriebliche Probleme zu meistern. Daher kommt der problembezogene Ansatz des Performanzmodus den Bedürfnissen potentieller Automatenanwender im betriebswirtschaftlichen Bereich entgegen.

Darüber hinaus verweist die Definitionskonstituente des Performanzmodus, ein intelligenter Automat müsse die Problemlösung selbständig ermitteln können, auf ein wesentliches Charakteristikum der KI-Forschung. Sie bemüht sich um die Entwicklung von Automaten mit deklarativer Benutzer-Oberfläche. Dies bedeutet, daß der Automatenutzer das Problem, das ein intelligenter Automat lösen soll, nur noch zu beschreiben braucht, ohne den Ablauf der Problemlösung angeben zu müssen. Der Automat muß intern über problemlösendes Wissen - auch prozeduraler Art - verfügen, um die Vorgehensweise bei der Erarbeitung der Problemlösung selbständig festlegen zu können. In den Begriffen der konventionellen Informationsverarbeitung ausgedrückt heißt dies, daß der Automat sich selbst - in prozeduraler Hinsicht - zu program-

mieren vermag: Der Benutzer muß zur Lösung eines neuartigen Problems nicht mehr ein prozedurales Programm entwerfen und implementieren. Es reicht aus, wenn er dem Automaten ein Problem durch die Angabe von Ausgangssituation, erwünschter Zielsituation und zulässigen Operatoren, welche Situationen ineinander transformieren können, beschreibt.

Daher kann die Neuartigkeit intelligenter Automaten auch in der Weise umschrieben werden, daß sie die konventionelle Art der expliziten Anwendungsprogrammierung durch eine implizite oder "virtuelle" Programmierung ersetzen. Die Problemlösungskomponente erzeugt erst auf die Veranlassung des Automatenbenutzers, der ein Problem beschreibt, eine explizite Prozedur ("Inferenzkette"), an deren Ende die Problemlösung steht - oder nachgewiesen wird, daß es unmöglich ist, das vorgegebene Problem zu lösen. Die Problemlösungskomponente enthält somit implizit die Klasse aller Anwendungsprogramme, die zulässige Problembeschreibungen durch den Zugriff auf Informationen der Wissensbasis zu bewältigen vermögen.

Das Schwergewicht der Automatenbenutzung wird auf diese Weise fort von der Erstellung prozeduraler Anwendungsprogramme (Verarbeitungsalgorithmen), die bei konventioneller Informationsverarbeitung dominiert, hin zur Formulierung "adäquater" Problembeschreibungen verlagert. Hierbei spielt die nonprozedurale Benutzeroberfläche von Expertensystemen eine ausschlaggebende Rolle. Infolge dieser Fokusverschiebung von algorithmischen zu beschreibenden Aufgaben erlangen aus der Sicht des Expertensystem-Anwenders Schwierigkeiten der Problemwahrnehmung ("Konzeptualisierung") und der Strukturierung diffuser, unklarer Problemumschreibungen ("schlecht-strukturierte Probleme"), die an dieser Stelle nur stichwortartig angerissen werden können, beim Einsatz von Expertensystemen verstärkte Bedeutung.

### 5.1.3 Strukturbezogene Definitionskonzepte

Von den strukturbezogenen Ansätzen zur Konkretisierung des Begriffs intelligenter Automaten ist der bereits eingangs erwähnte, auf Raulefs zurückgehende am weitesten verbreitet ("Standardschema"). Hiernach setzt sich ein Expertensystem aus folgenden Komponenten zusammen:

- Die Wissensbasis stellt die herausragende, am häufigsten diskutierte Komponente eines intelligenten Automaten dar. In ihr wird das Wissen, das zur Bearbeitung von Aufgabenstellungen aus dem Anwendungsbereich des Automaten notwendig ist, gespeichert. Die Art der Wissensorganisation hängt nicht von den Verfahrensweisen bei der konkreten Aufgabenerfüllung ab.
- Die Problemlösungskomponente ("Inferenzmaschine") umfaßt alle Informationsverarbeitungs-Konzepte, welche auf die Informationen in der Wissensbasis zur Bearbeitung konkreter Aufgabenstellungen angewendet werden.
- Die Wissensakquisitionskomponente versetzt den Automaten in die Lage, nach seiner Entwicklung fortlaufend Wissen zur - erstmaligen oder erweiternden - Füllung seiner Wissensbasis aufzunehmen.
- Die Erklärungskomponente dient dazu, dem Automatenutzer auf Wunsch das Ergebnis der Aufgabenerfüllung - die vorgeschlagene Problemlösung - zu erläutern. Die Berechtigung ihres Zustandekommens läßt sich auf diese Weise belegen.
- Die Dialogkomponente realisiert die kommunikative Schnittstelle zwischen dem Expertensystem und seinem Benutzer.

Die Abbildungen auf den folgenden Seiten zeigen einige der üblichen Strukturschemata für intelligente Automaten und - mit zunehmender Komplexität - exemplarische Fortentwicklungen.

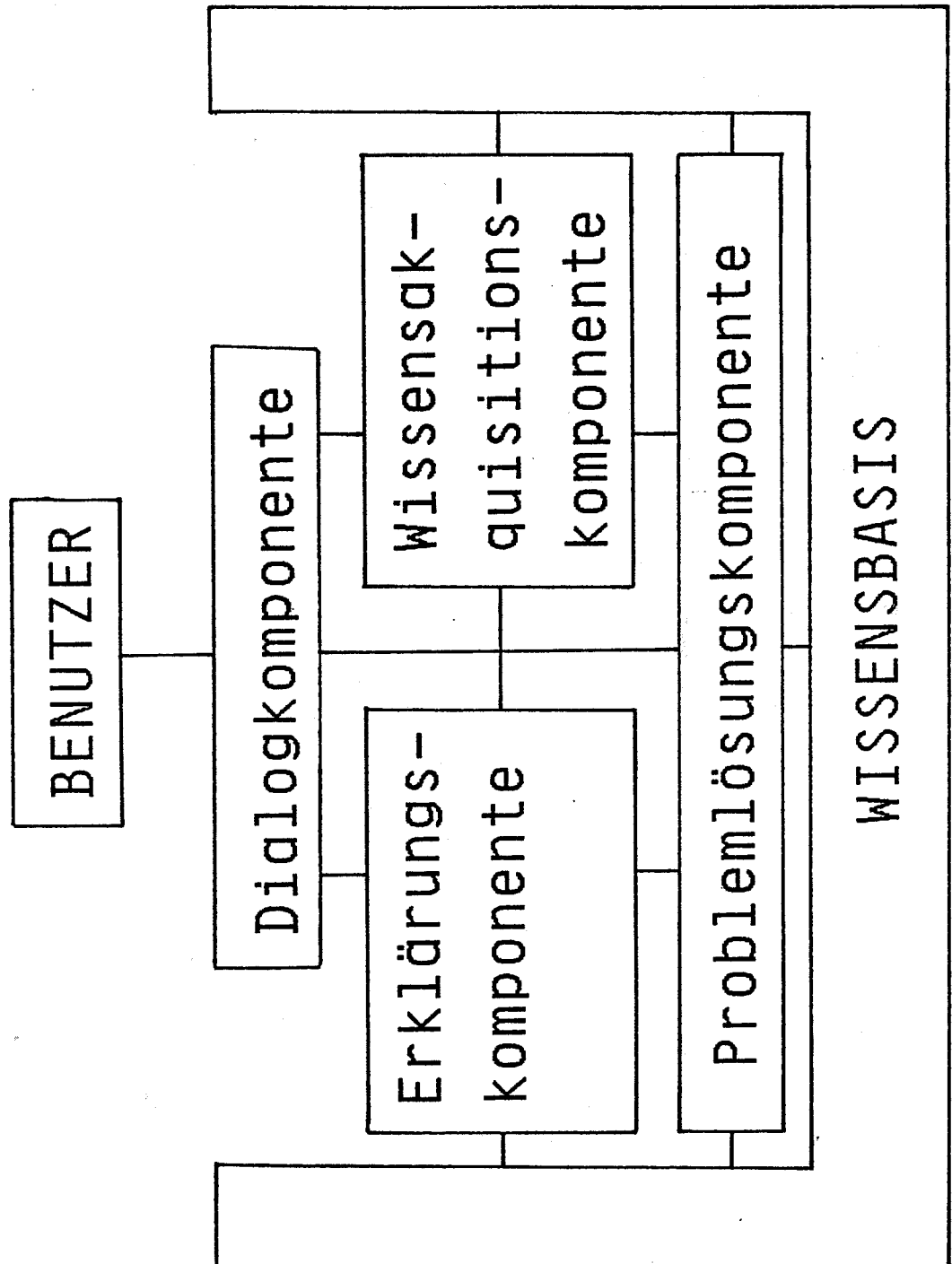


Abb. 7: Standard-Strukturschema eines Expertensystems nach Raulefs (1982), S. 63.

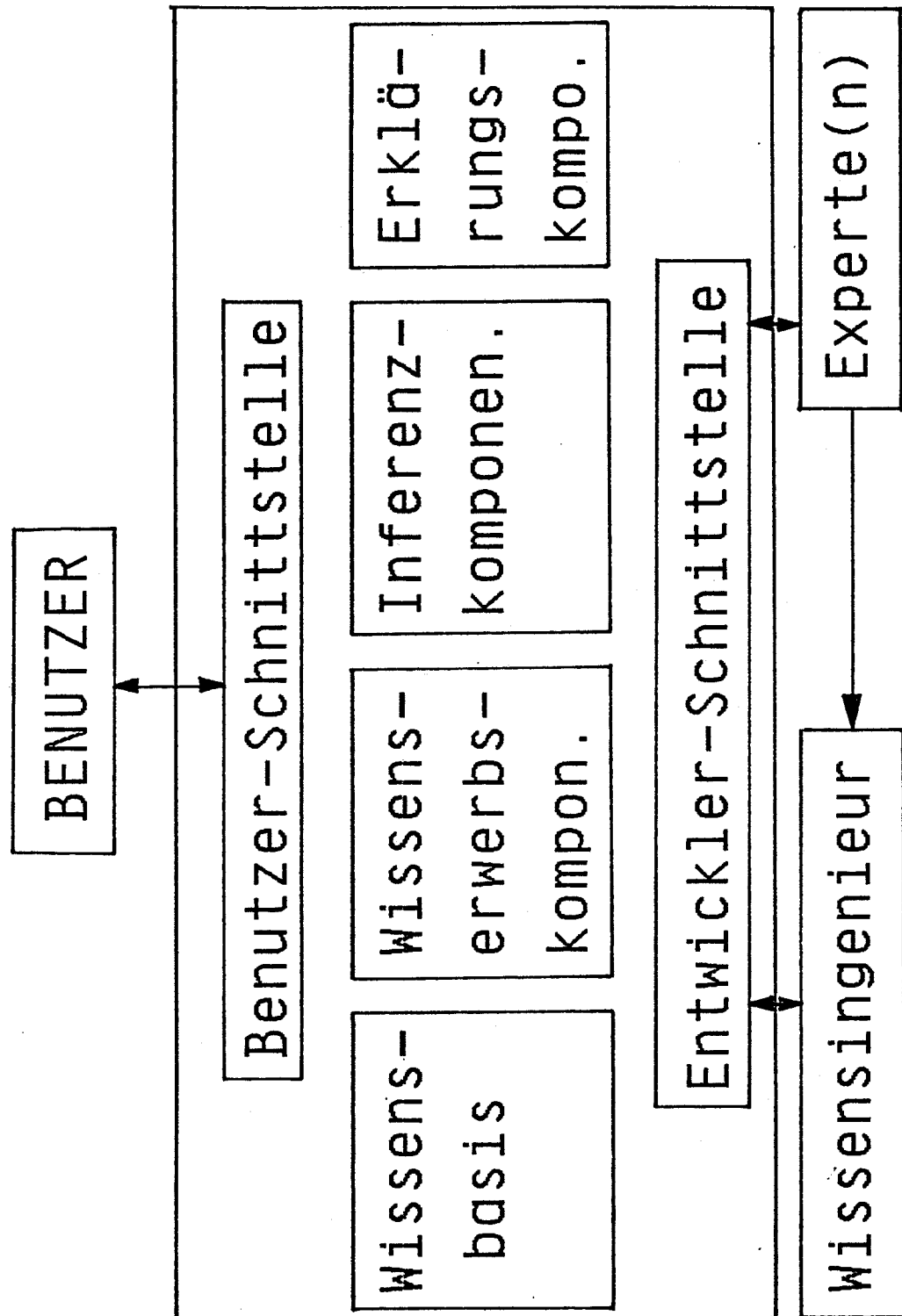


Abb. 8: Strukturschema eines Expertensystems nach Behrendt (1986), Vortrag 810, S. 2.



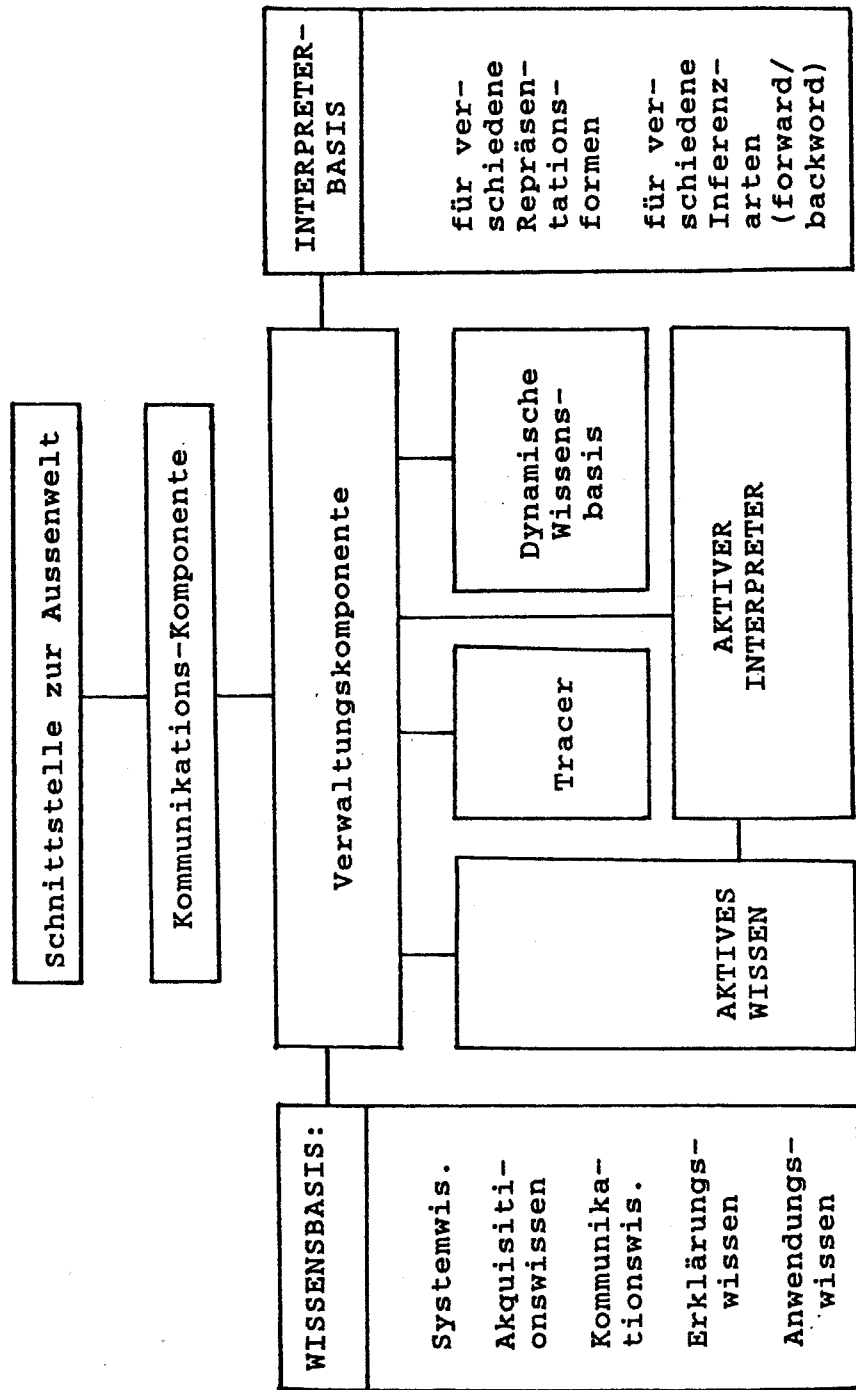


Abb. 9: Strukturschema eines Expertensystems nach Bungers (1984), S. 6.

