

Arbeitsbericht Nr. 18

Das Leistungspotential der Künstlichen
Intelligenz für Industrieanwendungen
- Ein Überblick -

von
Dr. Stephan Zelewski

Skript zum Vortrag, gehalten am 3.06.1987

am:

Fraunhofer-Institut
für Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen (INT) in Euskirchen

Köln, Juni 1987

Alle Rechte vorbehalten.

Abstract

Der Themenkreis "Künstliche Intelligenz" (KI) hat in jüngster Zeit eine zunehmende Beachtung in betriebswirtschaftlich interessierten Kreisen, insbesondere auch seitens der industriellen Praxis erfahren. Kurz werden die - zum Teil erheblich divergierenden - Erwartungen skizziert, die mit den Früchten dieser Disziplin verknüpft werden. In Anbetracht der Vielfalt konkurrierender und oftmals inhaltlich dürftiger Definitionen von "intelligenten Automaten" erfolgt eine Systematisierung der wesentlichen definitorischen Ansätze, wobei der Aspekt der "Expertensysteme" im Vordergrund steht. Besonders herausgestellt werden die leistungs-, die struktur- und die funktionsbezogenen Definitionsvarianten.

Um die betriebswirtschaftliche Relevanz der Beschäftigung mit Expertensystemen zu unterstreichen, wird ein Überblick über deren Anwendungsmöglichkeiten in Betrieben gewährt. Schwerpunkte bilden ihr Einsatz bei der Produktion von Sachgütern und Dienstleistungen, in der Betriebsleitung und -verwaltung sowie bei der Gestaltung von Produktionspotentialen, Produktionsprozessen und Produkten. Exemplarisch wird das Konzept der kooperativen Benutzerschnittstellen aufgegriffen, um wesentliche Leistungspotentiale und Anwendungsaspekte intelligenter Automaten zu verdeutlichen. Mögliche Auswirkungen des Einsatzes von Produkten der Künstlichen Intelligenz werden aus der Perspektive betrieblicher Anwender im Hinblick auf produktive und soziale Zielsetzungen erörtert.

Inhaltsübersicht

	Seite
1 Künstliche Intelligenz - Streiflichter über Chancen und Risiken	1
2 Definitionskonzepte im Bereich der Künstlichen Intelligenz	6
2.1 Übersicht	6
2.2 Leistungsbezogene Definitionskonzepte	12
2.3 Strukturbezogene Definitionskonzepte	17
2.4 Funktionsbezogene Definitionskonzepte	25
2.5 Vorschläge für Arbeitsdefinitionen im Bereich der Künstlichen Intelligenz	28
3 Anwendungsbereiche der Künstlichen Intelligenz	32
3.1 Rahmenlegung	32
3.2 Intelligente Automaten im Basissystem	33
3.3 Expertensysteme im Informationssystem	37
4 Exemplarische Betrachtung von kooperativen Benutzerschnittstellen	46
4.1 Grundlegende Konzepte für die intelli- gente Mensch-Maschine-Kommunikation	46
4.2 Ein exemplarischer kooperativer Dialog	50
4.3 Erweiterung zu intelligenten Informationsbanksystemen	54
4.4 Aspekte der Benutzerfreundlichkeit	58
5 Ansätze zur Bewertung des Einsatzes von Produkten der Künstlichen Intelligenz	62
5.1 Produktive Zielsetzungen	62
5.1.1 Einführung in Bewertungs- konzeption und -probleme	62
5.1.2 Nutzenwirkungen	64
5.1.3 Kostenwirkungen	67
5.2 Soziale Zielsetzungen	72
5.2.1 Soziale Verträglichkeit	72
5.2.2 Soziale Beherrschbarkeit und Gestaltbarkeit	81
6 Anhang	86
6.1 Literaturverzeichnis	86
6.2 Tabellen und Abbildungen	107

1 Künstliche Intelligenz - Streiflichter über Chancen und Risiken

Der Erforschung der Künstlichen Intelligenz 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"¹⁾, 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 zivilisatorisch 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:

-2) "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 ...

1) Vgl. Moto-oka (1982), S. 4ff., insbesondere S. 37ff.; Feigenbaum (1984), insbesondere S. 25ff. u. 117ff.

2) Kneissler (1983), S. 57 u. 59.

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 ...".

- 3) Die "Maschinisierung der Kopfarbeit" wird als ein "epochaler Angriff auf jetzt noch lebendige geistige Arbeit" stigmatisiert. (Durchaus typisch ist hier die unterschwellige, aber vermittels der mittelbaren Oppositionsprobe nahegelegte Assoziation mit "toter" Computerarbeit.)
- 4) 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."
- 5) 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 Informationsverarbeitungsfähigkeiten des menschlichen Gehirns nachzubauen; es sollte mich sogar wundern, wenn das nicht schon innerhalb der nächsten zehn Jahre möglich wäre."