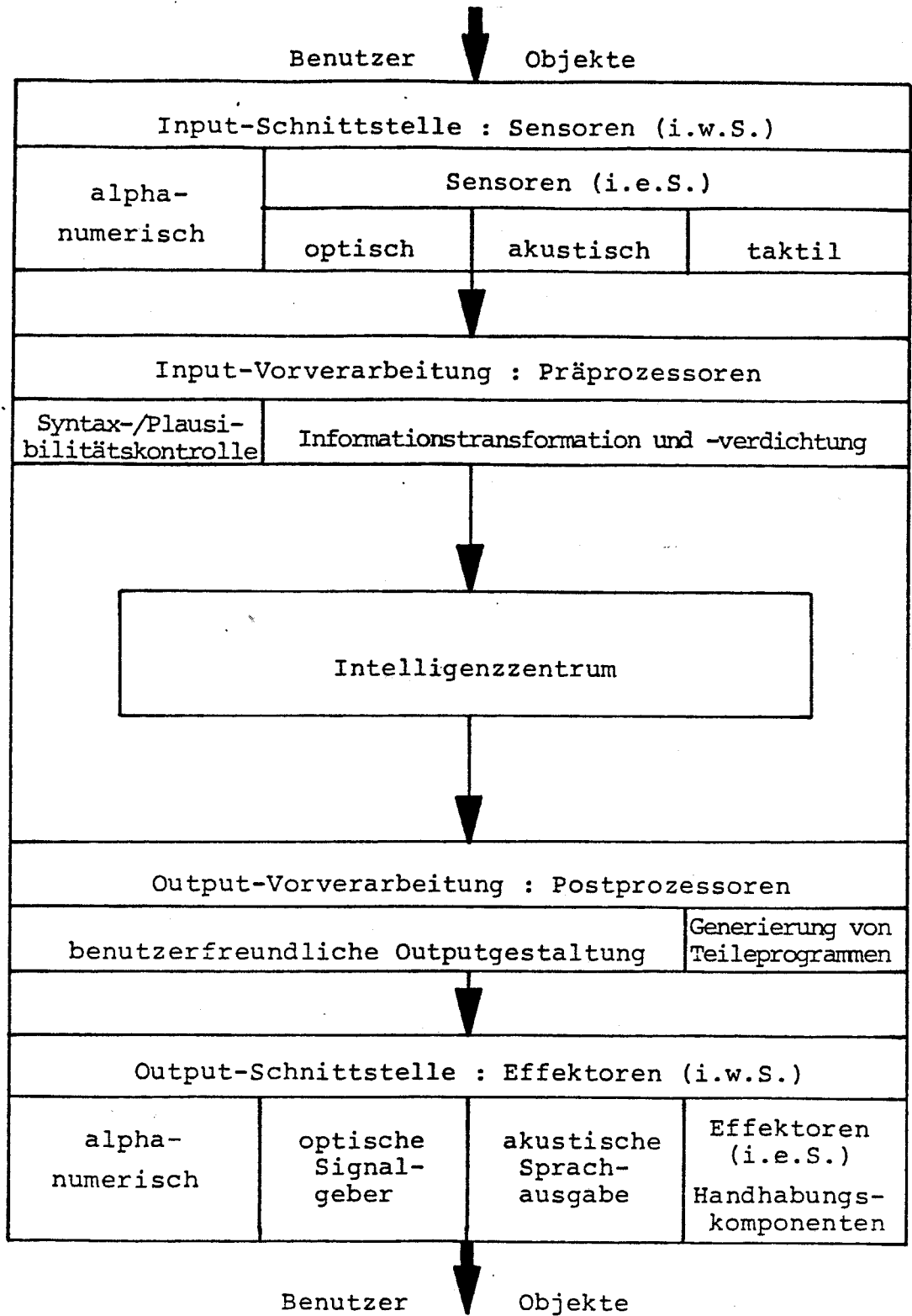


Abb. 10: Hierarchisches Strukturschema eines intelligenten Automaten auf der ersten Ebene: Hervorhebung der Intelligenzperipherie

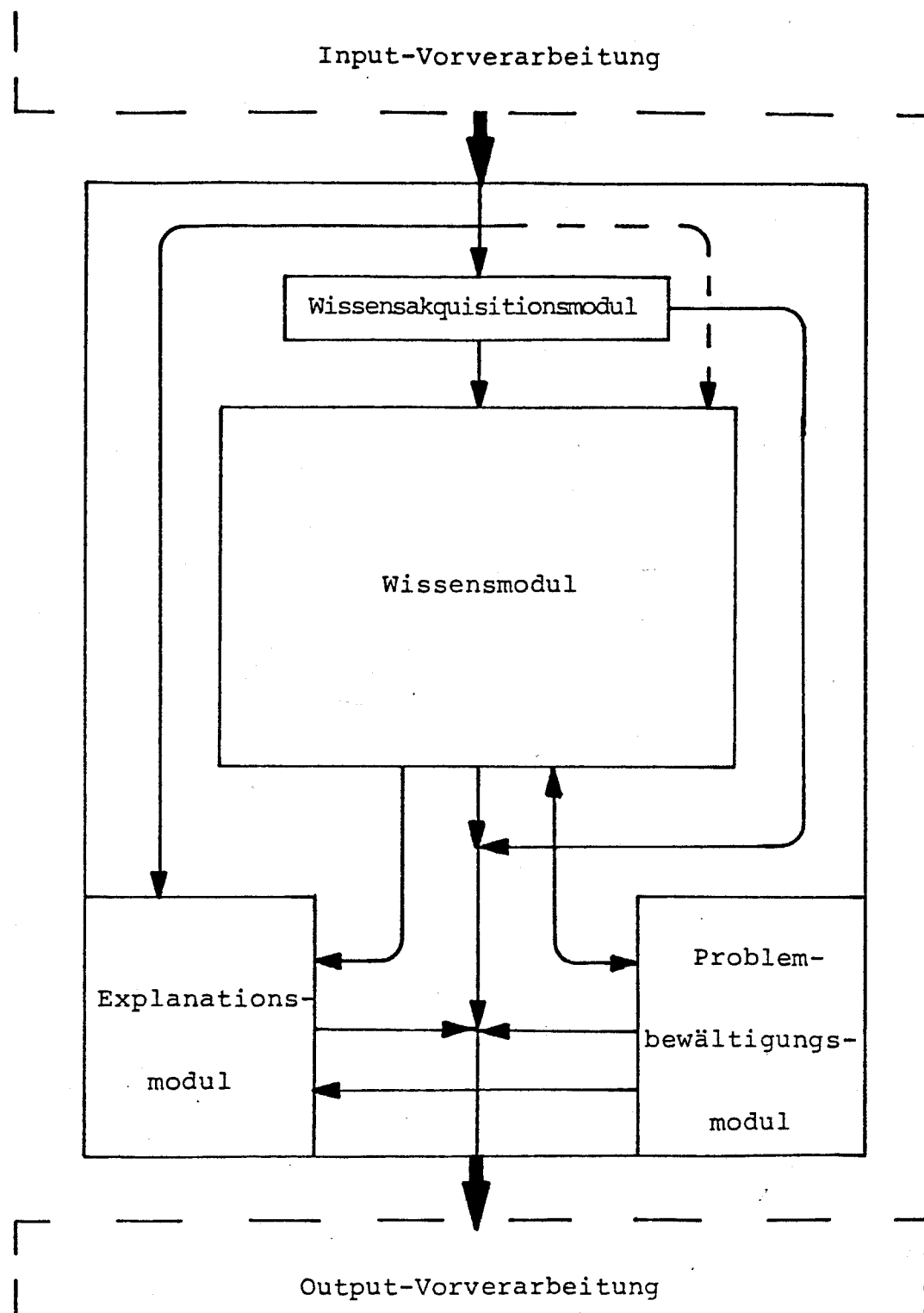


Abb. 11: Hierarchisches Strukturschema eines intelligenten Automaten auf der zweiten Ebene: Grobdarstellung des Intelligenzzentrums

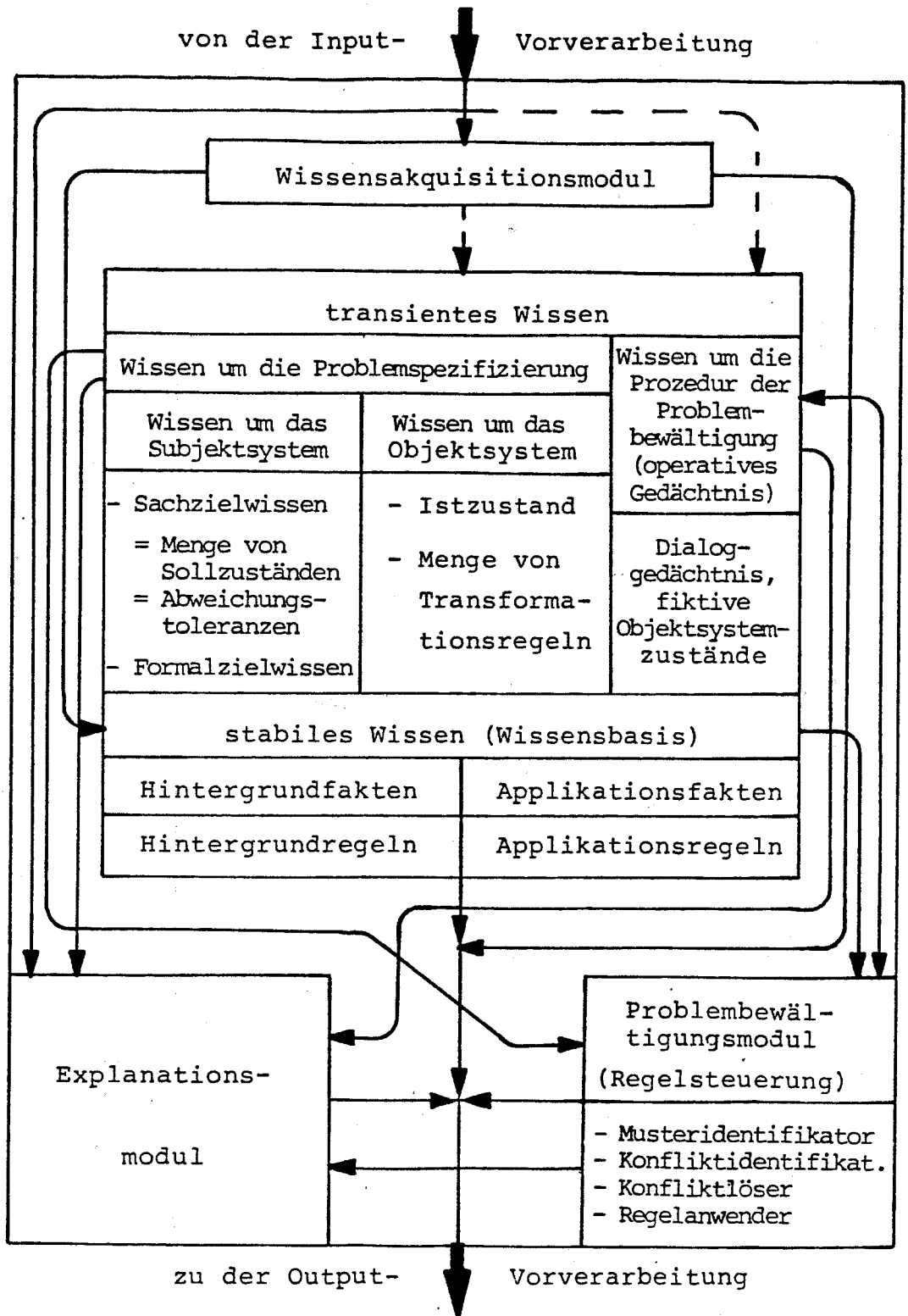


Abb. 12: Hierarchisches Strukturschema eines intelligenten Automaten auf der dritten Ebene: Feindarstellung des Intelligenzzentrums

Als wesentliches Resultat der KI-Forschung gilt die logische Zerlegung der prozeduralen Programme der konventionellen Informationsverarbeitung, die nach Maßgabe des Ablaufs der Aufgabenerfüllung strukturiert sind, in die Komponenten der Wissensbasis und des Problemlösers. Hierdurch wird - zumindest auf den ersten Blick - die konventionelle Vermengung von Aufgabenbeschreibung (deklarativer Aspekt des "Was?", die Problemspezifizierung) und Ablaufbeschreibung der Aufgabenerfüllung (prozeduraler Aspekt des "Wie?", die Problemlösung im Sinne eines Verfahrensablaufs) in zwei getrennte Strukturblöcke aufgelöst.

Die konventionelle Informationsverarbeitung unterscheidet dagegen zwischen Programmen als Algorithmen zur Lösung einer Klasse von Aufgaben und "Daten", die jeweils eine bestimmte Aufgabe aus dieser Klasse festlegen. Diese Differenzierung wird bei Expertensystemen nicht mehr aufrechterhalten, da solche Daten als aufgabenspezifische "Fakten" in die Wissensbasis eingehen<sup>156</sup>). Die Abbildung auf der nächsten Seite zeigt die wesentlichen Strukturdimensionen der Wissensbasen von Expertensystemen auf, die auf dem regelorientierten Ansatz der Wissensdarstellung beruhen.

Von der Trennung deklarativer und prozeduraler Aspekte wird ein befruchtender Impuls für die Informatik im allgemeinen erwartet. Da keine eindeutigen Beziehungen zwischen Aufgaben- und Ablauftypen existieren, besteht die Hoffnung, durch freie Kombination von Aufgabenstellungen mit Ablaufstrukturen zu neuartigen und evt. auch besonders effizienten Aufgabenerfüllungen zu gelangen.

Struktur- dimensionen		Spezifität für einen Problemtypus	
		Hintergrundwissen	Applikationswissen
Formale Repräsentationsart	Faktenwissen	Hintergrundfakten z.B.: Lexikon	Applikationsfakten z.B.: technische Normen
	Regelwissen	Hintergrundregeln z.B.: Inferenzregeln	Applikationsregeln z.B.: Konstruktionsregeln

Abb. 13: Strukturdimensionen der Wissensbasis eines intelligenten Automaten

In jüngster Zeit erfolgt sogar eine qualitative Fortentwicklung der Wissenskomponente im Rahmen der "Expertensysteme der 2. Generation" mit "tiefen Wissensbasen"<sup>157</sup>). Die Wissensbasen von Expertensystemen (der 1. Generation) waren ursprünglich so angelegt, daß vornehmlich heuristisches Erfahrungswissen in der Gestalt assoziativer Zuordnungs-Regeln vorgehalten wurde. Dieser Umstand trug dazu bei, daß Expertensysteme oftmals - unzulässig vereinfachend - als "regelbasierte Systeme" beschrieben werden.

Im Hinblick auf Diagnose-Automaten bedeutet das assoziative Paradigma zum Beispiel, daß heuristische Regeln beobachtete Funktionsstörungen (Symptome) mit Ursachen-Hypothesen verknüpften, die sich in der Vergangenheit bewährt haben. Dieses Diagnosewissen bleibt "flach", weil es kein Verständnis der inneren Funktionsweise des Objekt-Systems besitzt (black box-Konzept). Die nunmehr verstärkter untersuchten "tiefen" Wissensbasen umgreifen dagegen ein kausales Modell von Struktur und Verhalten des Objekt-Systems (white box-Konzept). Anstelle heuristischer Assoziationen läßt sich mit Hilfe solcher Modelle die Menge der Ursachen, die zu einem Störungssymptom geführt haben können, kausal-logisch ableiten.

Die oftmals behauptete klare Trennung von Wissensbasis und Problemlösungskomponente unterliegt jedoch bei genauerer Analyse erheblichen Schwierigkeiten. Denn der - durch die Komponentenbezeichnung - zunächst nahegelegte Schluß, die Wissensbasis umfasse das gesamte Wissen eines Expertensystems, führt in die Irre: Auch die Problemlösungskomponente umfaßt Bestandteile des Automatenwissens. Daher ist ein Kriterium erforderlich, mit dessen Hilfe Wissens Elemente als zu einer der beiden Komponenten gehörig klassifiziert werden können. Zur Zeit hat die KI-Forschung jedoch noch kein eindeutiges Kriterium vorgelegt. Daher bleibt es der Gestaltungsentscheidung des Konstrukteurs eines Expertensystems überlassen, in welcher Weise er die Wissenssegmentie-

rung in explizit ausgewiesenes Wissen der Wissensbasis und implizites Wissen der Problemlösungskomponente vornimmt.

Beispielhaft sei auf zwei Konzepte der Wissensaufteilung eingegangen. Das erste ordnet aufgabenspezifisches Wissen der Wissensbasis zu, während allgemeines Wissen über die Art der Anwendung des aufgabenspezifischen Wissens, die zum Zweck der Aufgabenerfüllung erfolgen soll, in der Problemlösungskomponente gespeichert wird. Dieser Sichtweise entspricht die Bezeichnung der Inhalte der Wissensbasis als Objekt- oder Anwendungswissen, während die Inhalte der Problemlösungskomponente Meta- oder Auswertungswissen darstellen. Diese Segmentierungsweise erweist sich jedoch in zweifacher Hinsicht als problematisch.

Erstens unterstellt sie eine simple zweifache Schichtung des Gesamtwissens eines Expertensystems in Objekt- und Metawissen, die zumindest auf fortschrittliche Produkte der KI-Forschung nicht mehr zutrifft. Hier ist das "Meta"wissen seinerseits hierarchisch in mehrere Ebenen gegliedert, die jeweils paarweise im Verhältnis von Objekt- und Metawissen zueinander stehen.

Z.B. besitzt ein Diagnose-Expertensystem als Objektwissen oftmals Regeln über die Zuordnung von Störungssymptomen und mutmaßlichen Störungsursachen. Konkurrieren mehrere solcher Objekt-Regeln miteinander, welche das gleiche Symptom erklären, so kann eine - abermals heuristische - Meta-Regel (Prioritätsregel) in der Problemlösungskomponente bestimmen, diejenige Objekt-Regel auszuwählen, die in der Vergangenheit am häufigsten zu korrekten Ursachenvermutungen geführt hat. Ebenso kann die Problemlösungskomponente die alternative Meta-Regel enthalten, die Autoren der Objekt-Regeln festzustellen, die beim Wissenserwerb des Automaten ursprünglich diese Diagnose-Regeln formuliert haben, und die Regel des Autors mit der höchsten fachlichen Reputation auszuwählen. In diesem Fall umfaßt die



Problemlösungskomponente zwei Meta-Regeln, die wiederum - jetzt jedoch auf der Meta-Ebene - um ihre Anwendung konkurrieren. Sie können "Objekte" einer heuristischen Meta-Meta-Regel werden, die ihrerseits diesen Anwendungskonflikt löst. Diese Hierarchie von Regelwissen läßt sich grundsätzlich beliebig weit hierarchisch fortsetzen.

Es besteht kein sachliches Argument, nur die unterste Regelebene der Wissensbasis zuzuordnen. Ebenso wäre vorstellbar, in die Wissensbasis auch Heuristiken höherer Ebenen - wie die oben angeführten Regeln hinsichtlich des Anwendungserfolgs und der Autorenreputation - aufzunehmen, so daß in der Wissensbasis ein Gemenge aus Objekt-/Anwendungswissen einerseits und Meta-/Auswertungswissen andererseits vorläge. Oder die Dichotomie von Wissensbasis und Problemlösungskomponente wird in ein hierarchisches System mehrfach übereinandergestufte Wissenskomponenten überführt.

Zweitens bleibt die Qualifizierung der Wissensbasis-Inhalte als "aufgabenspezifisch" unscharf. Denn dieselbe Information - etwa der Wert einer Materialeigenschaft - kann für einige Aufgaben spezifische Geltung erlangen, während er für andere Aufgaben bedeutungslos bleibt. Die Inhalte der Wissensbasis müßten aber - wenn sie das o.a. Segmentierungskriterium erfüllen sollen - für alle Aufgaben eines Expertensystems spezifisch sein. Darüber hinaus kollidiert diese Sichtweise mit der weit verbreiteten Auffassung, faktisches Wissen - also Informationen über die Gültigkeit von Sachverhalten - zähle immer zu den Bestandteilen der Wissensbasis. Größere Teile dieses Wissens besitzen aber keinen aufgabenspezifischen Charakter, wie etwa das lexikalische Wissen über die Bedeutung von Ausdrücken, mit deren Hilfe Benutzer und Expertensystem miteinander kommunizieren. Hinzu kommt, daß die Integration von allgemeinem, d.h. aufgaben-unspezifischem "Weltwissen" in die Wissensbasis zunehmende Beachtung erlangt. Es soll helfen, das Leistungspotential von Expertensystemen -

vor allem im Hinblick auf Fähigkeiten des "gesunden Menschenverstands" (common sense reasoning)<sup>158)</sup> - zu erweitern.

Ein zweites Kriterium der Wissenssegmentierung schreibt der Wissensbasis alle Informationen deklarativen Charakters zu, während die Problemlösungskomponente prozedurales Wissen enthält. Dies entspricht der o.a. Sichtweise, zwischen deklarativer Aufgabenbeschreibung und prozeduraler Ablaufbeschreibung der Aufgabenbearbeitung zu differenzieren. Diese vermeintlich klare Trennung läßt sich jedoch im allgemeinen nicht aufrechterhalten, weil die implizite Prämisse, jede Aufgabe könne ohne prozedurale Komponenten beschrieben werden, nicht immer erfüllt ist.

Besteht z.B. die Aufgabe für ein Expertensystem darin, einen mehrstufigen Produktionsprozeß zu planen, dessen einzelnen Bearbeitungsgänge bei Werkstattfertigung jeweils auf unterschiedlichen Maschinen ausgeführt werden können, so benötigt der Automat prozedurales Wissen über zulässige Bearbeitungsreihenfolgen in seiner Wissensbasis, bevor die Konzepte der Problemlösungskomponente zur Plansynthese angewendet werden können. Ein anderes, real implementiertes Beispiel ist das Expertensystem SCHEDULING ASSISTANT, das die Projektplanung mit Hilfe der Netzplantechnik unterstützt. Hier sind Algorithmen zur Projektdauer-Berechnung als separate prozedurale Einheiten in der Wissensbasis abgespeichert<sup>159)</sup>. Auch ist auf das Konzept der semantischen Rahmen ("frames") zu verweisen, das einerseits der Repräsentation von Wissen im Rahmen der Wissensbasis dient, andererseits aber speziell dafür ausgelegt ist, auch Prozedurbeschreibungen als Wissensbestandteile aufzunehmen<sup>160)</sup>.