Obwohl seit dieser Progose 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 hinterlassen⁶⁾.

3) Nake (1984), S. 109.

4) Simon (1958), S. 8, in der Übersetzung von Weizenbaum (1982), S. 187.

5) Simon (1966), S. 14 u. 55.

6) Vgl. Zelewski (1986a), S. 1081, 1317f. und die dort angegebene Literatur; Kempkens (1987), S. 72, 75 u. 78; Schmidt, E. (1987), S. 17; Kunze (1987), S. 24, der diese Frustrationsphase erst für die kommenden Jahre voraussieht, während er derzeit die deutsche "KI-Szene" noch der Euphoriephase zuordnet.

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 Werbefloskeln⁷⁾. Sehr deutlich wird dieser Vorwurf in folgender Äußerung⁸⁾: "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 aufweise⁹⁾. 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 geschätzt¹⁰⁾ - wird ihr ein bald exorbitantes, sich exponentiell entwickelndes Wachstum vorhergesagt¹¹⁾.

7) Vgl. z.B. die kritischen Ausführungen von Born (1986), S. 26ff.; vgl. auch Mertens (1986), S. 905f.; Bobrow (1986), S. 893; Schnupp (1986), S. 8; Kempkens (1987), S. 72. Vgl. zu einem ausführlichen Abgrenzungsversuch bezüglich Expertensystemen und konventioneller (automatischer) Informationsverarbeitung Schmitz (1986), S. 504ff.

8) Schmidt, E. (1987), S. 17.

9) Vgl. zu dieser "Markt-These" die Abbildungen und Tabellen im Anhang dieser Arbeit sowie die zugrundeliegenden und weiterführenden Literatúrauswertungen in Zelewski (1986a), S. 42 u. 66ff.; vgl. auch die dort noch nicht aufgenommenen Aussagen zum Marktpotential in Harmon (1985), S. 10; o.V. (1986d), S. 18; Kempkens (1987), S. 75; o.V. (1987), S. 50, welche die vorgenannten Auswertungen inhaltlich bestätigen.

10) Vgl. Wiig (1985), S. 174.

11) Vgl. Tabellen und Abbildungen im Anhang zur Marktexpansion im Zeitraum 1983 bis 1990.

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 wird¹²⁾, mit den Umsätzen verglichen, die derzeit (präzise: im Jahr 1984) in ausgewählten deutschen Branchen erzielt werden, so ergibt sich ein ernüchterndes Bild¹³⁾:

- Chemische Industrie	170,4 Mrd. DM
- Kfz-Industrie	163,1 Mrd. DM
- Maschinenbau	141,8 Mrd. DM
-	...
- Büromaschinen und ADV	22,3 Mrd. DM
-	...
- Drahtziehereien	4,9 Mrd. DM
- Schmiede- und Preßteile	4,8 Mrd. DM
- Feinkeramik	4,1 Mrd. DM

Der KI-Umsatz bleibt weit unter dem der volkswirtschaftlich bedeutenden Großbranchen, kann sich allenfalls mit dem spezialisierter Nebenbranchen messen¹⁴⁾.

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 wird¹⁵⁾.

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 Vor-

12) Vgl. Siekmann (1984), S. 5.

13) Vgl. Statistisches Bundesamt (1986), S. 157, Tabelle 9.1.

14) Dies gilt, obwohl der wesentlich größere und zukünftige US-Markt mit dem (Vergangenheits-)Markt der Bundesrepublik Deutschland ins Verhältnis gesetzt wird.

15) Vgl. Wiig (1985), S. 175, und die zugehörige Tab. 4 im Anhang.

hersage zu Vorhersage - so stark variierend¹⁶⁾, 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 pro domo-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 (Expertensysteme 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 Marktstudien¹⁷⁾ zu diesem Thema suggeriert, daß ein Betrieb, der seine Informationswirtschaft auf die Erfordernisse der Zukunft früh-

16) Vgl. die Prognose-Gegenüberstellungen in Zelewski (1986a), S. 69ff.

17) Vgl. die Übersicht in o.V. (1986e), S. 1ff. Der unkundige Anwender kann ihr zufolge je Studie zwischen 195 und 15.000 US-\$ investieren. Die z.T. exorbitant hohen Preise wirken auf zahlreiche Interessierte - so insbesondere auch auf Hochschulinstitute - prohibitiv, so daß nicht gerade von einem positiven Beitrag zur Erhöhung der Markttransparenz geredet werden kann.

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 herauskehren¹⁸⁾. Nachdem die Entwicklung von intelligenten Automaten für den kommerziellen Einsatz zunächst die Domäne kleiner Pionierbetriebe - vornehmlich in den USA - war¹⁹⁾, 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.

2 Definitionskonzepte im Bereich der Künstlichen Intelligenz

2.1 Übersicht

Trotz anspruchsvoller Attribute - wie etwa denen der "Nonprozeduralität", 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.

18) Vgl. Zelewski (1986a), S. 56ff., und die dort angegebene Literatur; vgl. insbesondere auch Feigenbaum (1984), S. 310ff.; Rault (1984), S. 20f., Hahn (1985), S. 337ff.; Harmon (1985), S. 268ff.; o.V. (1986b), S. 17ff.; und die umfangreiche Auflistung (107 Seiten!) in Artificial Intelligence Software S.R.L. (1986), S. 17ff.

19) Harmon (1985), S. 224, führt an, bereits bis zum Juli 1984 hätten US-amerikanische venture capital-Betriebe mehr als 100 Mio. US-\$ in 40 solche kleinen Pionierbetriebe investiert.

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 Exemplaren²⁰⁾, 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. Der Verf. unterbreitet schließlich Vorschläge für Arbeitsdefinitionen, die in den nachfolgenden Kapiteln vorausgesetzt werden. Unter Rekurs auf das nominalistische Konzept der Begriffsbildung erheben sie keinerlei Anspruch, "wesentliche" Begriffsinhalte in allgemeinverbindlicher Weise auszudrücken. Ebensowenig vermögen sie 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 Intelligenz²¹⁾ wird die Synthese und die Analyse artifizierender, 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

20) Vgl. Pyper (1987), S. 35; Kempkens (1987), S. 78; Schmidt (1987), S. 17. Mertens, der als Experte für betrieblich genutzte KI-Produkte gilt, rechnet im deutschsprachigen Raum in Mertens (1986), S. 913(ff.) nur mit 10 laufenden Systemen (Stand April 1986), während er auf S. 910ff. insgesamt 275 Zuordnungen von Expertensystem-Projekten und betrieblichen Funktionsbereichen nennt (wobei allerdings Mehrfachzuordnungen von multifunktionalen Expertensystemen nicht ausgeschlossen sind); in o.V. (1986d), S. 17, wird dagegen Mertens mit der Angabe von weltweit 113 Expertensystemen zitiert. Vgl. zu weiteren Auflistungen die Literaturangaben am Ende von Kapitel 3.1.

21) Vgl. als Übersichtsdarstellungen über das Gebiet der Künstlichen Intelligenz Barr (1981), Barr (1982), Cohen (1982), Shapiro (1987).

menschlichen Eingriffen in autonomer Weise entfalten sollen, gehören sie zur Klasse der Automaten. Darüber hinaus wird zur Zeit ausnahmslos unterstellt, daß diese Automaten ihre Leistungen aufgrund von informationsverarbeitenden Prozessen realisieren²²⁾. Folglich läßt sich das Erkenntnisobjekt der KI-Forschung durch die Klasse der intelligenten informationsverarbeitenden Automaten - kurz: intelligente Automaten - charakterisieren. Solche Automaten lassen sich in die Klassen der Expertensysteme und der intelligenten Roboter zergliedern. Diese Klassen stehen jedoch nicht gleichberechtigt nebeneinander. Vielmehr können intelligente Roboter jeweils als ein Komplex aus einem Expertensystem-Kern und einer Peripherie, die von Sensoren und Effektoren gebildet wird, aufgefaßt werden. Daher ist es zulässig, Expertensysteme - in einer vorläufigen Vereinfachung - als zentrales KI-Konzept mit intelligenten Automaten gleichzusetzen.

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 gefunden²³⁾, 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. ...

22) 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 Sensoren bzw. Effektoren der Fall. Solche weiteren Prozeßarten werden aus definitorischer Sicht jedoch nur als akzidentielle Erweiterungen betrachtet, die auch außerhalb der KI - etwa im Rahmen der Robotik - erforscht werden.

23) Vgl. z.B. die Wiedergabe bei Mertens (1983), S. 688ff.; ähnlich auch Schnupp (1986), S. 8f.