Des weiteren kann die Problemlösungskomponente deklarative Wissensbestandteile beinhalten, so daß ihre Charakterisierung als rein prozedural nicht zu überzeu-

gen vermag. Schließlich läßt sich zeigen, daß Extremfälle existieren, in denen nicht einmal die Begriffe der Deklarativität und Prozeduralität streng voneinander abgegrenzt werden können<sup>161</sup>).

Die Problematik der Wissenssegmentierung geht über das Verhältnis von Wissensbasis und Problemlösungskomponente hinaus. Auch die anderen Komponenten des Standardschemas müssen Wissen enthalten, um ihre Funktionen erfüllen zu können. So benötigt die Dialogkomponente sprachliches Wissen, um die Mensch-Maschine-Kommunikation zu ermöglichen. Soll diese Komponente darüber hinaus die Qualität einer kooperativen Schnittstelle erfüllen, die den Automatenutzer bei seiner Problemlösung aktiv unterstützt, so ist Zusatzwissen über die Fähigkeiten des Expertensystems (Automatenmodell) und die Unterstützungswünsche des Benutzers (Benutzermode) erforderlich. Wissensakquisitions- und Erklärungskomponenten setzen Wissen über mögliche Vorgehensweisen beim Wissenserwerb bzw. Wissen über die Erklärungsbedürfnisse der Automatenutzer voraus.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Wissensbasis des Standardschemas zwar den Aspekt der Wissensfundierung von intelligenten Automaten zu Recht hervorhebt, aber als Strukturkomponente eines solchen Automaten keineswegs klar definiert ist. Vielmehr durchzieht die Wissensbasierung die gesamte Struktur eines Expertensystems. Sie kann daher als ein zentrales Konzept der KI-Forschung angesehen werden.

Über die voranstehend erläuterten Segmentierungsschwierigkeiten hinaus leiden die strukturorientierten Ansätze zur Definition von Expertensystemen an mangelnder Allgemeingültigkeit, fehlender Überschneidungsfreiheit und Unvollständigkeit der aufgelisteten Strukturkomponenten.

Das Defizit an Allgemeingültigkeit erklärt sich aus dem Umstand, daß die Modularisierung von Informationsverarbeitungssystemen, an deren Ende die betrachteten Strukturkomponenten stehen, einen Implementierungsaspekt darstellt, der für den Automatenkonstrukteur eine Vielzahl von Freiheitsgraden offenläßt. Hieraus resultiert eine Vielzahl möglicher Strukturkonzepte.

Ohne die typischen Leistungen oder Funktionen von intelligenten Automaten zu gefährden, können - etwa nach Gesichtspunkten der Effizienz der späteren Automatenanwendung oder -modifizierung - einzelne Elemente des Informationsverarbeitungssystems zu Teilsystemen mit hoher innerer Wechselwirkungsintensität zusammengefaßt werden. Beispielsweise spricht nichts dagegen, die oben als selbständig ausgewiesene Erklärungskomponente als Subsystem des Teilsystems "Dialogkomponente" zu implementieren.

Aus diesem Sachverhalt wird zugleich die unzulängliche Überschneidungsfreiheit der vorherrschenden strukturorientierten Ansätze ersichtlich. So besitzen Erklärungs- und Dialogkomponente zumindest einen gemeinsamen Teilbereich, der sich auf die erklärende Mensch-Maschine-Kommunikation erstreckt. Bereits oben wurde auf die mehrfachen Überschneidungen der Wissensbasis mit den übrigen Komponenten des Standardschemas hingewiesen.

Die Unvollständigkeit des strukturorientierten Ansatzes manifestiert sich in den zwischenzeitlich erfolgten Vorschlägen für die Ergänzung um weitere Strukturkomponenten. Da keine dieser Anregungen einen Vollständigkeitsbeweis vorzulegen vermochte, ist auch in Zukunft mit Erweiterungen zu rechnen.

Das Standardschema läßt sich beispielsweise fortentwickeln, indem die Wissensbasis hinsichtlich der involvierten Wissensarten weiter ausdifferenziert wird (vgl. Abb. 9). Auch ist es möglich, den Aspekt der Schnittstellen des Automaten zu seiner Umwelt dadurch zu verallgemeinern, daß die Einengung des Standardschemas auf Beratungssysteme aufgehoben wird: Durch die Einbezie-

hung weiterer Strukturkomponenten in der Gestalt von Sensoren und Effektoren einschließlich der zugeordneten Prä- bzw. Postprozessoren können z.B. auch intelligente Roboter erfaßt werden (vgl. Abb. 10).

Ein in wesentlichen Gesichtspunkten erweitertes Strukturschema wurde von einer Arbeitsgruppe der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH/Bonn vorgestellt (vgl. Abb. 9)<sup>162</sup>). Es berücksichtigt die o.a. Kritik an der unscharfen Abgrenzung des Inhalts der Wissensbasis im Standardschema, indem es nicht nur Anwendungswissen in der Wissensbasis vorsieht. Vielmehr enthält diese nun auch als weitere Subkomponenten Systemwissen (als o.a. Automatenmodell) über die Funktionsweise des Expertensystems, Akquisitionswissen bezüglich der Lernprozesse beim Wissenserwerb, Kommunikationswissen für die Gestaltung des Mensch-Maschine-Dialogs sowie Erklärungswissen für die Erläuterung der Automatenempfehlungen. Die Problemlösungskomponente bleibt - abgesehen von ihrer Umbenennung in "Interpreterbasis" - unverändert. Gleiches gilt für die Dialogkomponente, die nun als Kommunikationskomponente bezeichnet wird. Neuartig sind dagegen das Aktive Teilsystem und die Verwaltungskomponente.

Das Aktive Teilsystem lädt jeweils diejenigen Teile der Wissens- und der Interpreterbasis, die zur Bearbeitung der aktuellen Aufgabenstellung erforderlich sind. Außerdem protokolliert es in seinem "Tracer" alle Schritte der Aufgabenabarbeitung. Hierdurch kann der Automat z.B. - im Rahmen von backtracking-Strategien - unfruchtbare Arbeitswege abbrechen und an frühere Verzweigungsknoten der Abarbeitung zurückkehren, um eine andere Abarbeitungsrichtung einzuschlagen. Auch lassen sich die Protokolle - im Falle einer erfolgreichen Aufgabenerfüllung - zur Erklärung des vom Expertensystem erzeugten Ergebnisses heranziehen. In der Dynamischen Datenbasis des Aktiven Teilsystems wird der jeweils aktuelle Stand der Aufgabenbehandlung vorgehalten.

Die Verwaltungskomponente stellt eine wichtige informationstechnische Erweiterung dar, die jedoch für den Automatenutzer keine unmittelbar ersichtliche Leistung erbringt. Sie vermittelt die einzelnen, im Ablauf der Aufgabenerfüllung zu erbringenden Teilaufgaben an die jeweils hierfür geeigneten Automatenkomponenten. Ihr anspruchsvolles Metawissen über sachgerechte Teilaufgaben-Zuordnungen stellt die Grundlage für das Konzept des verteilten Problemlösens<sup>163)</sup> dar, das sich noch in der Phase intensiver Grundlagenforschung befindet.

#### 5.1.4 Funktionsbezogene Definitionskonzepte

Die funktionsbezogenen Ansätze zur Definition von Expertensystemen lassen sich in Varianten mit internem und solche mit externem Funktionsbezug unterscheiden. Die erstgenannten decken sich weitgehend mit den zuvor ausführlich behandelten strukturorientierten Definitionskonzepten, weil die Strukturkomponenten gewöhnlich in funktionaler Weise abgegrenzt werden. Daher wird auf diese funktionsbezogenen Ansätze nicht weiter eingegangen.

Die Konzepte mit externem Funktionsbezug verfolgen dagegen nicht die informationstechnische Funktionsabgrenzung, die der Bildung der o.a. Strukturkomponenten intelligenter Automaten zugrundeliegt. Ebenso wenig nehmen sie auf die bautechnische Sichtweise Bezug, welche auf die Funktionen der Umweltwahrnehmung und -beeinflussung durch Bildung von Sensor- bzw. Effektorkomponenten abstellt. Vielmehr erstrecken sie sich auf die Interessen der Automatenutzer, intelligente Automaten zur Erfüllung von Aufgaben ("Funktionen") aus den Betätigungsfeldern der Benutzer einzusetzen.

Aus dieser Perspektive haben sich in der KI-Literatur Funktionsbereiche herausgeschält, deren Abdeckung der Entwicklung intelligenter Automaten zugrundeliegen soll:

- optisches Wahrnehmen der Automatenumwelt (Bildverarbeitungssysteme),
- akustisches Erkennen und Erzeugen von natürlicher Sprache (Spracherkennungs-/-erzeugungssysteme),
- inhaltliche Verarbeitung natürlicher Sprache (natürlichsprachliche Systeme),
- Bearbeiten von Problemen (Expertensysteme im engeren Sinne, Beratungssysteme),
- Suchen nach anforderungsgerechten Lösungen in sehr großen Lösungsräumen (Suchsysteme),

- Aufstellen von Handlungs-Plänen (Planungssysteme),
- Erteilen von Auskünften über Sachverhalte (Auskunftssysteme),
- Erkennen möglicher Ursachen von Störungssymptomen in komplexen Systemen (Diagnosesysteme),
- Konstruieren von technischen Systemen (Designsysteme),
- Zusammenstellen komplexer Systeme aus Komponenten-Katalogen (Konfigurierungssysteme),
- experimentelles Analysieren oder Prognostizieren des Verhaltens komplexer Systeme (Simulationssysteme),
- Beweisen der Gültigkeit von Theoremen (Beweissysteme, Deduktionssysteme),
- abstraktes Erkennen von Regelmäßigkeiten in umfangreichen Informationsgesamtheiten (Mustererkennungssysteme),
- Erstellen begrifflicher Ordnungen in Informationssammlungen (Klassifizierungssysteme),
- Deuten des Informationsgehalts von sensorvermittelten Signalen (Interpretationssysteme),
- selbständiges Ausführen von Aufgaben in Umwelten mit nicht vollständig vorhergeplanten Umwelteinflüssen, sogenannten "stochastisch veränderlichen" Umwelten (intelligente oder autonome Roboter),
- Unterstützen menschlicher Lernprozesse (Tutorsysteme).

Diese facettenreiche Auflistung von Funktionsbereichen intelligenter Automaten läßt die Fragwürdigkeit der funktionsorientierten Konzepte zur Definition des Erkenntnisobjekts der KI-Forschung deutlich zu Tage treten.



Erstens erweisen sich die Funktionen nicht als überschneidungsfrei definiert, sondern gleichen eher einem Sammelsurium von ad hoc gebildeten Schlagworten. So läßt sich beispielsweise die Funktion des Problemlösens - bei weiter Definition des Problembegriffs - als Umhüllende aller anderen Funktionen auffassen. Die Funktion des Theorembeweisens ist oftmals Bestandteil der Funktion der Plansynthese, da Planungstechniken der KI-Forschung vielfach auf Theorembeweisen beruhen. Der Unterschied zwischen Suchsystemen und Expertensystemen i.e.S. wird aufgehoben, sobald das Erzeugen einer Problemlösung als Suche nach einer anforderungsgerechten Problemlösung interpretiert wird; diese Sichtweise entspricht einem typischen Deutungsmuster der KI-Forschung. Weitere Überschneidungen ließen sich ergänzen.

Zweitens ist die Spezifität der angeführten Funktionen im Hinblick auf intelligente Automaten nicht ersichtlich. So kann z.B. die Funktion von Beratungs- oder Simulationssystemen ebenso von Automaten der konventionellen Informationsverarbeitung erfüllt werden. Es ist nicht entscheidend, welche Funktionen von intelligenten Automaten erfüllt werden, sondern in welcher Weise dies geschieht. In dieser Hinsicht erscheinen dem Autor die leistungsbezogenen Definitionskonzepte - insbesondere in der Variante des Performanzmodus durch seine Herausstellung der deklarativen Benutzeroberfläche - und die strukturorientierten Definitionskonzepte - durch ihre Hervorhebung der expliziten Wissensdarstellung zum Zweck der Aufgabenerfüllung - als überzeugendere Ansätze zur inhaltlichen Konkretisierung des Begriffs intelligenter Automaten.

### 5.1.5 Weiterführende Begriffsdifferenzierungen

Die vorangehenden Erörterungen von Konzepten zur Definition intelligenter Automaten veranschaulichen, daß zur Zeit seitens der KI-Forschung noch keine konkrete inhaltliche Füllung ihres Erkenntnisobjekts vorgelegt werden kann, die frei von Einwänden wäre oder sich als herrschende Meinung durchgesetzt hätte. Eine solche Definitionsvielfalt braucht jedoch keineswegs als wissenschaftliches Defizit betrachtet zu werden. Vielmehr eröffnet sie gerade durch ihre inhaltliche Vielschichtigkeit das Potential fruchtbarer Anstöße für die Entwicklung informationsverarbeitender Automaten, die das Leistungsspektrum konventioneller Exemplare übertreffen könnten.

Hinsichtlich der Arbeitsdefinition für Expertensysteme, die in der Einführung dieser Schrift vorgestellt wurde, und der voranstehend erläuterten Definitionsansätze für intelligente Automaten lassen sich weitere Unterfälle differenzieren. Sie gehen jeweils aus der Betonung bestimmter Aspekte der wissensbasierten Informationsverarbeitung hervor.

Wissens-Systeme sind Automaten, in denen die (vornehmlich) deklarative Wissensdarstellung in der Wissensbasis von der (überwiegend) prozeduralen Wissensverarbeitung in der Problemlösungskomponente getrennt wird im Gegensatz zu deren Integration in konventioneller prozeduraler Software. Unter diesem Repräsentationsaspekt, der von den struktur- und programmierbezogenen KI-Definitionen beeinflusst ist, wird vom Zweck der Automatenanwendung abstrahiert.

Expertensysteme i.w.S. sind Wissens-Systeme, die nonprozedurale Benutzeroberflächen für die selbständige Bewältigung von Problemen realisieren. Dieser Anwendungsaspekt lehnt sich eng an den Performanzmodus der leistungsbezogenen KI-Definition an.

Expertensysteme i.e.S. bilden diejenige Teilklasse der Expertensysteme i.w.S., deren Problemkompetenz das Niveau menschlicher Experten erreicht (oder übersteigt). Hierdurch wird der Simulationsmodus partiell in die Sichtweise des Performanzmodus aufgenommen.

Intelligente Roboter sind Expertensysteme (i.e.S. oder i.w.S.), die durch Sensoren für die Umweltwahrnehmung und Effektoren (Aktuatoren) für die Umweltbeeinflussung zur Interaktion mit einer stochastisch - d.h. nicht vorhersehbar - veränderlichen Umwelt befähigt sind. Konstitutiv für diesen erweiterten Umweltbezug ist die Fähigkeit intelligenter Roboter, selbständig ("autonom") Entscheidungen bezüglich ihres eigenen Verhaltens zu treffen, mit Hilfe ihrer Effektoren in der Realität auszuführen und die realen Konsequenzen dieser Aktivitäten durch ihre Sensoren zu überwachen.

Intelligente Auskunft- und Beratungssysteme sind Expertensysteme (i.e.S. oder i.w.S.), die ihren menschlichen Benutzern Empfehlungen für die Lösung von Problemen unterbreiten (oder deren Unlösbarkeit anzeigen), die Letztentscheidung über die Ausführung empfohlener Problemlösungen jedoch diesen Benutzern überlassen.

Überschneidungen der vorgenannten Definitionen können im Hinblick auf verwirklichte KI-Produkte nicht ausgeschlossen werden. So werden intelligente Automaten für die Überwachung und Steuerung von Kernkraftwerken diskutiert, die sowohl die Beratung ihrer Benutzer in Kraftwerks-Leitständen als auch - insbesondere in Krisenfällen mit dem Erfordernis äußerst kurzfristiger Eingriffe - autonome Automaten-Entscheidungen einschließlich ihrer Realisierung im technisch angekoppelten Energieerzeugungssystem vorsehen. Solche Automaten stellen einerseits intelligente Beratungssysteme im Sinne von Expertensystemen i.e.S. dar. Andererseits kann aber auch das Gesamtsystem aus Beratungssystem sowie hiermit im Kraftwerk verbundenen Sensoren und Effektoren als ein intelligenter Roboter angesehen werden.

5.2 Anmerkungen

- 1) Vgl. Moto-oka (1982), S. 4ff., insbesondere S. 37ff.; Feigenbaum (1984), insbesondere S. 25ff. u. 117ff.
- 2) Die Zitate entstammen - in gleicher Reihenfolge - Kneissler (1983), S. 57 u. 59; Nake (1984), S. 109; Simon (1958), S. 8, in der Übersetzung von Weizenbaum (1982), S. 187; Simon (1966), S. 14 u. 55.
- 3) Vgl. z.B. die kritischen Ausführungen von Born (1986), S. 26ff.
- 4) Schmidt, E. (1987), S. 17.
- 5) Vgl. Wiig (1985), S. 174.
- 6) Vgl. Siekmann (1984), S. 5.
- 7) Vgl. Statistisches Bundesamt (1987), S. 168, Tabelle 9.1.
- 8) Vgl. die Übersicht in o.V. (1986e), S. 1ff.
- 9) Vgl. die umfangreiche Auflistung (107 Seiten!) in Artificial Intelligence Software S.R.L. (1986), S. 17ff.
- 10) Vgl. Nilsson (1974), S. 781ff. u. 787ff.; Lehmann (1984), S. 100ff.; Feigenbaum (1984), S. 304ff.; Iudica (1984), S. 196ff.; Rault (1984), S. 11ff.; Hennings (1985a), S. 137ff. u. 271ff.; Hennings (1985b), S. 181ff.; Hahn (1985c), S. 175ff.; o.V. (1986a); Mertens (1986), S. 909ff., insbesondere S. 913ff.; Volk (1986), S. 556ff.; Kumara (1986), S. 1117ff.; Buchanan (1986), S. 33ff.; Felsen (1986); Waterman (1986), S. 239ff.; Zelewski (1986a), S. 513ff.; sowie die Beiträge in den Sammelwerken Pau (1986a) und Wildemann (1987).
- 11) Vgl. Nagel (1984), S. 16ff.; Rembold (1985), S. 763ff., 811ff., 871ff. u. 909ff.; Brady (1985), 79ff.; Meystel (1987).
- 12) Vgl. Kuntze (1984), S. 7ff., insbesondere S. 20ff.; Horn (1984), S. 76ff.
- 13) Vgl. Becker (1984), S. 189ff.
- 14) Vgl. Niepold (1982), S. 204ff.; Dilger (1987), S. 435ff.
- 15) Vgl. Giralt (1984), S. 365ff.; Rembold (1984), S. 43ff.; Freyberger (1985), S. 231ff.
- 16) Vgl. Haass (1984), S. 132ff.
- 17) Vgl. Blidberg (1983), S. 149ff.
- 18) Vgl. Klein (1982), S. 913ff.
- 19) Vgl. Nebel (1982), S. 392ff.
- 20) Vgl. Waltz (1982), S. 17ff.

- 21) Vgl. Davis (1976), S. 128ff. u. 150f.; Kosy (1984), S. 176ff.; Miller (1984), S. 69ff.; Baltes (1985), S. 2ff.; Iwasieczko (1986), S. 113ff.
- 22) Vgl. Cook (1981), S. 689ff.
- 23) Vgl. Sprowl (1979), S. 1ff.; Kowalewski (1986), S. 421ff.
- 24) Vgl. Jarke (1984), S. 68ff.; Sivasankaran (1985), S. 251ff.; v. Martial (1987), S. 272ff.
- 25) Vgl. Dungan (1985), S. 210ff.; Elliott (1985), S. 126ff.; Güntzer (1985), S. 839ff.; Mertens (1985), S. 21ff. u. 38ff.; Dräger (1986), S. 2ff.; Iwasieczko (1986), S. 113ff.; Schumann (1986), S. 517ff.; Sieben (1986), S. 533ff.
- 26) Vgl. McCarty (1981), S. 246ff.
- 27) Vgl. Michaelsen (1984), S. 152ff.
- 28) Vgl. Waterman (1984), S. 65ff.
- 29) Vgl. Savory (1985), S. 241ff.; o.V. (1986c), S. 27; Schachter-Radig (1986), S. 255f.
- 30) Vgl. Allgayer (1986), S. 119ff., insbesondere S. 122ff.
- 31) Vgl. Brown, R.H. (1981), S. 998ff.; Buchberger (1984), S. 180ff.
- 32) Vgl. Kant (1979), S. 457ff.; Green (1982), S. 339ff.
- 33) Vgl. Schürmann (1984), S. 23ff.; Franke (1986), S. 149ff.
- 34) Vgl. Okada (1982), S. 898ff.; Doster (1984), S. 3ff.
- 35) Vgl. Andreewsky (1983), S. 13ff.; Allen (1983), S. 184ff.; vgl. allgemein zur betrieblichen Anwendung spracherkennender und -verarbeitender Automaten Preissner-Polte (1987), S. 182ff.
- 36) Vgl. Balzert (1984), S. 37ff.; Schumann (1985), S. 931ff.
- 37) Vgl. Heidorn (1982), S. 305ff., insbesondere S. 309ff.
- 38) Vgl. Rieder (1986), S. 135ff.
- 39) Vgl. Hayes (1983b), S. 286ff.
- 40) Vgl. Malone (1987), S. 382ff.
- 41) Vgl. Fikes (1981), S. 331ff.
- 42) Vgl. Gershman (1981), S. 423ff.; vgl. auch den beispielhaften Dialog in Kapitel 4.2.
- 43) Vgl. Blanning (1985), S. 153ff.; Goul (1985), S. 73ff., 90ff. u. 122ff.; Demetrius (1986), S. 236ff.
- 44) Vgl. Fordyce (1986), S. 31ff.; Pau (1986b), S. 107ff.

- 45) Vgl. Lenat (1983b), S. 73ff.
- 46) Vgl. Hayes (1983a), S. 264ff.
- 47) Vgl. Kraetzschmar (1986), S. 12ff.
- 48) Vgl. Clippinger (1983), S. 66f.; Lenat (1983a), S. 259ff.; Zelewski (1986b), S. 13ff.
- 49) Vgl. Holl (1982), S. 65ff.; Scheer (1984), S. 171ff.
- 50) Vgl. Hein, H. (1984a), S. 2ff.
- 51) Vgl. Balzert (1987), S. 37ff.
- 52) Vgl. Bunke (1978), S. 126ff.
- 53) Vgl. Weitz (1985), S. V, 5f., 26ff., 46ff u. 59ff.; Haux (1986), S. 316ff.
- 54) Vgl. Krallmann (1986), S. 565ff.; Keune (1986), S. 8f.
- 55) Vgl. Pease (1978), S. 725ff.
- 56) Vgl. Ford (1984), S. 106ff.; Gunzenhäuser (1984), S. 239ff.; Harmon (1985), S. 236ff.
- 57) Vgl. Clancey (1984), S. 464ff.; Ford (1984), S. 115ff.
- 58) Vgl. Kraft (1984), S. 41ff.
- 59) Vgl. Lehmann (1985), S. 794ff.
- 60) Vgl. Klar (1985), S. 43ff.
- 61) Vgl. Eichhorn (1987), S. 121ff.
- 62) Vgl. Pratt (1984), S. 40f.; Miller (1984), S. 154ff.
- 63) Vgl. Underwood (1982), S. 302ff.
- 64) Vgl. Nelson (1982), S. 296ff.
- 65) Vgl. Eastman (1973), S. 41ff.; Fisher (1985), S. 176ff.; Kloth (1987), S. 422ff.
- 66) Vgl. Iwata (1975), S. 782ff.; Iudica (1984), S. 199f.
- 67) Vgl. Nau (1983), S. 254 u. 256ff.; Grasmück (1985), S. 1ff.; Ben-Arieh (1985), S. 285ff.; Mouleeswaran (1986), S. 2ff.
- 68) Vgl. Iudica (1985), S. 22ff.
- 69) Vgl. Descotte (1981), S. 766ff.; Descotte (1985), S. 185ff.
- 70) Vgl. Fox (1983), S. 97ff. u. 143ff.; Fox (1984), S. 27ff.
- 71) Vgl. Kusiak (1987), S. 2ff.
- 72) Vgl. Tonge (1963), S. 144ff.
- 73) Vgl. Wittig (1985), S. 384ff.; Eiben (1987), S. 102ff.; Carls (1987), S. 394ff.

- 74) Vgl. Chin (1982), S. 557ff.; Sood (1985), S. 69ff.; Hättich (1986), S. 1ff.
- 75) Vgl. Lenz (1986), S. 75ff.
- 76) Vgl. Csima (1983), S. 53ff.
- 77) Vgl. Grünewald (1985), S. 28ff.
- 78) Vgl. Brown, D.C. (1983), S. 173ff.; Pegels (1984), S. 144ff.; Bullinger (1986), S. 272ff.; Schönsleben (1987), S. 195ff.
- 79) Vgl. Ishizuka (1983), S. 99ff.
- 80) Vgl. Fehsenfeld (1987), S. 199ff.
- 81) Vgl. Cullingford (1982), S. 168ff.
- 82) Vgl. Bennett (1979), S. 47ff.
- 83) Vgl. Lenat (1983b), S. 88ff.; Schindler (1984), S. 132ff.; Blondin (1984), S. 143ff.
- 84) Vgl. Gelernter (1977), S. 1041ff.; Wipke (1984), S. 71ff.; Miller (1984), S. 174ff.
- 85) Vgl. Böhm (1986), S. 111ff.; Troeder (1986), S. 210ff.; Neumann (1986), S. 207ff.
- 86) Vgl. Herrmann (1987), S. 486ff.
- 87) Näheres hierzu z.B. bei Kobsa (1985), S. 2ff., insbesondere S. 10ff., 153ff. u. 171ff.; Sleeman (1985), S. 1298ff.
- 88) Vgl. Domke (1986), S. 29ff.
- 89) Vgl. Hayes (1983b), S. 286ff.
- 90) Vgl. Malone (1987), S. 382ff.
- 91) Vgl. Fikes (1981), S. 331ff.; vgl. zu diesem Anwendungsbereich auch Balzert (1985), S. 116ff. u. 132f.
- 92) Vgl. Balzert (1984), S. 37ff.; Schumann (1985), S. 931ff.; Balzert (1985), S. 128ff.
- 93) Vgl. Heidorn (1982), S. 305ff., insbesondere S. 309ff.
- 94) Vgl. Rieder (1986), S. 135ff.
- 95) Vgl. Kowalewski (1986), S. 421ff. Ein Expertensystem gleicher Funktion wird in Sprowl (1984), S. 669ff., beschrieben.
- 96) Vgl. Potzner (1985), S. 614 u. 618f.; Cordroch (1986), S. 56f.
- 97) Vgl. Woehl (1984), S. 529ff.; Fauser (o.J.), S. 5f.
- 98) Vgl. Habel (1982), S. 372ff.; Rollinger (1983); Hahn (1985a); Pau (1985), S. 313ff.; Balzert (1987), S. 44f.
- 99) Vgl. Hobbs (1982), S. 128ff.; Tait (1985), S. 312ff.; Hahn (1985a), S. 79ff.

- 100) Vgl. Schank (1979), S. 197ff. u. 203ff.; DeJong (1982), S. 149ff.
- 101) Vgl. King (1979), S. 243ff.; Lebowitz (1985a), S. 159ff.; Hahn (1985b), S. 2ff., sowie die Hinweise in Zelewski (1987a), S. 54ff.
- 102) Vgl. Appelrath (1987), S. 1ff.
- 103) Vgl. Nutt (1979), S. 22.3.3ff.; Balzert (1985), S. 127 u. 133f.; Schatz (1985), S. 853; Glasen (1987), S. 448; Balzert (1987), S. 45f.
- 104) Vgl. Hewitt (1973), S. 235ff.; Hewitt (1979), S. 433ff.; Fikes (1980), S. 205f.; Glasen (1987), S. 448ff.
- 105) Vgl. Maes (1985), S. 27ff.
- 106) Vgl. Zisman (1977), S. 73ff.
- 107) Vgl. Schürmann (1984), S. 23ff.; Franke (1986), S. 149ff.
- 108) Vgl. Schürmann (1984), S. 37f.
- 109) Vgl. Okada (1982), S. 898ff.; Doster (1984), S. 3ff.
- 110) Vgl. Hanson (1978), S. 303ff.; Novak (1984).
- 111) Näheres hierzu bei Kawada (1979), S. 466ff.; Becker (1984), S. 47ff.
- 112) Vgl. zur betrieblichen Anwendung sprachverarbeitender Automaten Fähnrich (1984), S. 5M-11ff.; Preissner-Polte (1987), S. 182ff.
- 113) Vgl. Oakey (1981), S. 109ff.; Fellbaum (1984), S. 64ff.
- 114) Vgl. Fähnrich (1984), S. 5M-6.
- 115) Vgl. Andreewsky (1983), S. 13ff.; Allen (1983), S. 184ff.
- 116) Vgl. Rosenberg (1976), S. 475ff.
- 117) Vgl. Höfker (1978), S. 74ff.
- 118) Vgl. ansatzweise Lebowitz (1985b), S. 861f.
- 119) Vgl. Horacek (1983), S. 108ff.; Rösner (1986), S. 3ff., insbesondere S. 12ff.; Adorni (1987), S. 53ff.
- 120) Vgl. Hayes (1983a), S. 231ff.; Wahlster (1984), S. 106ff.; Hein, H. (1984b), S. 1186ff.; Marburger (1985), S. 135ff.; Zelewski (1986a), S. 466f.; 601ff., 743ff. 1021ff. u. 1067ff.; Carroll (1987), S. 14ff.; Fehrle (1987), S. 39ff.
- 121) Vgl. als Übersichtsdarstellungen Lehnert (1982); Wahlster (1982), S. 203ff.; Guenther (1986), S. 162ff.



- 122) Eine beispielhafte Realisierung kann bei Kaplan (1983), S. 167ff., nachvollzogen werden. Einen breiteren Überblick hierüber bietet Zelewski (1986a), S. 608ff. Vgl. zu den Einschränkungen des Anspruchs auf Natürlichsprachlichkeit Schefe (1983), S. 420ff.; Zelewski (1986a), S. 960ff.
- 123) Vgl. Wahlster (1983), S. 643ff.; Marburger (1985), S. 141ff.
- 124) Vgl. Nakamura (1983), S. 560ff.
- 125) Vgl. Suwa (1984), S. 159ff.
- 126) Vgl. zu diesem Automaten (HAMburger RedePartnerModell) Jameson (1980), S. 449ff.
- 127) Der Dialogwortlaut findet sich im Original in o.V. (1984a), S. 31. Ähnliche Dialoge sind bei Jameson (1980), S. 453ff., und Hoepfner (1980), S. 5ff. angeführt. In der letztgenannten Quelle wird das Zustandekommen der Automatenantworten ausführlich kommentiert.
- 128) Vgl. Gershman (1981), S. 423ff.
- 129) Hiermit wird der Entkopplungstrend von Betriebs- und Arbeitszeiten fortgesetzt, auf den Staudt im Kontext von Automatisierung und Mikroelektronik bereits vielfach hingewiesen hat; vgl. z.B. Staudt (1982), S. 63ff.
- 130) Vgl. Fellbaum (1984), S. 62.
- 131) Vgl. zu einer ausführlicheren Erörterung der Probleme bei natürlichsprachlicher Mensch-Maschine-Kommunikation Krause (1982), S. 10ff.; Zelewski (1986a), S. 1073ff.
- 132) Vgl. hierzu Zelewski (1986a), S. 606 u. 1070; Malone (1987), S. 399ff.
- 133) Ausführlicheres hierzu bei Clancey (1984), S. 464ff.; Ford (1984), S. 106ff.; Gunzenhäuser (1984), insbesondere S. 239ff.; Bauer (1987), S. 24ff.; Balzert (1987), S. 42f.
- 134) Vgl. Fikes (1980), S. 202ff.; u. 207; Schatz (1985), S. 853 u. 858; Maes (1985), S. 21 u. 25.
- 135) Vgl. Hein, H. (1984a), S. 2ff.
- 136) Vgl. Wilczynski (1981), S. 135ff.; Mark (1981), S. 375ff.
- 137) Vgl. Balzert (1987), S. 37ff.
- 138) Vgl. hierzu Durfee (1985), S. 1025ff.; Steeb (1986), S. 391ff.; Gasser (1987), S. 315ff.
- 139) Die nachfolgenden Ausführungen beruhen auf der Darstellung in Zelewski (1986a), S. 973ff., insbesondere S. 1001ff.; dort sind auch die weiterführenden Literaturnachweise enthalten.
- 140) Näheres hierzu bei Zelewski (1986a), S. 990ff.

- 141) Vgl. zu breiter angelegten Wirtschaftlichkeitskonzepten Picot (1980), S. 227ff.; Reichwald (1982), S. 31ff.; VDI 5015 (1987), S. 13ff.
- 142) Näheres zu organisatorischen Auswirkungen bei Zelewski (1986a), S. 1249ff.
- 143) Die Ausführungen beruhen auf Zelewski (1986a), S. 1052ff.; vgl. auch die dort vorgenommenen weiterführenden Literaturangaben. Besonders hervorgehoben seien als Technologie-Wirkungsanalysen zur Künstlichen Intelligenz, die sich vornehmlich mit Zielsetzungen sozialer Art auseinandersetzen, Firschein (1973), S. 105ff.; Gurstein (1985), S. 652ff.; Koenemann (1986), insbesondere S. 116ff.; Schubert (1987), S. 158ff.; sowie die Beiträge in dem Sammelwerk Trappl (1986). Grundlegendes zu den Konzepten sozial-orientierter Technologie-Bewertung findet sich bei Zelewski (1986c), S. 2ff., und den dort angegebenen Quellen.
- 144) Dieses Attribut wird hier nicht wertend, sondern statistisch-deskriptiv verwendet.
- 145) Vgl. Kern (1984), S. 20ff., 89, 191ff., 300ff. u. 318ff.
- 146) Vgl. o.V. (1984b), S. 1ff.
- 147) Vgl. Staudt (1986), S. 11.
- 148) Raulefs (1982), S. 62f.; vgl. auch dort die Strukturdarstellung durch Abb. 1.1.
- 149) Puppe (1986), S. 1. Ähnlich spricht Weizenbaum (1982), S. 268, von einer "Maschine nach dem Bild des Menschen".
- 150) Stefik (1982), S. 135f.
- 151) Bruderer (1978), S. 9.
- 152) Bungers (1984), S. 3.
- 153) Feigenbaum (1980), S.1.
- 154) Siekmann (1982), S. 3ff.
- 155) Vgl. Kopec (1986), S. 687, in bezug auf den Automaten HITECH mit einer Elo-Zahl von 2486 Punkten; das Quorum für einen Großmeister beträgt 2200 Punkte.
- 156) Anderer Ansicht ist jedoch Mertens (1983), S. 688, der für Expertensysteme eine Dreiteilung in Wissensbasis, Problemlöser und Daten als charakteristisch ansieht.
- 157) Vgl. Hart (1982), S. 12ff.; Chandrasekaran (1983), S. 425ff.; Steels (1986), S. 270ff.; Bobrow (1986), S. 881; Kassel (1987), S. 315ff.; Steels (1987), S. 475ff., insbesondere S. 478ff.
- 158) Vgl. Lenat (1985), S. 4ff.; Zelewski (1986a), S. 366ff.

- 159) Vgl. Levitt (1985), S. 67. Zugleich wird an diesem Beispiel die Willkür der Wissenssegmentierung besonders deutlich: Es hätte durchaus üblichen Implementierungskonzepten der KI-Forschung entsprochen, die Formeln zur Projektdauer-Berechnung als Routine(n) in der Problemlösungskomponente vorzuhalten.
- 160) Vgl. Minsky (1975), S. 211ff.; Fox (1983), S. 34ff.
- 161) Vgl. Zelewski (1986a), S. 153ff., insbesondere S. 158f.
- 162) Vgl. Bungers (1984), S. 6ff.
- 163) Vgl. Durfee (1985), S. 1025ff.; Steeb (1986), S. 391ff.

### 5.3 Literaturverzeichnis

- Abu-Mostafa, S. u. D. Psaltis: Optische Neuro-Computer, in: Spektrum der Wissenschaft, o.Jg. (1987), Heft 5, S. 54-61.
- Ackoff, R.L.: Management Misinformation Systems, in: Management Science, Vol. 14 (1967), S. B-147 - B-156.
- Adorni, G. u. L. Massone: Toward a Language-Independent Generator of Sentences, in: Applied Artificial Intelligence, Vol. 1 (1987), S. 53-75.
- Allen, R.B.: Composition and editing of spoken letters, in: International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 19 (1983), S. 181-193.
- Allgayer, J. u. C. Reddig: Processing Descriptions containing Words and Gestures - A System Architecture, in: Rollinger, C.-R. u. W. Horn (Hrsg.): GWAI-86 und 2. Österreichische Artificial-Intelligence-Tagung, 22.-26. 09.1986 in Ottenstein, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo 1986, S. 119-130.
- Andreewsky, M., C. Fluhr, J.S. Lienard, J. Mariani u. F. Poirier: Reconnaissance pour la dictee automatique de la parole continue, in: T.A. informations - Revue internationale du traitement automatique du langage, Vol. 24 (1983), N. 2, S. 12-23.
- Appelrath, H.-J., M. Ester, H. Jasper u. A. Ultsch: KOFIS: ein Expertensystem zur integrierten Dokumenten- und Wissensverwaltung, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8. 04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 1-18.
- Artificial Intelligence Software S.R.L. (Hrsg.): The International Directory of Artificial Intelligence Companies, 2. Aufl., Rovigo 1986.
- Balzert, H. u. K. Fritsch: Integrierte Bürosysteme - Stand und Entwicklungstendenzen, in: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Integrierte Bürosysteme - Zukunftssichere Strategien und erfolgreiche Anwendungen, 3. IAO-Arbeitstagung, 27.-28.11.1984 in Stuttgart, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1984, S. 27-46.
- Baltes, H.: GABI - Ein wissensbasiertes Geldanlageberatungsprogramm, Memo Nr. 3 am Sonderforschungsbereich Künstliche Intelligenz - Wissensbasierte Systeme, Universität Saarbrücken, Saarbrücken 1985.
- Balzert, H.: Wissensbasierte Systeme im Büro der Zukunft, in: Hansen, H.R. (Hrsg.): GI/OCG/ÖGI-Jahrestagung 1985, 16.-19.09.1985 in Wien, Informatik-Fachberichte 108, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 113-137.