Ein Expertensystem ist ein Rechensystem, der²⁴⁾ die ... bezeichnete Tätigkeit teilweise mechanisiert."²⁵⁾ "Ein als Beratungssystem ausgebautes Expertensystem besteht aus folgenden Komponenten: ... die Wissensbasis ... die Problemlösungskomponente ... die Erklärungskomponente ... die Wissensakquisitionskomponente ... die Dialogkomponente."²⁶⁾

- Puppe hebt den Aspekt der Nachahmung menschlicher Fähigkeiten hervor: "Expertensysteme sind Computerprogramme, die Fähigkeiten von Experten simulieren sollen."²⁷⁾
- 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."²⁸⁾
- 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."²⁹⁾
- 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."³⁰⁾
- 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."³¹⁾

24) Zitiert nach dem Original; gemeint ist wohl "das".

25) Raulefs (1982), S. 62.

26) Raulefs (1982), S. 63; vgl. auch dort die Strukturdarstellung durch Abb. 1.1.

27) Puppe (1986), S. 1. Ähnlich spricht Weizenbaum (1982), S. 268, von einer "Maschine nach dem Bild des Menschen".

28) Stefik (1982), S. 135f.

29) Bruderer (1978), S. 9.

30) Bungers (1984), S. 3.

31) Feigenbaum (1980), S.1.

- 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 ... :"³²⁾ "Verarbeitung natürlicher Sprache ... Expertensysteme ... Deduktionssysteme ... Robotertechnologie ... Computersehen"³³⁾

In diesen Definitionen werden mehrere Aspekte miteinander vermengt, die der Klarheit halber getrennt dargestellt werden:

- Die leistungsbezogenen Ansätze heben bestimmte Fähigkeiten von intelligenten Automaten - vor allem die Nachahmung von menschlichem Verhalten oder die Lösung von Problemen³⁴⁾ - hervor³⁵⁾.
- Die qualifizierenden Zusätze schränken den Gültigkeitsbereich des Begriffs intelligenter Automaten auf Fähigkeiten einer bestimmten Mindest-Anspruchshöhe ein. Es handelt sich um Ergänzungen zu den leistungsorientierten Ansätzen³⁶⁾.
- Die strukturorientierten Konzepte kennzeichnen Expertensysteme durch charakteristische Komponenten, die im Rahmen der konventionellen Informationsverarbeitung als Softwaremodule nicht explizit hervorgehoben werden³⁷⁾.

32) Siekmann (1982), S. 3.

33) Siekmann (1982), S. 3ff.

34) Problemlösung bezeichnet hierbei keinen Unterfall menschlichen Verhaltens, da - wie aus der Definition von Bruderer ersichtlich wird - Problemlösungen auch in einer Weise erfolgen können, die nicht der typisch menschlichen Vorgehensweise entspricht. Näheres hierzu findet sich bei Zelewski (1986a), S. 135f. u. 353.

35) Vgl. die o.a. Zitate von Raulefs, Puppe, Stefik, Bruderer und Bungers; vgl. auch die Ausführungen in Abschnitt 2.2.

36) Vgl. die o.a. Zitate von Raulefs, Puppe und Stefik.

37) Vgl. das o.a. Zitat von Raulefs und die Ausführungen in Abschnitt 2.3; vgl. auch Mertens (1983), S. 689; Schmitz (1986), S. 500ff.; Warnecke (1986), S. 548f.

- Die ressourcenbezogenen Varianten heben einen bestimmten Input bei der Informationsverarbeitung intelligenter Automaten - das Wissen - hervor³⁸⁾.
- Der objektorientierte Ansatz stellt Symbole - anstatt von konventionellen Daten - als Objekte der Informationsverarbeitung durch intelligente Automaten heraus³⁹⁾.
- Die programmierbezogene Variante erweitert den objektorientierten Ansatz in der Weise, daß sie unterstellt, die Realisierung von intelligenten Automaten beruhe auf spezifischen, nicht-konventionellen Programmiertechniken⁴⁰⁾.
- Die methodenorientierten Konzepte heben die Anwendung KI-spezifischer Vorgehensweisen bei der Informationsverarbeitung hervor⁴¹⁾.
- Die funktionsbezogenen Ansätze charakterisieren intelligente Automaten durch die Aufgaben (Anwendungsgebiete), zu deren Erfüllung sie (hauptsächlich) entwickelt werden⁴²⁾.

38) Vgl. das o.a. Zitat von Bungers und di Primio; vgl. auch Feigenbaum (1980), S. 1f.; Hayes-Roth (1983), S. 5ff.; Harmon (1985), S. 5ff.; Schmitz (1986), S. 500 u. 504f.

39) Vgl. das o.a. Zitat von Feigenbaum; vgl. auch Nilsson (1974), S. 779; Newell (1982), S. 37, 41f. u. 46ff.