- Balzert, H., J. Bauer, M. Herczeg, D.L. Kowalewski, T. Kreifelts, K. Kreplin, R. Lutze, T. Schwab, P. Seuffert u. G. Streck: WISDOM-Verbundprojekt: Wissensbasierte Systeme zur Bürokommunikation, in: computer magazin, 16. Jg. (1987), Heft 5, S. 37-47.
- Barr, A. u. E.A. Feigenbaum (Hrsg.): The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. I, Stanford - Los Altos 1981.
- Barr, A. u. E.A. Feigenbaum (Hrsg.): The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. II, Stanford - Los Altos 1982.
- Bates, M. u. R.J. Bobrow: Natural Language Interfaces: What's Here, What's Coming, and Who Needs It, in: Reitman, W. (Hrsg.): Artificial Intelligence Applications For Business, Proceedings of the NYU Symposium, 18.-20.05.1983 in New York, Norwood 1984, S. 179-194.
- Bauer, J. u. T. Schwab: Propositions on Help-Systems, in: Angewandte Informatik, 29. Jg. (1987), S. 23-29.
- Becker, J.D.: Mehrsprachige Textverarbeitung, in: Spektrum der Wissenschaft, o.Jg. (1984), Heft 9, S. 42-54.
- Becker, P.-J.: Aufgabenspezifische Probleme und Lösungen beim Einsatz eines Industrieroboters zum Bearbeiten komplexer Gußstahl-Oberflächen, in: Becker, P.-J. (Hrsg.): Sehr fortgeschrittene Handhabungssysteme - Ergebnisse und Anwendungen, Fachberichte Messen - Steuern - Regeln 9, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1984, S. 185-196.
- Behrendt, R.: Expert System Environment (ESE) - ein Entwicklungssystem für wissensbasierte Systeme, in: o.V. (IBM Deutschland GmbH): Hochschulkongress'87 - Informationsverarbeitung in Lehre und Forschung, 7.-9.07.1987 in Berlin, München 1987, Vortrag 810, o.S. (S. 1-5).
- Ben-Arieh, D., C.L. Moodie u. S.Y. Nof: Knowledge Based Control System for Automated Production Assembly, in: Bullinger, H.-J. u. H.J. Warnecke (Hrsg.): Toward the Factory of the Future, Proceedings of the 8th International Conference on Production Research and 5th Working Conference of the Fraunhofer-Institute for Industrial Engineering, 20.-22.08.1985 in Stuttgart, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 285-293.
- Bennett, J.S. u. R.S. Engelmores: SACON: A Knowledge-Based Consultant for Structural Analysis, in: o.V.: IJCAI-79, Proceedings of the Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence, 20.-23.08.1979 in Tokyo, Vol. 1, o.O. (Stanford) 1979, S. 47-49.
- Beste, D.: Künstliche Intelligenz und biologische Kybernetik - Das Gehirn im technischen Modell - Tübinger Max-Planck-Institut erprobt assoziativen Speicher, in: VDI nachrichten, 40. Jg. (1986), Nr. 5, S. 17.
- Blanning, R.W.: Expert systems for management: Research and applications, in: Journal of Information Science, Vol. 9 (1985), S. 153-163.

- Blidberg, D.R., A.S. Westnest u. R.W. Corell: Expert Systems, A Tool for Autonomous Underwater Vehicles, in: o.V.: Proceedings Trends & Applications 1983 - Automating Intelligent Behavior - Applications and Frontiers, Silver Spring 1983, S. 149-153.
- Blondin, K. u. M. Nett: VLSI-Entwurfssystem (VENUS), in: Ehrich, H.-D. (Hrsg.): GI - 14. Jahrestagung, Proceedings, 2.-4.10.1984 in Braunschweig, Informatik-Fachberichte 88, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1984, S. 143-159.
- Bobrow, D.G., S. Mittal u. M.J. Stefik: Expert Systems: Perils and Promise, in: Communications of the ACM, Vol. 29 (1986), S. 880-894.
- Böhm, E.: Konfiguration komplexer Endprodukte mit Expertensystemen, in: Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engineering, 35. Jg. (1986), S. 107-113.
- Born, A.: KI - Komplexe Informationsverarbeitung: Mit Zauberwort auf Kundenfang, in: online, Jg. 1986, Heft 3, S. 26-32.
- Brady, M.: Artificial Intelligence and Robotics, in: Artificial Intelligence, Vol. 26 (1985), S. 79-121.
- Brown, D.C. u. B. Chandrasekaran: An Approach to Expert Systems for Mechanical Design, in: o.V.: Proceedings Trends & Applications 1983 - Automating Intelligent Behavior - Applications and Frontiers, Silver Spring 1983, S. 173-180.
- Brown, R.H.: Automatic Synthesis of Numerical Computer Programs, in: Drinan, A. (Hrsg.): Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-81, 24.-28.08.1981 in Vancouver, Vol. 1, o.O. (Menlo Park) 1981, S. 998-1003.
- Bruderer, H.E.: Simulation von Entscheidungsprozessen - Künstliche Intelligenz, Bericht am Institut für linguistische Datenverarbeitung, Münsingen 1978.
- Buchanan, B.G.: Expert systems: working systems and the research literature, in: Expert Systems, Vol. 3 (1986), S. 32-51.
- Buchberger, B.: Automatisches Programmieren, in: Retti, J., W. Bibel, B. Buchberger, E. Buchberger, W. Horn, A. Kobsa, I. Steinacker, R. Trappl u. H. Trost: Artificial Intelligence - Eine Einführung, Stuttgart 1984, S. 169-197.
- Bullinger, H.-J., K. Lay u. J. Warschat: CAD und Künstliche Intelligenz, Probleme, Methoden, Anwendungen, in: Hommel, G. u. S. Schindler (Hrsg.): GI - 16. Jahrestagung I - Informatik-Anwendungen - Trends und Perspektiven, Proceedings, 6.-10.10.1986 in Berlin, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo 1986, S. 270-283.

- Bungers, D. u. F. di Primio: Funktionsschema für Expertensysteme, in: Bungers, D., F. di Primio, W. Klar u. E. Rome: Konzept einer Expertensystem-Architektur, Arbeitspapier Nr. 91 der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH/Bonn, Sankt Augustin 1984, S. 3-12.
- Bunke, H.: Analyse elektrischer Schaltpläne mit einfachen Schaltsymbolen, in: Triendl, E. (Hrsg.): Bildverarbeitung und Mustererkennung, DAGM Symposium, 11.-13.10. 1978 in Oberpfaffenhofen, Informatik-Fachberichte 17, Berlin - Heidelberg - New York 1978, S. 126-132.
- Carls, H.: Eine intelligente Schnittstelle zur Anknüpfung Technischer Prozesse an ein Expertensystem, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 394-405.
- Carroll, J.M. u. J. McKendree: Interface Design Issues for Advice-Giving Expert Systems, in: Communications of the ACM, Vol. 30 (1987), S. 14-31.
- Chandrasekaran, B. u. S. Mittala: Deep versus compiled knowledge approaches to diagnostic problem-solving, in: International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 19 (1983), S. 425-436.
- Chin, R.T. u. C.A. Harlow: Automated Visual Inspection: A Survey, in: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-4 (1982), S. 557-573.
- Clancey, W.J.: Use of MYCIN's Rules for Tutoring, in: Buchanan, B.G. u. E.H. Shortliffe (Hrsg.): Rule-Based Expert Systems - The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project, Reading - Menlo Park - ... - Don Mills - Sydney 1984, S. 464-489.
- Clippinger, J.H.: An Artificial Intelligence System for the Realtime Monitoring and Analysis of Textual Information, in: o.V.: Proceedings Trends & Applications 1983 - Automating Intelligent Behavior - Applications and Frontiers, Silver Spring 1983, S. 65-67.
- Cohen, P.R. u. E.A. Feigenbaum (Hrsg.): The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. III, Stanford - Los Altos 1982.
- Cook, S., C.D. Hafner, L.T. McCarty, J.A. Meldman, M. Peterson, J.A. Sprowl, N.S. Sridharan u. D.A. Waterman: The applications of artificial intelligence to law: A survey of six current projects, in: Orden, A. (Hrsg.): 1981 National Computer Conference, 4.-7.05.1981 in Chicago, AFIPS Conference Proceedings, Vol. 50, Arlington 1981, S. 689-696.
- Cordoch, C.: Übersetzung per Rechner blüht im Verborgenen, in: online, Jg. 1986, Heft 1, S. 56-57.
- Csima, F. u. W.-F. Riekert: D&I - Ein computerunterstütztes System zum Wissenserwerb, in: Office Management, Jg. 1983, Heft April, S. 53-55.

Cullingford, R.E., M.W. Krueger, M. Selfridge u. M.A. Bienkowski: Automated Explanations as a Component of a Computer-Aided Design System, in: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-12 (1982), S. 168-181.

Davis, R.: Applications of Meta Level Knowledge to the Construction, Maintenance and Use of Large Knowledge Bases, Dissertation und Memo AIM-283 am Artificial Intelligence Laboratory / Report No. STAN-CS-76-552 am Computer Science Department of the Stanford University, Stanford 1976.

Deering, M.F.: Hardware and Software Architectures for Efficient AI, in: o.V.: Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-84, 6.-10.08.1984 in Austin, Preprint, Los Altos 1983, S. 73-78.

DeJong, G.: An Overview of the FRUMP System, in: Lehner, W.G. u. M.H. Ringle (Hrsg.): Strategies for Natural Language Processing, Hillsdale - London 1982, S. 149-176.

Demetrius, D.G.: Expert Systems and Board Level Decisions, in: Pau, L.F. (Hrsg.): Artificial Intelligence in Economics and Management, Amsterdam - New York - Oxford - Tokyo 1986, S. 233-240.

Descotte, Y. u. J.-C. Latombe: GARI: A Problem Solver That Plans How to Machine Mechanical Parts, in: Drinan, A. (Hrsg.): Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-81, 24.-28.08.1981 in Vancouver, Vol. 1, o.O. (Menlo Park) 1981, S. 766-772.

Descotte, Y. u. J.-C. Latombe: Making Compromises among Antagonist Constraints in a Planner, in: Artificial Intelligence, Vol. 27 (1985), S. 183-217.

Dilger, W., A. Espen u. F. Schuck: Process Modeling and Simulation with PEPS, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 435-449.

Domke, L., A. Günther u. W. Scherl: Wissensgesteuerte Formularinterpretation mit Hilfe von Petrinetzen, in: Hartmann, G. (Hrsg.): Mustererkennung 1986, 8. DAGM-Symposium, Proceedings, 30.09.-2.10.1986 in Paderborn, Informatik-Fachberichte 125, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo 1986, S. 29-33.

Doster, W. u. R. Oed: Textbearbeitung auf Personal Computers mit handschriftlicher Dateneingabe, in: Notizen zu Interaktiven Systemen, Fachgruppe Interaktive Systeme der Gesellschaft für Informatik (GI), Heft 12 vom März 1984, S. 3-13.

Dräger, U., P. Krug, N. Rauh u. S. Wittmann: Stand des Expertensystems zur GuV-Analyse, Arbeitspapiere der Informatik-Forschungsgruppe VIII, Universität Erlangen-Nürnberg, Nürnberg 1986.



- Dungan, C.W. u. J.S. Chandler: Auditor: a microcomputer-based expert system to support auditors in the field, in: Expert Systems, Vol. 2 (1985), S. 210-221.
- Durfee, E.H., V.R. Lesser u. D.D. Corkill: Increasing Coherence in a Distributed Problem Solving Network, in: o.V.: Proceedings of the 9th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-85), 1985 in Los Angeles, o.O. (Palo Alto) 1985, S. 1025-1030.
- Eastman, C.M.: Automated Space Planning, in: Artificial Intelligence, Vol. 4 (1973), S. 41-64.
- Eiben, B., J. Eisermann u. W. Fedderwitz: PARES - Ein Expertensystem für die Leitwartentechnik, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 102-116.
- Eichhorn, R.: Expertensysteme zur Fehlerdiagnose an CNC-Maschinen, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 117-133.
- Elliott, R.K. u. J.A. Kielich: Expert systems for accountants, in: Journal of Accountancy, Vol. 160 (1985), No. 9, S. 126-134.
- Fährlich, K.-P.: Maschinelle Sprachverarbeitung: Sprach-eingabe, Sprachausgabe, Speechfiling - Neue Wege der Mensch-Maschine-Kommunikation, in: o.V.: Mensch-Computer-Dialog, Microcomputer und lokale Netze, Symposium M: ONLINE'84, 7. Europäische Kongreßmesse für Technische Kommunikation, Velbert 1984, S. 5M-1 - 5M-15.
- Fausser, A.K.: Wunderheiler oder nicht? - Chancen und Einsatzmöglichkeiten der künstlichen Intelligenz im Büro, Skript der Triumph-Adler AG, o.O. (Nürnberg) o.J.
- Fehrle, T.: Eine wissensbasierte Schnittstelle - Vermittler zwischen Mensch und Maschine, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 39-51.
- Fehsenfeld, B., R. Küke, T. Langer, B. Schönwald: Expertensysteme zur Anwendung neuer Werkstoffe, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 198-209.
- Feigenbaum, E.A.: Expert Systems: Looking Back and Looking Ahead, in: Wilhelm, R. (Hrsg.): GI - 10. Jahrestagung, 30.09.-2.10.1980 in Saarbrücken, Informatik-Fachberichte 33, Berlin - Heidelberg - New York 1980, S. 1-14.

- Feigenbaum, E.A. u. P. McCorduck: Die Fünfte Computer-Generation - Künstliche Intelligenz und die Herausforderung Japans an die Welt, Basel - Boston - Stuttgart 1984.
- Fellbaum, K.: Spracherkennung und Sprachausgabe, in: Wissenschaftsmagazin der Technischen Universität Berlin, Heft 6 (1984), S. 60-66.
- Felsen, J.: Your Intelligent Computer Assistant - How You Can Profit From Artificial Intelligence - In Your Business, Home, And Investing, Bericht der Man-Computer Systems, Inc., Jamaica (New York) 1986.
- Fikes, R.E.: Odyssey: A Knowledge-Based Assistant, in: Artificial Intelligence, Vol. 16 (1981), S. 331-361.
- Findler, N.V. (Hrsg.): Associative Networks - The Representation and Use of Knowledge in Computers, New York 1979.
- Firschein, O., Fischler, M.A., Coles, L.A., Forecasting and Assessing the Impact of Artificial Intelligence on Society, in: o.V.: Third International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-73), Menlo Park 1973, S. 105-120.
- Fischer, G.: Computer als konviviale Werkzeuge, in: Brauer, W. (Hrsg.): GI - 11. Jahrestagung in Verbindung mit: Third Conference of the European Co-operation in Informatics (ECI), Proceedings, 20.-23.10.1981 in München, Informatik-Fachberichte 50, Berlin - Heidelberg - New York 1981, S. 409-416.
- Fisher, E.L.: Logic-Based Factory Design, in: o.V.: 1985 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 25.-28.03.1985 in St. Louis, Silver Spring 1985, S. 176-181.
- Ford, L.: Intelligent computer aided instruction, in: Yazdani, M. u. A. Narayanan (Hrsg.): Artificial intelligence: human effects, New York - Chichester - Brisbane - Toronto 1984, S. 106-126.
- Fordyce, K.J. u. G.A. Sullivan: Decision Simulation (DSIM) - One Outcome of Combining Expert Systems and Decision Support Systems, in: Pau, L.F. (Hrsg.): Artificial Intelligence in Economics and Management, Amsterdam - New York - Oxford - Tokyo 1986, S. 31-40.
- Fox, M.S.: Constrained-Directed Search: A Case Study of Job Shop Scheduling, Dissertation am Robotics Institute of the Carnegie-Mellon University, Pittsburgh 1983.
- Fox, M.S. u. S.F. Smith: ISIS - a knowledge-based system for factory scheduling, in: Expert Systems, Vol. 1 (1984), No. 1, S. 25-49.
- Franke, J.: Schriftzeichenerkennung bei Bürodokumenten, in: Hommel, G. u. S. Schindler (Hrsg.): GI - 16. Jahrestagung II - Informatik-Anwendungen - Trends und Perspektiven, Proceedings, 6.-10.10.1986 in Berlin, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo 1986, S. 149-161.

Freyberger, F., P. Kampmann, G. Karl u. G. Schmidt: "Microbe" - ein autonomes mobiles Robotersystem, in: VDI-Zeitschrift, Bd. 127 (1985), S. 231-236. Fikes, R.E. u. D.A. Henderson: On Supporting the Use of Procedures in Office Work, in: o.V.: Proceedings of the First Annual National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-80, 18.-21.08.1980 in Stanford, o.O. (Menlo Park), 1980, S. 202-207.

Gasser, L., Braganza, C., Herman, N.: Implementing Distributed AI Systems Using MACE, in: o.V.: The Third Conference on Artificial Intelligence Applications, 23.-27.02.1987 in Hyatt Orlando, Proceedings, Washington 1987, S. 315-320.

Gelernter, H.L., A.F. Sanders, D.L. Larsen, K.K. Agarwal, R.H. Boivie, G.A. Spritzer u. J.E. Searleman: Empirical Exploration of SYNCHEM - The methods of artificial intelligence are applied to the problem of organic synthesis route discovery., in: Science, Vol. 197 (1977), S. 1041-1049.

Gershman, A.: Figuring Out What the User Wants - Steps Toward an Automatic Yellow Pages Assistant, in: Drinan, A. (Hrsg.): Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-81, 24.-28.08.1981 in Vancouver, Vol. 1, o.O. (Menlo Park) 1981, S. 423-425.

Giralt, G.: Mobile Robots, in: Brady, M., L.A. Gerhardt u. H.F. Davidson (Hrsg.): Robotics and Artificial Intelligence, NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 11, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1984, S. 365-393.

Glaser, F.: Bausteine zu einer wissensbasierten Beschreibungssprache für intelligente Büroinformations- und Kommunikationssysteme, in: Schek, H.-J. u. G. Schlageter (Hrsg.): Datenbanksysteme in Büro, Technik und Wissenschaft, Proceedings der GI-Fachtagung, 1.-3.04.1987 in Darmstadt, Informatik-Fachberichte 136, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo 1987, S. 448-459.

Goul, K.M.: The Inclusion of Expertise in a Decision Support System for Strategic Decision Making, Dissertation an der Oregon State University, Oregon 1985.

Grasmück, R. u. A. Guldner: Wissensbasierte Fertigungsplanung in Stanzereien mit FERPLAN: Ein Systemüberblick, Memo Nr. 2 am Sonderforschungsbereich 314 - Künstliche Intelligenz - Wissensbasierte Systeme, KI-Labor am Lehrstuhl für Informatik IV, Universität Saarbrücken, Saarbrücken 1985.