40) Vgl. Harmon (1985), S. 7ff. u. 79ff.; Schmitz (1986), S. 509f.; Bobrow (1986), S. 891; Stoyan (1987), S. 68ff.

41) Vgl. Nilsson (1974), S. 780; Siekmann (1982), S. 3 u. 6; Hennings (1985a), S. 22f.; Hahn (1985), S. 368 u. 370f.; Schmitz (1986), S. 499 u. 502ff.; Puppe (1986), S. 3ff.

42) Vgl. Nilsson (1974), S. 780; Siekmann (1982), S. 3ff.; Mertens (1982), S. 695f.; Raulefs (1982), S. 62 u. 64; Lehmann (1984), S. 10; Hennings (1985a), S. 17ff.; Hahn (1985), S. 169ff. u. 368ff.; Mertens (1986), S. 908ff.

Von diesen definitorischen Dimensionen wird nur auf die leistungs- (einschließlich ihrer Zusätze), die struktur- und die funktionsbezogene Variante näher eingegangen⁴³).

2.2 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 mensch-

43) 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 Ausdrücken - nicht eben der Symbolcharakter zukommen sollte wie den Objekten "intelligenter" natürlichsprachlicher 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.

lichen Gehirns nachbilden und hierdurch zur Erklärung des menschlichen Denkens beitragen sollen⁴⁴⁾.

Der Simulationsmodus ist unter den Definitionskonzepten für die Künstliche Intelligenz am weitesten verbreitet⁴⁵⁾. 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-Test⁴⁶⁾ herangezogen. Bei diesem Test kann eine Person(engruppe) mittels 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 - aus-

-
- 44) Dem Explanationsmodus zuzurechnen sind z.B. das Perceptron-Modell als künstliches neuronales Netz (vgl. Rosenblatt (1961), S. 225ff.), der Automat EPAM zur Nachbildung von Gedächtnisleistungen (vgl. Feigenbaum (1963), S. 101ff.) und neuere Untersuchungen zur assoziativen Erinnerung (vgl. Beste (1986), S. 17). Hierzu zählen im weitesten Sinne auch jüngste Arbeiten zur Entwicklung paralleler Automaten-Architekturen, die - in Anlehnung an das Forschungskonzept der Bionik - besonders hohe Verarbeitungsleistungen durch neuronale Architekturprinzipien in Verbindung mit opto-elektronischen, parallel arbeitenden Bauelementen zu verwirklichen suchen; vgl. z.B. Abu-Mostafa (1987), S. 54ff.
- 45) Vgl. z.B. Schmitz (1986), S. 499; Puppe (1986), S. 1; und die bei Zelewski (1986a), S. 113, Fußnote 1, angegebenen Quellen.
- 46) Vgl. Turing (1950), S. 433f.

gegrenzt. 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 jünster Zeit Schachautomaten aber die Spielstärke von internationalen Großmeistern erreicht haben⁴⁷⁾, 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 lösen⁴⁸⁾. 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

47) 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.

48) Vgl. Bruderer (1978), S. 9; Stefik (1982), S. 135; sowie die bei Zelewski (1986a), S. 134f., angeführten Quellen.

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 Systemleistungen⁴⁹⁾ - etwa die Erkenntnis, daß es sich bei einer Giraffe um ein Säugetier handele, - mit dem Expertenanspruch der Systembezeichnung vergleichen ("Trivialisierung von Expertensystemen"). Andererseits würde 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

49) Vgl. Schmidt (1987), S. 17.

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 programmieren 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.

2.3 Strukturbezogene Definitionskonzepte

Von den strukturbezogenen Ansätzen zur Konkretisierung des Begriffs intelligenter Automaten ist der bereits eingangs erwähnte, auf Raulefs zurückgehende am weitesten verbreitete ("Standardschema"). Hiernach setzt sich ein Expertensystem aus folgenden Komponenten zusammen⁵⁰⁾:

- 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 seines Zustandekommens läßt sich auf diese Weise belegen.
- Die Dialogkomponente realisiert die kommunikative Schnittstelle zwischen dem Expertensystem und seinem Benutzer.

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 (de-

50) Vgl. auch die Strukturschemata im Anhang.

klarativer Aspekt des "Was?", die Problemspezifizierung) und Ablaufbeschreibung der Aufgabenerfüllung (prozeduraler Aspekt des "Wie?", die Problemlösung im Sinne eines Verfahrensablaufs) in zwei getrennte Strukturblöcke aufgelöst⁵¹).

Von dieser Separation 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 gelangen⁵²).