Green, C. u. S.J. Westfold: Knowledge-Based Programming Self-Applied, in: Hayes, J.E., D. Michie u. Y.-H. Pao (Hrsg.): Machine Intelligence 10: Intelligent Systems - Practice and Perspective, New York - Chichester - Brisbane - Toronto 1982, S. 339-359.

Grishman,R.: Understanding Narrative in Messages and Reports, in: o.V.: Proceedings Trends & Applications 1983 - Automating Intelligent Behavior - Applications and Frontiers, Silver Spring 1983, S. 85-88.

Grünewald,U.: Expertensysteme in der Marketingforschung - Fallstudie zur konzeptionellen Strukturierung einer ADV-Unterstützung in der Neuproduktentwicklung, Diplomarbeit Nr. 85/15 am Lehrstuhl für Informatik, Universität Köln, Köln 1985.

Guenther,F.: Verarbeitung natürlicher Sprache - ein Überblick, in: Informatik-Spektrum, Bd. 9 (1986), S. 162-173.

Güntzer,U., G. Huber u. G. Jüttner: Ein Expertensystem zur Unterstützung der Filialanalyse bei der Hypo-Bank, in: Hansen,H.R. (Hrsg.): GI/OCG/ÖGI-Jahrestagung 1985, 16.-19.09.1985 in Wien, Informatik-Fachberichte 108, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 839-852.

Guida,G. u. C. Tasso: Online Information Retrieval Through Natural Language, in: Johannsen,G. u. J.E. Rijnssdorp (Hrsg.): Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems, Proceedings of the IFAC/IFIP/IFORS/IEA Conference, 27.-29.09.1982 in Baden-Baden, Oxford - New York - ... - Paris - Frankfurt 1983, S. 247-253.

Gunzenhäuser,R.: Lernen als Dimension der Mensch-Maschine Kommunikation, in: Schauer,H. u. M.J. Tauber (Hrsg.): Psychologie der Computerbenutzung, Wien - München 1984, S. 226-252.

Gurstein,M., Social Impacts of Selected Artificial Intelligence Applications, in: Futures, Vol. 17 (1985), S. 652-671.

Haass,U.L.: Arbeitsraumüberwachung beim Industrieroboter durch automatische Bildverarbeitung, in: Becker,P.-J. (Hrsg.): Sehr fortgeschrittene Handhabungssysteme - Ergebnisse und Anwendungen, Fachberichte Messen - Steuern - Regeln 9, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1984, S. 130-145.

Habel,C.: Textverstehende Systeme: Ein Beispiel für die Beziehung Informatik-Kognitionswissenschaft, in: Nehmer,J. (Hrsg.): GI - 12. Jahrestagung, 5.-7.10.1982 in Kaiserslautern, Proceedings, Informatik-Fachberichte 57, Berlin - Heidelberg - New York 1982, S. 372-391.

Hättich,W. u. S. Tatari: Automatische Fehlererkennung in Holzoberflächen, in: Hartmann,G. (Hrsg.): Mustererkennung 1986, 8. DAGM-Symposium, 30.09.-2.10.1986 in Paderborn, Proceedings, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo 1986, S. 1-5.

Hahn,U., R. Kuhlen u. U. Reimer: Konzeption und Aufbau des automatischen Textkondensierungssystems TOPIC, Bericht TOPIC-1/82 an der Universität Konstanz, Konstanz 1982.

- Hahn,U. u. U. Reimer: The TOPIC Project: Text-Oriented Procedures for Information Management and Condensation of Expository Texts \* Final Report \* , Bericht TOPIC-17/85 an der Universität Konstanz, Konstanz 1985 (a).
- Hahn,U.: Expertensysteme als intelligente Informationssysteme - Konzepte für die funktionale Erweiterung des Information Retrieval, in: Nachrichten für Dokumentation, 36. Jg. (1985), S. 2-12 (b).
- Hahn,U.: Intelligente Informationssysteme - Verfahren der Künstlichen Intelligenz im experimentellen Information Retrieval, Bericht CURR-6/85 an der Universität Konstanz, Konstanz 1985 (c).
- Hanson,A.R. u. E.M. Riseman: VISIONS: A Computer System for Interpreting Scenes, in: Hanson,A.R. u. E.M. Riseman (Hrsg.): Computer Vision Systems, Papers from the Workshop on Computer Vision Systems, 1.-3.06.1977 in Amherst, New York - San Francisco - London 1978, S. 303-333.
- Harmon,P. u. D. King: Expert Systems - Artificial Intelligence in Business, New York - Chichester - Brisbane - Toronto - Singapore 1985. (Deutsch erschienen als: Expertensysteme in der Praxis - Perspektiven, Werkzeuge, Erfahrungen -, 2. Aufl., München - Wien 1987.
- Hart,P.E.: Directions for AI in the Eighties, in: SIGART Newsletter, No. 79 (1982), S. 11-16.
- Haux,R.: Expert Systems in Statistics: Some Problems and Some New Views, in: Stoyan,H. (Hrsg.): GWAI-85, 9th German Workshop on Artificial Intelligence, 23.-27.09.1985 in Dassel/Solling, Informatik-Fachberichte 118, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1986, S. 313-322.
- Hayes,P.J. u. D.R. Reddy: Steps toward graceful interaction in spoken and written man-machine communication, in: International Journal on Man-Machine Studies, Vol. 19 (1983), S. 231-284 (a).
- Hayes,P.J. u. P.A. Szekely: Graceful interaction through the COUSIN command interface, in: International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 19 (1983), S. 285-306 (b).
- Hayes-Roth,F., D.A. Waterman u. D.B. Lenat: An Overview of Expert Systems, in: Hayes-Roth,F., D.A. Waterman and D.B. Lenat (Hrsg.): Building Expert Systems, Teknowledge Series in Knowledge Engineering Vol. 1, Reading - London - Amsterdam - Don Mills - Sydney - Tokyo 1983, S. 3-29.
- Heidorn,G.E., K. Jensen, L.A. Miller, R.J. Byrd u. M.S. Chodorow: The EPISTLE text-critiquing system, in: IBM Systems Journal, Vol. 21 (1982), S. 305-327.

Hein, H.-W., S.R. Smith u. C.G. Thomas: AiD: AiD improves Dialogs - A Better Approach to the Design of Man-Machine Dialogs through Knowledge-Based Techniques, Bericht der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH/Bonn, Sankt Augustin 1984 (a).

Hein, H.-W.: Der Computer als "intelligenter" Kommunikationspartner - Ein Ausblick auf wissensbasierte Dialoge, in: Office Management, 32. Jg. (1984), S. 1186-1189 (b).

Hein, U.: Wissensbasierte Informationssysteme in einer wissensorientierten Industrie, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 471-474.

Hennings, R.-D.: EXPERTENSYSTEME: Grundlagen, Entwicklung, Anwendungen, Trends, in: Hennings, R.-D. u. H. Munter: Artificial Intelligence - 1. Expertensysteme, Berlin 1985, S. 13-310 (a).

Hennings, R.-D.: Expertensysteme für industrielle Nutzung, in: Nachrichten für Dokumentation, 36. Jg. (1985), S. 179-189 (b).

Herrmann, F.: OCEX - Ein Expertensystem zur Konfiguration von Kundenaufträgen, in: Wildemann, H. (Hrsg.): Expertensysteme in der Produktion, Tagungsbericht, München 1987, S. 484-493.

Hess, M.G.: Kybernetische Philosophie, dialektischer Widerspruch - Die Interpretation philosophischer Begriffe als Problem der Künstlichen Intelligenz, untersucht am Beispiel der systemtheoretischen Interpretation des dialektischen Widerspruchs durch die neueste sowjetische Philosophie, Dissertation an der Universität Zürich, Zürich 1977.

Hewitt, C., P. Bishop u. R. Steiger: A Universal Modular ACTOR Formalism for Artificial Intelligence, in: o.V.: Third International Joint Conference on Artificial Intelligence - Advance Papers of the Conference (IJCAI-73), 20.-23.08.1973 in Stanford, o.O. (Menlo Park) 1973, S. 235-245.

Hewitt, C.: Control Structure as Patterns of Passing Messages, in: Winston, P.H. u. R.H. Brown (Hrsg.): Artificial Intelligence: An MIT Perspective, Vol. 2, Cambridge (Massachusetts) - London 1979, S. 433-465.

Hobbs, J.R., D.E. Walker u. R.A. Amsler: Natural Language Access to Structured Texts, in: Horecky, J. (Hrsg.): COLING 82, Proceedings of the Ninth International Conference on Computational Linguistics, 5.-10.09.1982 in Prag, Amsterdam 1982, S. 127-132.

Höfker, U. u. P. Jesorsky: Automatische Sprecherverifizierung im Spektralbereich, in: Triendl, E. (Hrsg.): Bildverarbeitung und Mustererkennung, DAGM Symposium, 11.-13.10.1978 in Oberpfaffenhofen, Informatik-Fachberichte 17, Berlin - Heidelberg - New York 1978, S. 74-79.

- Hoepfner, W. u. W. Wahlster: Dialogsequenzen mit dem System HAM-RPM im Kommentierungsmodus, Memo Nr. 11 der Projektgruppe Simulation von Sprachverstehen am Germanischen Seminar der Universität Hamburg, Hamburg 1980.
- Holl, F.-L. u. H. Peschke: Büro 2000 - Ein betriebliches Kommunikationssystem, in: Pfeiffer, R. u. H. Lindner (Hrsg.): Systemtheorie und Kybernetik in Wirtschaft und Verwaltung, Beiträge zur Tagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik 1981, 16.-17.10.1981 in Reutlingen, Berlin 1982, S. 58-74.
- Horacek, H.: Zur Generierung zusammenhängender Texte, in: Neumann, B. (Hrsg.): GWAI-83, 7th German Workshop on Artificial Intelligence, 19.-23.09.1983 in Dassel/Solling, Informatik-Fachberichte 76, Berlin - Heidelberg - New York 1983, S. 108-117.
- Horn, B.K.P. u. K. Ikeuchi: Die automatische Handhabung regellos orientierter Teile, in: Spektrum der Wissenschaft, Jg. 1984, Heft 10, S. 76-90.
- Ishizuka, M., K.S. Fu u. J.T.P. Yao: Rule Based Damage Assessment System for Existing Structures, in: Solid Machines Archives, Vol. 8 (1983), S. 99-118.
- Iwasieczko, B., J. Korczak, M. Kwiecien u. J. Muszynska: Expert Systems in Financial Analysis, in: Pau, L.F. (Hrsg.): Artificial Intelligence in Economics and Management, Amsterdam - New York - Oxford - Tokyo 1986, S. 113-120.
- Iudica, N.R.: Knowledge-based systems in industrial planning and design tasks, an overview, in: Langendörfer, H. (Hrsg.): GI'84 - Beiträge zum Industrieprogramm, anlässlich der 14. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, 2.-4.10.1984 in Braunschweig, o.O. (Braunschweig) 1984, S. 191-217.
- Iudica, N.R.: GUMMEX - ein Expertensystem zur Generierung von Arbeitsplänen für die Fertigung, in: Nachrichten für Dokumentation, 36. Jg. (1985), S. 22-27.
- Iwasieczko, B., J. Korczak, M. Kwiecien u. J. Muszynska: Expert Systems in Financial Analysis, in: Pau, L.F. (Hrsg.): Artificial Intelligence in Economics and Management, Amsterdam - New York - Oxford - Tokyo 1986, S. 113-120.
- Iwata, S., S. Ishino u. Y. Mishima: Heuristics in the Alloy Designing, in: o.V.: Advance Papers of the Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-75), 3.-8.09.1975 in Tbilisi, Vol. 2, o.O. (Cambridge/Massachusetts) 1975, S. 782-788.
- Jackson, P. u. P. Lefrere: On the application of rule-based techniques to the design of advice-giving systems, in: International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 20 (1984), S. 63-86.

- Jameson, A., W. Hoepfner u. W. Wahlster: The Natural Language System HAM-RPM as a Hotel Manager: Some Representational Prerequisites, in: Wilhelm, R. (Hrsg.): GI - 10. Jahrestagung, 30.09.-2.10.1980 in Saarbrücken, Informatik-Fachberichte 33, Berlin - Heidelberg - New York 1980, S. 459-473.
- Jarke, M. u. Y. Vassiliou: Coupling Expert Systems With Database Management Systems, in: Reitman, W. (Hrsg.): Artificial Intelligence Applications For Business, Proceedings of the NYU Symposium, 18.-20.05.1983 in New York, Norwood 1984, S. 65-85.
- Kant, E.: A Knowledge-Based Approach to Using Efficiency Estimation in Program Synthesis, in: o.V.: IJCAI-79, Proceedings of the Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence, 20.-23.08.1979 in Tokyo, Vol. 1, o.O. (Stanford) 1979, S. 457-462.
- Kaplan, S.J.: Cooperative Responses from a Portable Natural Language Query System, in: Brady, M. u. R.C. Berwick (Hrsg.): Computational Theory of Discourse, Cambridge (Massachusetts) - London 1983, S. 167-208.
- Kappel, G.; A.M. Tjoa u. R.R. Wagner: A.I. Concepts for Office Automation, in: Pau, L.F. (Hrsg.): Artificial Intelligence in Economics and Management, Amsterdam - New York - Oxford - Tokyo 1986, S. 259-268.
- Kassel, G.: The use of deep knowledge to improve explanation capabilities of Rule-Based Expert Systems, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 315-326.
- Kawada, T. u. S. Amano: Japanese Word Processor, in: o.V.: Proceedings of the Sixth International Conference on Artificial Intelligence, 20.-23.08.1979 in Tokyo, Vol. 1, o.O. (Stanford) 1979, S. 466-468.
- Kellogg, C.H.: Intelligent Assistants for Knowledge and Information Resources Management, in: Bundy, A. (Hrsg.): IJCAI-83 - Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence, 8.-12.08.1983 in Karlsruhe, Vol. 1, o.O. (Los Altos) 1983, S. 170-172.
- Kempkens, W.: Künstliche Intelligenz (I) - Kühner Wunschtraum, in: Wirtschaftswoche, 41. Jg. (1987), Nr. 9, S. 72-78.
- Kern, H. u. M. Schumann: Das Ende der Arbeitsteilung? - Rationalisierung in der industriellen Produktion: Bestandsaufnahme, Trendbestimmung, München 1984.
- Keune, P.: Vom Wissen zum Programm - Der Weg zum betriebsindividuellen Expertensystem, in: Wirtschaft & Produktivität, o.Jg. (1986), Nr. 10, S. 8-9.
- King, J.J.: Intelligent Retrieval Planning, in: o.V.: Proceedings of the First Annual National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-80, 18.-21.08.1980 in Stanford, o.O. (Menlo Park), 1980, S. 243-248.



- Klar, W. u. K.-H. Wittur: (Ein) Expertensystem zur Fehlerdiagnose im automatischen Getriebe C3 von Ford, Sonderdruck aus dem Jahresbericht 1984 der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH/Bonn, S. 43-50, o.O. (Sankt Augustin) o.J. (1985).
- Klein, C.A. u. M.R. Patterson: Computer Coordination of Limb Motion for Locomotion of a Multiple-Armed Robot for Space Assembly, in: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-12 (1982), S. 913-919.
- Kloth, M.: EXIST - ein Expertensystem zur innerbetrieblichen Standortplanung, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8. 04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 421-434.
- Kneissler, M.: Der Computer wird immer intelligenter, in: Quick, Ausgabe vom 17.11.1983 (Nr. 47), S. 57-59.
- Knoblich, H. u. H. Beßler: Informationsbetriebe - eine typologische Studie, in: Die Betriebswirtschaft, 45. Jg. (1985), S. 558-575.
- Kobsa, A.: Benutzermodellierung in Dialogsystemen, Informatik-Fachberichte 115, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985.
- Koenemann, J., Auswirkungen von Expertensystemen - Ansätze einer Technologiefolgenabschätzung auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz, Bericht Nr. 123 am Fachbereich Informatik der Universität Hamburg, Hamburg 1986.
- Kopec, D. u. M. Newborn: ACM's Sixteenth North American Computer Chess Championship, in: Communications of the ACM, Vol. 29 (1986), S. 687-691.
- Kosy, D.W. u. B.P. Wise: Self-Explanatory Financial Planning Models, in: o.V.: Proceedings of the Fourth Annual National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-84, Menlo Park 1984, S. 176-181.
- Kowalewski, D.L. u. J. Schneeberger: KOKON: Wissensbasierte Konfigurierung von Verträgen, in: Hommel, G. u. S. Schindler (Hrsg.): GI - 16. Jahrestagung II - Informatik-Anwendungen - Trends und Perspektiven, Proceedings, 6.-10.10.1986 in Berlin, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo 1986, S. 421-435.
- Krause, J.: Mensch-Maschine-Interaktion in natürlicher Sprache - Evaluierungsstudien zu praxisorientierten Frage-Antwort-Systemen und ihre Methodik, Tübingen 1982.
- Kraetzschmar, G.K. u. E. Plattfaut: Unterstützung der Strategiefindung im Rahmen der Unternehmensplanung mit Hilfe eines in PROLOG implementierten wissensbasierten Systems, Arbeitspapiere der Informatik-Forschungsgruppe VIII, Universität Erlangen-Nürnberg, 2. Aufl., Erlangen 1986.
- Kraft, A.: XCON. An Expert Configuration System at Digital Equipment Corporation, in: Winston, P.H. u. K.A. Prendergast (Hrsg.): The AI Business, Cambridge (Massachusetts) - London 1984, S. 41-49.

Krallmann, H.: EES - das Expertensystem für den Einkauf, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 38. Jg. (1986), S. 565-583.

Krause, J.: Mensch-Maschine-Interaktion in natürlicher Sprache - Evaluierungsstudien zu praxisorientierten Frage-Antwort-Systemen und ihre Methodik, Tübingen 1982.

Kumara, S.R.T., S. Joshi, R.L. Kashyap, C.L. Moodie u. T.C. Chang: Expert systems in industrial engineering, in: International Journal of Production Research, Vol. 24 (1986), S. 1107-1125.

Kuntze, H.-B. u. W. Patzelt: Einsatz regelungstechnischer Verfahren für typische Roboteranwendungen, in: Becker, P.-J. (Hrsg.): Sehr fortgeschrittene Handhabungssysteme - Ergebnisse und Anwendungen, Fachberichte Messen - Steuern - Regeln 9, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1984, S. 7-31.

Kunze, H.P.: Künstliche Intelligenz: In Zukunft ein Milliardenmarkt, in: Computer, o.Jg. (1987), Nr. 5, S. 24-28.

Kusiak, A.: Artificial Intelligence and Operations Research in Flexible Manufacturing Systems, in: Infor, Vol. 25 (1987), No. 1, S. 2-12.

Landau, R.M.: Office Automation in the U.S. and Japan - The U.S. needs to pay more attention to Japan's Fifth Generation Computer Project, in: Bulletin of the American Society for Information Science, Vol. 9 (1983), S. 6-11.

Lebowitz, M.: Using Memory in Text Understanding, in: O'Shea, T. (Hrsg.): Advances in Artificial Intelligence, Proceedings of the Sixth European Conference on Artificial Intelligence, 5.-7.09.1984 in Pisa, Amsterdam - New York - Oxford 1985, S. 159-168 (a).

Lebowitz, M.: RESEARCHER: An Experimental Intelligent Information System, in: o.V.: Proceedings of the 9th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-85), 1985 in Los Angeles, o.O. (Palo Alto) 1985, S. 858-862 (b).

Lehmann, E.: Expertensysteme - Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand (1983), Bericht am Zentralbereich Technik (ZTI INF 131) der Siemens AG, München 1984.

Lehmann, E., R. Enders, H. Haugeneder, C. Johnson, L. Schmid u. P. Struß: SICONFEX - ein Expertensystem für die Konfigurierung eines Betriebssystems, in: Hansen, H.R. (Hrsg.): GI/OCG/ÖGI-Jahrestagung 1985, Wirtschaftsuniversität Wien, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 792-805.

Lehnert, W.G. u. M.H. Ringle (Hrsg.): Strategies for Natural Language Processing, Hillsdale - London 1982.

Lenat, D.B., A. Clarkson u. G. Kiremidjian: An Expert System for Indications & Warning Analysis, in: Bundy, A. (Hrsg.): IJCAI-83, Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence, 8.-12.08.1983 in Karlsruhe, Vol. 1, o.O. (Los Altos) 1983, S. 259-262 (a).

Lenat, D.B.: EURISKO: A program That Learns New Heuristics and Domain Concepts - The Nature of Heuristics III: Program Design and Results, in: Pearl, J. (Hrsg.): Search and Heuristics, Reprinted from the Journal of Artificial Intelligence, Volume 21, Numbers 1,2, Amsterdam - New York - Oxford 1983, S. 61-98 (b).

Lenat, D.B., M. Prakash u. M. Shepherd: CYC: Using Common Sense Knowledge To Overcome Brittleness and Knowledge Acquisition Bottlenecks, MCC Technical Report No. AI-055-85, Microelectronics and Computer Technology Corporation, Austin 1985.

Lenz, H.-J.: Knowledge engineering in statistical quality control, in: Haux, R. (Hrsg.): Expert Systems in Statistics, Selected Papers from a workshop, 6.-7.12.1985 in Aachen, Stuttgart - New York 1986, S. 75-86.

Levitt, R.E. u. J.C. Kunz: Using Knowledge Of Construction And Project Management For Automated Schedule Updating, in: Project Management Journal, Vol. 1985, No. December, S. 57-76.

Maes, P.: Goals in Knowledge-Based Office Systems, in: Laubsch, J. (Hrsg.): GWAI-84, 8th German Workshop on Artificial Intelligence, 8.-12.10.1984 in Wingst/Stade, Informatik-Fachberichte 103, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 20-29.

Malone, T.W., K.R. Grant, F.A. Turbak, S.A. Brobst u. M.D. Cohen: Intelligent Information-Sharing Systems, in: Communications of the ACM, Vol. 30 (1987), S. 390-402.

Marburger, H.: Kooperativität in natürlichsprachlichen Zugangssystemen, in: Brauer, W. u. B. Radig (Hrsg.): Wissensbasierte Systeme, GI-Kongreß München, 28./29. Oktober 1985, Informatik-Fachberichte 112, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 135-144.

Mark, W.: Representation of Inference in the Consul System, in: Drinan, A. (Hrsg.): Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-81, 24.-28.08.1981 in Vancouver, Vol. 1, o.O. (Menlo Park) 1981, S. 375-381.

McCarty, L.T. u. N.S. Sridharan: The Representation of an Evolving System of Legal Concepts, in: Drinan, A. (Hrsg.): Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-81, 24.-28.08.1981 in Vancouver, Vol. 1, o.O. (Menlo Park) 1981, S. 246-253.

Mertens, P. u. K. Allgeyer: Künstliche Intelligenz in der Betriebswirtschaft, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 53. Jg. (1983), S. 686-709.

- Mertens, P., K. Allgeyer u. M. Schumann: Stand des Projektes "Expertensysteme zur Unterstützung betriebswirtschaftlicher Diagnosen", Arbeitspapiere der Informatik-Forschungsgruppe VIII, Universität Erlangen-Nürnberg, Nürnberg 1985.
- Mertens, P., K. Allgeyer u. H. Däs: Betriebliche Expertensysteme in deutschsprachigen Ländern, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 56. Jg. (1986), S. 905-941.
- Meystel, A.: Autonomous Mobile Robots - Vehicles with Cognitive Control, o.O. 1987 (to appear).
- Michaelsen, R.H.: An expert system for federal tax planning, in: Expert Systems, Vol. 1 (1984), S. 149-167.
- Miller, R.K.: Artificial Intelligence: A New Tool for Industry and Business, Vol. 1: Technology and Applications, Fort Lee 1984.
- Minsky, M.: A Framework for Representing Knowledge, in: Winston, P.H. (Hrsg.): The Psychology of Computer Vision, New York - St. Louis - ... - Tokyo - Toronto 1975, S. 211-277.
- Moto-oka, T. (et al.): Challenge for Knowledge Information Processing Systems (Preliminary Report on Fifth Generation Computer Systems), in: Moto-oka, T. (Hrsg.): Fifth Generation Computer Systems, Proceedings of the International Conference on Fifth Generation Computer Systems, 19.-22.10.1981 in Tokyo, Amsterdam - New York - Oxford 1982, S. 1-89.
- Mouleeswaran, C.B. u. H.G. Fischer: A Knowledge-Based Environment for Process Planning, Report, Siemens Corporate Research and Support, Inc., Princeton o.J. (1986).
- Nagel, R.N.: State of the Art and Prediction for Artificial Intelligence and Robotics, in: Brady, M., L.A. Gerhardt u. H.F. Davidson (Hrsg.): Robotics and Artificial Intelligence, NATO ASI Series F: Computer and System Sciences, Vol. 11, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo (1984), S. 3-45.
- Nakamura, K., A.P. Sage u. S. Iwai: An Intelligent Database Interface Using Psychological Similarity Between Data, in: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-13 (1983), S. 558-568.
- Nake, F.: Schnittstelle Mensch-Maschine, in: Michel, K.M. u. T. Spengler (Hrsg.): Kursbuch 75 - Computerkultur, Berlin 1984, S. 109-118.
- Nau, D.S. u. T.-C. Chang: Prospects for Process Selection Using Artificial Intelligence, in: Computers in Industry, Vol. 4 (1983), S. 253-263.
- Nebel, B. u. H. Marburger: Das natürlichsprachliche System HAM-ANS: Intelligenter Zugriff auf heterogene Wissens- und Datenbasen, in: Nehmer, J. (Hrsg.): GI - 12. Jahrestagung, 5.-7.10.1982 in Kaiserslautern, Proceedings, Informatik-Fachberichte 57, Berlin - Heidelberg - New York 1982, S. 392-402.

- Nelson, W.R.: REACTOR: An Expert System for Diagnosis and Treatment of Nuclear Reactor Accidents, in: Proceedings of the Second Annual National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-82, 18.-20.08.1982 in Pittsburgh, Menlo Park 1982, S. 296-301.
- Neumann, B.: Wissensbasierte Konfigurierung von Bildverarbeitungssystemen, in: Hartmann, H. (Hrsg.): Mustererkennung 1986, 8. DAGM-Symposium, 30.09.-2.10.1986 in Paderborn, Proceedings, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo 1986, S. 206-218.
- Newell, A. u. H.A. Simon: Computer Science as Empirical Enquiring: Symbols and Search, in: Haugeland, J. (Hrsg.): Mind Design - Philosophy, Psychology, Artificial Intelligence, 2. Druck der 1. Aufl., Cambridge - London 1982, S. 35-66.
- Niebold, R. u. F. Brümmer: Optical Sensor System Controls Arc Welding Process, in: o.V. Proceedings of the 2nd International Conference on Robot Vision and Sensory Controls, 2.-4.11.1982 in Stuttgart, Kempston - Bedford 1982, S. 201-212.
- Nilsson, N.J.: Artificial Intelligence, in: Rosenfeld, J. L. (Hrsg.): Information Processing 74, Proceedings of the IFIP Congress 74, 5.-10.08.1974 in Stockholm, Amsterdam - London - New York 1974, S. 778-801.
- Nishida, F., G. Kishimoto u. S. Takamatsu: Extraction of Items from Abstracts, in: o.V.: IJCAI-79, Proceedings of the Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence, 20.-23.08.1979 in Tokyo, Vol. 2, o.O. (Stanford) 1979, S. 656-658.
- Novak, H.-J. u. B. Neumann: Szenenbeschreibung und Imagination in NAOS, Bericht IfI-HH-M-123/84, Universität Hamburg, Fachbereich Informatik, Hamburg 1984.
- Nowak, E.J. u. B.F. Szablowski: Expert systems in scientific information exchange, in: Journal of Information Science, Vol. 8 (1984), S. 103-111.
- Nutt, G.J. u. A. Ellis: Backtalk: An Office Environment Simulator, in: o.V.: Proceedings of the 1979 International Conference on Communication, o.O. 1979, S. 22.3.1-22.3.5.
- Oakey, S. u. R.C. Cawthorn: Inductive Learning of Pronunciation Rules by Hypothesis Testing and Correction, in: Drinan, A. (Hrsg.): Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-81, 24.-28.08.1981 in Vancouver, Vol. 1, o.O. (Menlo Park) 1981, S. 109-114.
- Odelga, M.: Expertensysteme für das Büro, in: Chip Plus, Eine Beilage in Chip Nr. 6, o.Jg. (1987), S. 22-23.
- Okada, T., H. Arakawa u. I. Masuda: On-Line Recognition of Handwritten Characters by Approximating Each Stroke with Several Points, in: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-12 (1982), S. 898-903.

- o.V.: An der Schwelle zu einer neuen Computergeneration - Gespräch mit Prof. Dr. Jörg H. Siekmann, in: Siemens-Zeitschrift, 58. Jg. (1984), Heft 1, S. 26-31 (a).
- o.V.: The Militarily Critical Technologies List, erstellt vom Office of the Under Secretary of Defense - Research and Engineering, Washington 1984 (b).
- o.V. (Computer Resources International): The CRI Directory of Expert Systems, Abingdon 1986 (a).
- o.V. (Artificial Intelligence Software S.R.L.): The International Directory of Artificial Intelligence Companies, 2. Aufl., Rovigo 1986 (b).
- o.V.: Verbundprojekt WISBER, in: Rundbrief des Fachausschusses 1.2 Künstliche Intelligenz & Mustererkennung in der Gesellschaft für Informatik, Nr. 41 (1986), S. 27 (c).
- o.V.: Denkmachines auf dem Vormarsch, in: Report, o. Jg. (1986), Heft 11, S. 16-18 (d).
- o.V.: 1986 AI Market Reports: A Review for the Corporate User, in: Knowledge Engineering, o. Jg. (1986), Heft August, S. 1-6 (e).
- o.V.: Info-Angebot, in: Online, o. Jg. (1986), Heft 6, S. 26-27 (f).
- o.V.: Expertensysteme - Logik auf Knopfdruck, in: Wirtschaftswoche, 41. Jg. (1987), Special-Supplement Nr. 1/87, S. 48-50.
- Pau, L.F.: Inference of the Structure of Economic Reasoning from Natural Language Analysis, in: Decision Support Systems, Vol. 1 (1985), S. 313-321.
- Pau, L.F. (Hrsg.): Artificial Intelligence in Economics and Management, Amsterdam - New York - Oxford - Tokyo 1986 (a).
- Pau, L.F.: An Expert System Kernel for the Analysis of Strategies Over Time, in: Pau, L.F. (Hrsg.): Artificial Intelligence in Economics and Management, Amsterdam - New York - Oxford - Tokyo 1986, S. 107-112 (b).
- Pease III, M.C.: ACS.1: An Experimental Automated Command Support System, in: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-8 (1978), S. 725-735.
- Pegels, G.: Erfahrungen mit künstlicher Intelligenz - Fachwissen im CAD/CAM-System für den Stahl-, Holz- und Anlagenbau, in: o.V. (VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb): Datenverarbeitung in der Konstruktion'85, Entwicklungsstand und Anwendererfahrungen, 30-31.10.1985 in München, VDI Berichte 570.1, Düsseldorf 1985.
- Picot, A.: Betriebswirtschaftlicher Nutzen contra volkswirtschaftliche Kosten?, in: von Rosenstiel, L. u. M. Weinkamm (Hrsg.): Humanisierung der Arbeitswelt - Vergessene Verpflichtung? - Eine kritische Bestandsaufnahme anlässlich einer Fachtagung des Kolping-Bildungswerkes im Oktober 1979 in München, Stuttgart 1980, S. 225-242.

- Platz, H.P.: Die Überwindung informationswirtschaftlicher Engpässe in der Unternehmung - Analyse von Möglichkeiten zur Verbesserung des Kosten-/Leistungsverhältnisses von Informations-Systemen, Berlin - München 1980.
- Potzner, R., R. Matschke u. P. Mertens: Ein Experiment zur Verwendbarkeit computergestützter Fremdsprachenübersetzung im Betrieb, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 55. Jg. (1985), S. 613-631.
- Pratt, C.A.: An artificially intelligent locomotive mechanic, in: Simulation, Vol. 42 (1984), No. 1, S. 40-41.
- Preissner-Polte, A.: Sprachverarbeitungsgeräte - Worte, nichts als Worte, in: manager magazin, 17. Jg. (1987), Heft 4, S. 182-187.
- Prerau, D.S.: Selection of an Appropriate Domain for an Expert System, in: The AI Magazine, Vol. 6 (1985), No. 2, S. 26-30.
- Puppe, F.: Expertensysteme, in: Informatik-Spektrum, Bd. 9 (1986), S. 1-13.
- Pyper, M.: Expertensysteme auf der Hannover-Messe: Helfen sie dem Betrieb? - Ohne den Fachmann geht es auch in Zukunft nicht, in: VDI nachrichten, 41. Jg. (1987), Nr. 15, S. 35.
- Raulefs, P.: Expertensysteme, in: Bibel, W. u. J.H. Siekmann (Hrsg.): Künstliche Intelligenz, Frühjahrsschule Teisendorf, 15.-24.03.1982 in Teisendorf, Informatik-Fachberichte 59, Berlin - Heidelberg - New York 1982, S. 61-98.
- Raulefs, P.: Foundation of Expert Systems for Conceptual Design in Mechanical Engineering, Memo SEKI-84-08 am Fachbereich Informatik der Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern 1984.
- Raulefs, P.: Knowledge Processing Expert Systems, in: Bernold, T. u. G. Albers (Hrsg.): Artificial Intelligence: Towards Practical Application, Proceedings of the Joint Technology Assessment Conference of the Gottlieb Duttweiler Institute and the European Committee for Artificial Intelligence, 12.-13.04.1984 in Rüschiikon, Amsterdam - New York - Oxford 1985, S. 21-31.
- Rault, J.-C.: les systemes experts: perspectives industrielles, in: Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique, No. 97 (1984), S. 9-23.
- Reichwald, R.: Neue Systeme der Bürotechnik und Büroarbeitsgestaltung - Problemzusammenhänge, in: Reichwald, R. (Hrsg.): Neue Systeme der Bürotechnik - Beiträge zur Büroarbeitsgestaltung aus Anwendersicht, Berlin 1982, S. 11-48.
- Rembold, U. u. P. Levi: Entwicklungstendenzen bei der Robotertechnologie, Preprint am Institut für Informatik III der Universität Karlsruhe, Karlsruhe o.J. (1984).

Rembold, U., C. Blume, R. Dillmann u. P. Levi: Intelligente Roboter, in: VDI-Zeitschrift, Bd. 127 (1985), S. 763-767 (Teil 1), 811-817 (Teil 2), 871-876 (Teil 3), 909-918 (Teil 4).

Rieder, H.K. u. K. Kreplin: Wissensbasierte Post-Klassifikationssysteme - Zur Entwicklung des Systems EPIKUR - Expertensystem zur Postbearbeitung in Kommunikations- und Retrievalsystemen, in: Hommel, G. u. S. Schindler (Hrsg.): GI - 16. Jahrestagung II - Informatik-Anwendungen - Trends und Perspektiven, Proceedings, 6.-10.10.1986 in Berlin, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo 1986, S. 134-148.

Rösner, D.: Von Titeln zu Texten - Zur Entwicklung des Textgenerators SEMTEX, Bericht am Institut für Informatik der Universität Stuttgart, Stuttgart 1986.

Rollinger, C.-R. u. H.-J. Schneider: Text Understanding as a Knowledge-Based Process, KIT-Report 9 am Institut für Angewandte Informatik der Technischen Universität Berlin, Berlin 1983.

Rose, H., K. Allgeyer, M. Schumann u. P. Mertens: Konzeption und Realisierung einer Regelinterpretationskomponente für das Expertensystemtool HEXE, Arbeitspapiere der Informatik-Forschungsgruppe VIII an der Universität Erlangen-Nürnberg, 2. Aufl., Erlangen 1986.

Rosenberg, A.E.: Automatic Speaker Verification: A Review, in: Proceedings of the IEEE, Vol. 64 (1976), S. 475-487.

Rosenberg, S.: Expert Systems and the Design of Powerful User Interfaces, in: Lunin L.F. et al. (Hrsg.): The Information Community, Proceedings of the 44th ASIS Annual Meeting, 25.-30.10.1981 in Washington, White Plains 1981, S. 285-287.

Rosenblatt, F.: Perceptrons and Cognitive Science, in: Billing, H. (Hrsg.): Lernende Automaten - Bericht über die Fachtagung der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE (NTG), Fachausschuß 6 "Informationsverarbeitung", 13.-14.04.1961 in Karlsruhe, München 1961, S. 225-239.

Savory, S.E. (Hrsg.): Künstliche Intelligenz und Expertensysteme - Ein Forschungsbericht der Nixdorf Computer AG, 2. Aufl., München 1985.

Schachter-Radig, M.-J.: Künstliche Intelligenz - Eine Technologie für den Einsatz bei Kreditinstituten, in: Betriebswirtschaftliche Blätter, 35. Jg. (1986), S. 251-256.

Schank, R.C.: Natural Language, Philosophy, and Artificial Intelligence, in: Ringle, M. (Hrsg.): Philosophical Perspectives in Artificial Intelligence, Brighton 1979, S. 196-224.