In jüngster Zeit erfolgt sogar eine qualitative Fortentwicklung der Wissenskomponente im Rahmen der "Expertensysteme der 2. Generation" mit "tiefen Wissensbasen"⁵³). 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 werden⁵⁴). Im Hinblick auf Diagnose-Automaten bedeutet das assoziative Paradigma z.B., daß heuristische Regeln beobachtete Funktionsstörungen (Symptome) mit Ursachen-Hypothesen verknüpften, die sich in der Vergangenheit bewährt haben. Dieses Diagno-

51) Die konventionelle Informationsverarbeitung unterscheidet noch 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. Anderer Ansicht ist jedoch Mertens (1983), S. 688, der für Expertensysteme eine Dreiteilung in Wissensbasis, Problemlöser und Daten als charakteristisch ansieht.

52) Vgl. z.B. die oben - anläßlich des Explanationsmodus - angeführten Forschungen zur Thematik paralleler, "neuronaler" Automaten-Architekturen.

53) Vgl. Hart (1982), S. 12ff.; Chandrasekaran (1983), S. 425ff.; Raulefs (1984), S. 4f.; Steels (1986), S. 270ff.; Bobrow (1986), S. 881; Kassel (1987), S. 315ff.; Steels (1987), S. 475ff., insbesondere S. 478ff.

54) Vgl. z.B. Mertens (1983), S. 688f.

sewissen bleibt "flach", weil es kein Verständnis der inneren Funktionsweise des Objekt-Systems besitzt (black box-Konzept). Die nunmehr verstärkt 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 Wissenssegmentierung 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 übereinandergestufteter 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"⁵⁵⁾ in die Wissensbasis zunehmende Beachtung erlangt, um das Leistungspotential von Expertensystemen - vor allem im Hinblick auf Fähigkeiten des "gesunden Menschenverstands" (common sense reasoning)⁵⁶⁾ - 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 Aufgabebearbeitung 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

55) Hierzu kann auch das vorgenannte lexikalische Wissen gerechnet werden, sofern es sich nicht um aufgaben-spezifische Fachausdrücke handelt.

56) Vgl. Lenat (1985), S. 4ff.; Zelewski (1986a), S. 366ff.

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 abgespeichert⁵⁷⁾. Auch ist auf das Konzept der semantischen Rahmen ("frames")⁵⁸⁾ zu verweisen, das einerseits der Repräsentation von Wissen im Rahmen der Wissensbasis dient, andererseits aber speziell dafür ausgelegt ist, auch Prozedurbeschreibungen als Wissensbestandteile aufzunehmen. Des weiteren kann die Problemlösungskomponente deklarative Wissensbestandteile beinhalten, so daß ihre Charakterisierung als rein prozedural nicht zu überzeugen vermag. Schließlich läßt sich zeigen, daß Extremfälle existieren, in denen nicht einmal die Begriffe der Deklarativität und Prozeduralität streng voneinander abgegrenzt werden können⁵⁹⁾.

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 unterstützt⁶⁰⁾, so ist Zusatzwissen über die Fähigkeiten des Expertensystems (Automatenmodell) und die Unterstützungswünsche des Benutzers (Benutzeremo-

57) 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.

58) Vgl. Minsky (1975), S. 211ff.; Fox (1983), S. 34ff.

59) Vgl. Zelewski (1986a), S. 153ff., insbesondere S. 158f.

60) Näheres zu kooperativen Schnittstellen von Expertensystemen im 4. Kapitel.

dell) erforderlich. Wissensakquisitions- und Erklärungs-komponenten 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 Erklärungs-komponente 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-Maschi-

ne-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. Auch ist es möglich, den Aspekt der Schnittstellen des Automaten zu seiner Umwelt dadurch zu verallgemeinern, daß die Einengung des Standardschemas auf Beratungssysteme⁶¹⁾ aufgehoben wird: Durch die Einbeziehung weiterer Strukturkomponenten⁶²⁾ in der Gestalt von Sensoren und Effektoren einschließlich der zugeordneten Prä- bzw. Postprozessoren können z.B. auch intelligente Roboter erfaßt werden.

Ein in wesentlichen Gesichtspunkten erweitertes Strukturschema wurde von einer Arbeitsgruppe der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH/Bonn vorgestellt⁶³⁾. 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 "Interpreteerbasis" - unverän-

61) Vgl. Raulefs (1982), S. 63.

62) Vgl. zu solchen erweiterten Strukturschemata Lehmann (1984), S. 27ff.; Raulefs (1985), S. 21ff.; Hennings (1985a), S. 43 u. 46ff.; Zelewski (1986a), S. 163ff. u. 277f., sowie die Abbildungen im Anhang.

63) Vgl. Bungers (1984), S. 6ff.

dert. Gleiches gilt für die Dialogkomponente, die nun als Kommunikations-Komponente bezeichnet wird. Neuartig sind dagegen das Aktive Teilsystem und die Verwaltungskomponente.

Das Aktive Teilsystem lädt jeweils diejenigen Teile der Wissens- und der Interpretierbasis, 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 Problemlösens⁶⁴⁾ dar, das sich noch in der Phase intensiver Grundlagenforschung befindet.

2.4 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

64) Vgl. Durfee (1985), S. 1025ff.; Steeb (1986), S. 391ff.

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 soll⁶⁵):

- 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),

65) Vgl. Nilsson (1974), S. 780; Siekmann (1982), S. 3ff.; Mertens (1982), S. 695f.; Raulefs (1982), S. 62 u. 64; Lehmann (1984), S. 10; Hennings (1985a), S. 17ff.; Hahn (1985), S. 169ff. u. 368ff.; Mertens (1986), S. 908ff. Die Auflistung der Funktionsbereiche erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern faßt nur die in der Literatur vorherrschend genannten zusammen. Die Klammerzusätze enthalten jeweils übliche Bezeichnungen für intelligente Automaten, welche auf die Realisierung der aufgeführten Funktionen spezialisiert sind.

- 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-For-

schung⁶⁶⁾. 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 Verf. 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.

2.5 Vorschläge für Arbeitsdefinitionen im Bereich der Künstlichen Intelligenz

Künstliche Intelligenz sei als diejenige Disziplin verstanden, die sich mit Konzepten zur Gestaltung von intelligenten Automaten befaßt. Hierbei wird ein intelligenter Automat als ein informationsverarbeitendes System aufgefaßt, das 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 abgespeichert ist (interner Aspekt der Wissensbasierung).

66) Vgl. Zelewski (1986a), S. 241ff.

Als Unterfälle dieser allgemeinen Definition intelligenter Automaten lassen sich - durch Hervorhebung bestimmter Aspekte - des weiteren festlegen:

- 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 veränderlichen Umwelt befähigt sind, welche über die "konventionelle" Automatenumwelt hinausreicht, die durch menschliche Automatenbenutzer definiert wird. Konstitutiv für diesen erweiterten Umweltbezug ist die Fähigkeit intelligenter Roboter, selbständig ("autonom") Entscheidungen bezüglich ihres eigenen Verhaltens zu treffen, in der Realität auszuführen (-> Effektoren) und die realen Konsequenzen dieser Aktivitäten zu überwachen (-> Sensoren).

- 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.

Trotz dieses Vorbehalts lassen die Arbeitsdefinitionen deutlich werden, 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 vornehmlich deklarativer Wissensbasis einerseits, welche die vorgenannten Daten als "Fakten" neben anderen, aus den Programmen explizit herausgelösten Wissensbestandteilen enthält, und vornehmlich prozeduraler Problemlösungskomponente andererseits, welche die Verfahren ("Inferenzmechanismen") zur Wissensanwendung umfaßt.

Diese neuartige Segmentierungsweise des Gesamtwissens verspricht eine größere Systemflexibilität durch aufgabenangemessenere Systemmodularität: Das allgemeine, von bestimmten Anwendungsbereichen (weitgehend) unabhängige Modul der Problemlösungskomponente kann - ebenso wie die separaten Wissensakquisitions-, Erklärungs- und Dialogkomponenten - für verschiedenste Auto-

matenanwendungen 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 Repräsentationsschemata - für die deklarative Wissenspräsentation unterstützt wird. Bei konventioneller prozeduraler Programmierung müßte dagegen im Regelfall das gesamte Anwendungsprogramm 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") offerieren⁶⁷⁾, 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 allgemeines "Weltwissen" weitgehend - leeren Wissensbasen mit eigenen Inhalten aufzufüllen.

Die Neuartigkeit intelligenter Automaten kann auch in der Weise umschrieben werden, daß sie die konventionelle Art der expliziten Anwendungsprogrammierung durch eine implizite oder "virtuelle" Programmierung ersetzen, wobei auf ihre Eigenschaft der nonprozeduralen Benutzeroberfläche Bezug genommen wird. Die Problemlösungskomponente synthetisiert erst auf die Veranlassung des Automatenbenutzers, der ein Problem in nonprozeduraler Weise spezifiziert, eine explizite Prozedur ("Inferenzkette"), an deren Ende die Problemlösung - oder der Nachweis der Unmöglichkeit, das vorgegebene Problem zu lösen - steht. Die Problemlösungskomponente enthält somit implizit die Klasse aller Anwendungsprogramme, die durch den Zugriff auf die Informationen in der Wissensbasis zulässige Problemspezifizierungen zu bewälti-

67) Vgl. Harmon (1985), S. 92ff.; Zelewski (1986a), S. 1151ff.

gen vermögen. Das Schwergewicht der Automatenbenutzung wird von der Erstellung prozeduraler Anwendungsprogramme - bei konventioneller Informationsverarbeitung - hin zur Formulierung "adäquater" Problemspezifizierungen verlagert. Daher erlangen Schwierigkeiten der Problem-Konzeptualisierung und der Strukturierung schlecht-(vor-)strukturierter Probleme, die an dieser Stelle nur stichwortartig angerissen werden können, beim Einsatz intelligenter Automaten verstärkte Beachtung.