- Schatz, E., J. Estenfeld, N. Iacobetz u. W. Zucker: Wissensbasierte Unterstützung von Arbeitsprozessen, in: Hansen, H.R. (Hrsg.): GI/OCG/ÖGI-Jahrestagung 1985, 16.-19.09.1985 in Wien, Informatik-Fachberichte 108, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 853-864.
- Scheer, A.-W.: EDV-orientierte Betriebswirtschaftslehre, Berlin - Heidelberg - New York 1984.
- Schefe, P.: Natürlichsprachlicher Zugang zu Datenbanken, in: Angewandte Informatik, 25. Jg. (1983), S. 419-423.
- Schindler, M.: Artificial intelligence begins to pay off with expert systems for engineering, in: Electronic Design, Ausgabe vom 9.08.1984, S. 106-144.
- Schindler, S.: Basiskonzepte der Bürokommunikation oder Technologien des papierlosen Büros/Verwaltens, in: Hansen, H.R. (Hrsg.): GI/OCG/ÖGI-Jahrestagung 1985, 16.-19.09.1985 in Wien, Informatik-Fachberichte 108, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 1067-1086.
- Schmidt, E.: Verkaufsbemühungen dürfen nicht von Zukunftsaufgaben ablenken, in: VDI nachrichten, 41. Jg. (1987), Nr. 19, S. 17.
- Schmidt, R.: Computergestützte Inhaltsanalyse von Umweltinformationen für die strategische Planung, in: Buchinger, G. (Hrsg.): Umfeldanalysen für das strategische Management: Konzepte - Praxis - Entwicklungstendenzen, Wien 1983, S. 355-369.
- Schmitz, P. u. A. Lenz: Abgrenzung von Expertensystemen und konventioneller ADV, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 38. Jg. (1986), S. 499-516.
- Schnupp, P. u. U. Leibrandt: Expertensysteme - Nicht nur für Informatiker, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1986.
- Schönsleben, P.: Variantenreiche Fertigung wird flexibler durch Einsatz der Expertensystem-Technik, in: io Management Zeitschrift, 56. Jg. (1987), S. 195-198.
- Schubert, I., Krebsbach-Gnath, C., Potthoff, P., Rothemund, M.: Chancen und Risiken des Einsatzes von Expertensystemen, München 1987.
- Schürmann, J.: Schriftzeichenerkennung und maschinelles Lesen, in: Heilmann, H., W. Bauer, R. Bischoff, R.M. Katzsch, H. Kernler u. H. Nielinger (Hrsg.): HMD - Handbuch der Modernen Datenverarbeitung, 21. Jg., Heft 115, Stand: Januar 1984, S. 23-41.
- Schumann, M.: Möglichkeiten und Grenzen einer computer-gestützten Eingangspostbearbeitung, in: Hansen, H.R. (Hrsg.): GI/OCG/ÖGI-Jahrestagung 1985, Wirtschaftsuniversität Wien, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 926-942.
- Schumann, M., S. Wittmann u. P. Mertens: Expertensysteme zur Unterstützung des Wirtschaftsprüfers?, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 38. Jg. (1986), S. 517-531.

- Schwarz, W.: Semantische Netze, in: Bungers, D., B.S. Müller u. P. Raulefs (Hrsg.): Expertensysteme - Beiträge aus einem Workshop zur Aufarbeitung des State-of-the-Art, Bd. 1: Grundlagen der Künstlichen Intelligenz, Arbeitspapiere der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH/Bonn Nr. 140, Sankt Augustin 1984, S. 134-147.
- Shapiro, S.C. (Hrsg.): Encyclopedia of Artificial Intelligence, New York 1987.
- Sieben, G., W. Böing u. R. Hafner: Expertensysteme zur Bewertung ganzer Unternehmen?, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 38. Jg. (1986), S. 532-549.
- Siekman, J.H.: Einführung in die künstliche Intelligenz, in: Bibel, W. u. J.H. Siekman (Hrsg.): Künstliche Intelligenz, Frühjahrsschule Teisendorf, 15.-24.03.1982 in Teisendorf, Informatik-Fachberichte 59, Berlin - Heidelberg - New York 1982, S. 1-60.
- Siekman, J.H.: Mit künstlicher Intelligenz in die 5. Computergeneration, in: Technische Rundschau, 76. Jg. (1984), Nr. 13, S. 4-7.
- Simon, H.A. u. A. Newell: Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research, in: Operations Research, Vol. 6 (1958), S. 1-10.
- Simon, H.A.: Perspektiven der Automation für Entscheider, Quickborn 1966.
- Sleeman, D., D. Appelt, K. Konolige, E. Rich, N.S. Sridharan u. B. Swartout: User Modelling Panel, in: o.V.: Proceedings of the 9th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-85), 1985 in Los Angeles, o.O. (Palo Alto) 1985, S. 1298-1302.
- Sood, S.C.: Expert Knowledge based real time inspection system, in: McKeown, o.Vn.: Proceedings of the 7th International Conference on Automated Inspection and Product Control, 26.-28.03.1985 in Birmingham, Bedford 1985, S. 69-74.
- Sprowl, J.A.: Automating the Legal Reasoning Process: A Computer That Uses Regulations and Statues to Draft Legal Documents, in: American Bar Foundation Research Journal, Vol. 1979, S. 1-81.
- Sprowl, J., P. Balasubramanian, T. Chinwalla, M. Evans u. H. Klawans: An expert system for drafting legal documents, in: Frailey, D.J. (Hrsg.): 1984 National Computer Conference, 9.-12.07.1984 in Las Vegas, AFIPS Conference Proceedings, Vol. 53, Reston 1984, S. 667-673.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 1987 für die Bundesrepublik Deutschland, Stuttgart - Mainz 1987.
- Staudt, E.: Entkopplung im Mensch-Maschine-System durch neue Technologien als Grundlage einer Flexibilisierung von Arbeitsverhältnissen, in: Meyer-Abich, K.M. u. U. Steger (Hrsg.): Mikroelektronik und Dezentralisierung, Berlin 1982, S. 53-68.

Staudt, E.: Neue Technologien und deren Auswirkungen auf die Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor, in: Bietahn, J. u. E. Staudt (Hrsg.): Datenverarbeitung in der praktischen Bewährung in privaten und öffentlichen Betrieben, München - Wien 1984, S. 98-119.

Staudt, E.: Berufliche Qualifikation: Die Phantasie der Tarifpartner ist gefragt - Weiterbildung statt freigesetzter Arbeitszeit könnte ein Verhandlungsziel sein, in: VDI nachrichten, 40. Jg. (1986), Nr. 27, S. 11.

Steeb, R., D.J. McArthur, S.J. Cammarata, S. Narain u. W.D. Giarla: Distributed Problem Solving for Air Fleet Control: Framework and Implementation, in: Klahr, P. u. D.A. Waterman (Hrsg.): Expert Systems - Techniques, Tools and Applications, Reading - Menlo Park - Don Mills - ... - San Juan 1986, S. 391-432.

Steels, L. u. W. van de Velde: Learning in Second Generation Expert Systems, in: Kowalik, J.S. (Hrsg.): Knowledge Based Problem Solving, Englewood Cliffs 1986, S. 270-295.

Steels, L.: Second Generation Expert Systems, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 475-483.

Stefik, M., J. Aikins, R. Balzer, J. Benoit, L. Birnbaum, F. Hayes-Roth u. E. Sacerdoti: The Organization of Expert Systems, A Tutorial, in: Artificial Intelligence, Vol. 18 (1982), S. 135-173.

Stoyan, H.: Sprachen + Systeme, in: computer magazin, 16. Jg. (1987), Heft 3, S. 68-71.

Sutton, D.C.: Some people aspects of knowledge engineering, in: R&D Management, Vol. 15 (1985), S. 125-134.

Suwa, M., A.C. Scott u. E.H. Shortliffe: Completeness and Consistency in a Rule-Based System, in: Buchanan, B. G. u. E.H. Shortliffe (Hrsg.): Rule-Based Expert Systems - The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project, Reading - Menlo Park ... Don Mills - Sydney 1984, S. 159-170.

Szyperski, N., L. Berens u. M. Wolff: Konzeptioneller Rahmen für die Analyse und Gestaltung betrieblicher IuD-Systeme, Bericht Nr. 1 des Projektes BAKID, BIFOA-Arbeitspapier 80AP7, Köln 1980.

Tait, J.I.: Generating summaries using a script-based language analyser, in: Steels, L. u. J.A. Campbell (Hrsg.): Progress in Artificial Intelligence, Chichester - New York - Brisbane - Toronto 1985, S. 312-318.

Tonge, F.: Balancing Assembly Lines Using the General Problem Solver, in: Hoggatt, A.C. u. F.E. Balderston (Hrsg.): Symposium on Simulation Models: Methodology and Applications to the Behavioral Sciences, Cincinnati - Chichester - New Rochelle - Dallas - Burlingame 1963, S. 139-151.

Trappl, R. (Hrsg.), *Impacts of Artificial Intelligence*, Amsterdam - New York - Oxford 1986.

Troeder, C. u. H. Naumann: *Expert Systems of Optimal Selection of Machine Elements*, in: Bernold, T. (Hrsg.): *Expert Systems and Knowledge Engineering - Essential Elements of Advanced Information Technology*, Proceedings of the Technology Assessment and Management Conference, 25.-26.04.1985 in Rüslikon, Amsterdam - New York - Oxford - Tokyo 1986, S. 207-214.

Underwood, W.E.: *A CSA Model-Based Nuclear Power Plant Consultant*, in: o.V.: *Proceedings of the Second Annual National Conference on Artificial Intelligence*, AAAI-82, 18.-20.08.1982 in Pittsburgh, Menlo Park 1982, S. 302-305.

VDI 5015 (1987): *VDI-Richtlinie 5015 "Bürokommunikation - Technikbewertung der Bürokommunikation"* (Entwurf, Stand: Dezember 1987), hrsg. vom Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, VDI-Gemeinschaftsausschuß Bürokommunikation, Ausschuß Technikbewertung, Düsseldorf 1987.

v.Martial, F.: *LEBEX - Lebensversicherungsberatung durch ein Expertensystem*, in: Balzert, H., G. Heyer u. R. Lutze (Hrsg.): *Expertensysteme '87 - Konzepte und Werkzeuge*, Fachtagung des German Chapter of the ACM, 7.-8.04.1987 in Nürnberg, Stuttgart 1987, S. 272-287.

Volk, K.O.: *Expertensysteme für den betrieblichen Einsatz - Ansätze und Probleme*, in: *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis*, 38. Jg. (1986), S. 550-564.

Wahlster, W.: *Natürlichsprachliche Systeme - Eine Einführung in die sprachorientierte KI-Forschung*, in: Bibel, W. u. J.H. Siekmann (Hrsg.): *Künstliche Intelligenz*, Frühjahrsschule Teisendorf, 15.-24.03.1982, Informatik-Fachberichte 59, Berlin - Heidelberg - New York 1982, S. 203-283.

Wahlster, W., H. Marburger, A. Jameson u. S. Busemann: *Over-Answering Yes-No Questions: Extended Responses in a NL Interface to Vision Systems*, in: Bundy, A. (Hrsg.): *IJCAI-83 - Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 8.-12.08.1983 in Karlsruhe, Vol. 2, o.O. (Los Altos) 1983, S. 643-646.

Wahlster, W.: *Cooperative Access Systems*, in: *Fifth Generation Computer Systems*, Vol. 1 (1984), S. 103-111.

Waltz, D.L.: *The State of the Art in Natural-Language Understanding*, in: Lehnert, W.G. u. M.H. Ringle (Hrsg.): *Strategies for Natural Language Processing*, Hillsdale - London 1982, S. 3-35.

Warnecke, G. u. P. Mertens: *Praktische Anwendung künstlicher Intelligenz durch Expertensysteme*, in: *Werkstattstechnik - Zeitschrift für industrielle Fertigung*, 76. Jg. (1986), S. 547-551.

Waterman, D.A.: *A Guide to Expert Systems*, Reading - Menlo Park - Don Mills ... 1986.

- Weitz, R.R.: NOSTRADAMUS: An Expert System for Guiding the Selection and Use of Appropriate Forecasting Techniques, Dissertation am Department of Industrial Engineering and Operations Research, University of Massachusetts, Cambridge (Massachusetts) 1985.
- Weizenbaum, J.: Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft, 3. Aufl., Frankfurt 1982.
- Wiig, K.: Market Trends in Artificial Intelligence in the United States and Japan, in: Bernold, T. u. G. Albers (Hrsg.): Artificial Intelligence: Towards Practical Application, Proceedings of the Joint Technology Assessment Conference, 12.-13.04.1984 in Rüschnikon, Amsterdam - New York - Oxford 1985, S. 169-180.
- Wilczynski, D.: Knowledge Acquisition in The Consul System, in: Drinan, A. (Hrsg.): Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-81, 24.-28.08.1981 in Vancouver, Vol. 1, o.O. (Menlo Park) 1981, S. 135-140.
- Wildemann, H. (Hrsg.): Expertensysteme in der Produktion, Tagungsbericht, München 1987.
- Winograd, T.: Software für Sprachverarbeitung, in: Spektrum der Wissenschaft, Jg. 1984, Heft 11, S. 88-102.
- Wipke, W.T. u. D. Rogers: Artificial Intelligence in Organic Synthesis. SST: Starting Material Selection Strategies. An Application of Superstructure Search, in: Journal of Chemical Information and Computer Sciences, Vol. 24 (1984), No. 2, S. 71-81.
- Wittig, T.: Expertensysteme in der Prozeßbleittechnik, in: Brauer, W. u. B. Radig (Hrsg.): Wissensbasierte Systeme, GI-Kongreß, 28.-29.10.1985 in München, Informatik-Fachberichte 112, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, S. 384-397.
- Woehl, K.: Automatic Classification of Office Documents by Coupling Relational Data Bases and PROLOG Expert Systems, in: o.V.: Proceedings of the Tenth International Conference on Very Large Data Bases, im August 1984 in Singapore, o.O. o.J. (1984), S. 529-532.
- Zarri, G.P.: Expert systems and information retrieval: an experiment in the domain of biographical data management, in: International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 20 (1984), S. 87-106.
- Zelewski, S.: Das Leistungspotential der Künstlichen Intelligenz - eine informationstechnisch-betriebswirtschaftliche Analyse, Bd. 1, 2 u.3, Dissertation an der Universität Köln 1985, Witterschlick/Bonn 1986 (a).
- Zelewski, S.: Konzepte für Frühwarnsysteme und Möglichkeiten zu ihrer Fortentwicklung durch Beiträge der Künstlichen Intelligenz, Arbeitsbericht 4/1986 am Seminar für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Industriebetriebslehre und Produktionswirtschaft der Universität Köln, Köln 1986 (b).

Zelewski, S.: Soziale Verantwortbarkeit von Technologien, Arbeitsbericht 13/1986 am Seminar für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Industriebetriebslehre und Produktionswirtschaft der Universität Köln, Köln 1986 (c).

Zelewski, S.: Das Leistungspotential der Künstlichen Intelligenz für Industrieenanwendungen - Ein Überblick -, Arbeitsbericht Nr. 18, Seminar für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Industriebetriebslehre und Produktionswirtschaft der Universität Köln, Köln 1987 (a).

Zelewski, S.: Expertensysteme im "Büro der Zukunft" - Ein Überblick über Anwendungsperspektiven und Bewertungsaspekte -, Arbeitsbericht Nr. 19, Seminar für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Industriebetriebslehre und Produktionswirtschaft der Universität Köln, Köln 1987 (b).

Zisman, M.D.: Representation, Specification and Automation of Office Procedures, Dissertation, University of Pennsylvania, Department of Decision Sciences, Philadelphia 1977.

Verzeichnis der Arbeitsberichte des  
Seminars für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre,  
Industriebetriebslehre und Produktionswirtschaft der  
Universität zu Köln  
(bis Sommer 1986: Seminar für Allgemeine  
Betriebswirtschaftslehre und Fertigungswirtschaft)

---

- Nr. 1: ZELEWSKI,STEPHAN: Entscheidungsmodelle zur Verschrottung von Fertigungshilfsmitteln, Köln 1984.
- Nr. 2: KERN,WERNER; ZELEWSKI,STEPHAN: Ein Zuordnungsmodell für Meßgeräte in Energie-Informationssystemen, Köln 1985.
- Nr. 3: KERN,WERNER; PETERS,ULRICH: Energiebewirtschaftung in industriellen Betrieben - Bericht über eine Befragung, Köln 1985.
- Nr. 4: BOOS,JOCHEN: Lokalisierung von Meßstellen für ein Informations-System zur Energiebewirtschaftung in industriellen Betrieben - Entwicklung eines OR-Modells mit einem Lösungsvorschlag -, Köln 1986.
- Nr. 5: ZELEWSKI,STEPHAN: Ansätze der Künstlichen Intelligenz-Forschung zur Unterstützung der Netzplantechnik, Köln 1986.
- Nr. 6: ZELEWSKI,STEPHAN: Schnittstellen bei betrieblichen Informationssystemen - eine Darstellung aus systemtheoretischer und betriebswirtschaftlicher Sicht -, Köln 1986.
- Nr. 7: ZELEWSKI,STEPHAN: Konzepte für Frühwarnsysteme und Möglichkeiten zu ihrer Fortentwicklung durch Beiträge der Künstlichen Intelligenz, Köln 1986.
- Nr. 8: ZELEWSKI,STEPHAN: Das Konzept der unscharfen Mengen unter besonderer Berücksichtigung ihrer linguistischen Interpretation - eine Lösung für unscharfe Probleme? -, Köln 1986.
- Nr. 9: ZELEWSKI,STEPHAN: Der tau-Wert: Aspekte eines neueren spieltheoretischen Ansatzes zur fairen Preisbildung aus kostenrechnerischer Perspektive, Köln 1986.
- Nr. 10: ZELEWSKI,STEPHAN: Competitive Bidding aus der Sicht des Ausschreibers - ein spieltheoretischer Ansatz -, Köln 1986.
- Nr. 11: ZELEWSKI,STEPHAN: Netztheoretische Ansätze zur Konstruktion und Auswertung von logisch fundierten Problembeschreibungen, Köln 1986.

- Nr. 12: ZELEWSKI,STEPHAN: Netztheoretische Fundierung von parallelen Algorithmen für die Lösung linear-ganzzahliger OR-Modelle, Köln 1986.
- Nr. 13: ZELEWSKI,STEPHAN: Intelligente Informationssysteme - benutzerfreundliche Instrumente für die Informationsvermittlung? -, Köln 1986.
- Nr. 14: ZELEWSKI,STEPHAN: Komplexitätstheorie - ihr Beitrag zur Klassifizierung und Beurteilung von Problemen des Operations Research -, Köln 1986.
- Nr. 15: ZELEWSKI,STEPHAN: Der Informationsbroker, Köln 1986.
- Nr. 16: ZELEWSKI,STEPHAN: Soziale Verantwortbarkeit von Technologien, Köln 1986.
- Nr. 17: ZELEWSKI,STEPHAN: Expertensysteme - Übersicht über Konzeptionen und betriebswirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten -, Köln 1986.
- Nr. 18: ZELEWSKI,STEPHAN: Das Leistungspotential der Künstlichen Intelligenz für Industrieanwendungen - Ein Überblick -, Köln 1987.
- Nr. 19: ZELEWSKI,STEPHAN: Expertensysteme im "Büro der Zukunft" - Ein Überblick über Anwendungsperspektiven und Bewertungsaspekte -, Köln 1987.
- Nr. 20: KUMMER,SEBASTIAN: Computerunterstützung schöpferischer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, Köln 1987.
- Nr. 21: ZELEWSKI,STEPHAN: Betriebswirtschaftliche Aspekte des industriellen Einsatzes von Expertensystemen - Anwendungsmöglichkeiten und Bewertung -, Köln 1988.
- Nr. 22: ZELEWSKI,STEPHAN: Expertensysteme für Prozeßplanung und -steuerung in der Fabrik der Zukunft - Ein Überblick über Konzepte und erste Prototypen -, Köln 1988.
- Nr. 23: ZELEWSKI,STEPHAN: Expertensysteme zur Sicherung der Betriebsbereitschaft in der Fabrik der Zukunft, Köln 1988.
- Nr. 24: ZELEWSKI,STEPHAN: Ansätze zur Bewertung des Einsatzes Künstlicher Intelligenz in Industrieunternehmungen - aus produktiver und sozialer Sicht -, Köln 1988.
- Nr. 25: HÖLSCHER,ANDREAS: Unterstützung der Forschung und Entwicklung in der Pharmaindustrie durch externe Informationen - Möglichkeiten und Grenzen -, Köln 1988.
- Nr. 26: SCHRÖDER,HANS-HORST: Entwicklungsstand und -tendenzen bei PPS-Systemen, Köln 1989.