3 Anwendungsbereiche der Künstlichen Intelligenz

3.1 Rahmenlegung

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.

Dies wird an einer groben Übersicht über die wesentlichen betriebswirtschaftlichen Anwendungsgebiete von Produkten der KI-Forschung aufzuzeigen versucht. Dabei liegt der leistungsorientierte Ansatz im Sinne des Performanzmodus der Künstlichen Intelligenz zugrunde, da er in natürlicher Weise der pragmatischen Perspektive entspricht, durch den Einsatz informationsverarbeitender Automaten betriebliche Probleme zu lösen.

Infolge der Vielfalt von Produkten, die seitens der KI-Forschung seit Beginn der sechziger Jahre hervorgebracht wurden, und wegen der Absicht, an dieser Stelle nur eine grobe Orientierung über das breite Spektrum von Applikationen intelligenter Automaten zu ermögli-

chen, erfolgt eine strikte Beschränkung auf Hauptanwendungsgebiete und einige wenige herausragende Exemplare bereits realisierter Automaten. Detaillierte Beschreibungen können der einschlägigen Literatur entnommen werden⁶⁸⁾.

3.2 Intelligente Automaten im Basissystem

Das Basissystem eines Betriebs erstreckt sich auf die Produktion der Sachgüter oder Dienstleistungen, die durch das Sachzielprogramm als absatzbestimmte Produkte des Betriebs ausgewiesen sind.

Bei der Sachgüterproduktion finden Expertensysteme in der Variante der intelligenten oder autonomen Roboter Einsatz⁶⁹⁾. 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 und wie bereits oben ausgeführt - 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:

68) 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 (1985), 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); Zelewski (1986a), S. 513ff.; sowie die Beiträge in dem Sammelwerk Pau (1986a).

69) Vgl. Nagel (1984), S. 16ff.; Rembold (1985), S. 763ff., 811ff., 871ff. u. 909ff.; Brady (1985), 79ff.; Meystel (1987).

- das Identifizieren von Objekten in der durch Sensor-signale 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 Handhabungsaufgaben⁷⁰⁾;
- Entgraten, Schleifen, Säubern usw. von unregelmäßig geformten Werkstücken⁷¹⁾;
- Bahnschweißen von Werkstücken mit nicht von vornherein genau fixierter Schweißnaht, evt. verknüpft mit einer automatischen, situationsabhängig erfolgenden Optimierung der technischen Prozeßparameter⁷²⁾;
- Planen von Transportwegen zwischen Start- und Zielpunkt von nicht-spurgebundenen Transportrobotern, selbständiges Erkennen von Hindernissen im Transportweg und Ausweichen unter Anpassung des geplanten Transportwegs⁷³⁾;
- selbständige Notabschaltung der Roboteroperationen, wenn etwa ein Mensch in der Nähe entdeckt wird, der von den geplanten Roboteroperationen verletzt werden könnte⁷⁴⁾.

Unter dem Schlagwort der autonomen Roboter, bei deren Entwicklung besonderes Gewicht auf die Fähigkeit zur selbständigen Planung und Anpassung von Bewegung sowie Effektoroperationen gelegt wird, erfolgen Forschungsarbeiten für Automaten, die in Zukunft z.B. in der Mee-

70) Vgl. Kuntze (1984), S. 7ff., insbesondere S. 20ff.; Horn (1984), S. 76ff.

71) Vgl. Becker (1984), S. 189ff.

72) Vgl. Niepold (1982), S. 204ff.; Dilger (1987), S. 435ff.

73) Vgl. Giralt (1984), S. 365ff.; Rembold (1984), S. 43ff.; Freyberger (1985), S. 231ff.

74) Vgl. Haass (1984), S. 132ff.

restechnologie zur Rohstoffgewinnung⁷⁵⁾ oder in der Weltraumtechnologie zur Montage von Raumstationen eingesetzt werden sollen⁷⁶⁾.

Expertensysteme zur Unterstützung der Dienstleistungsproduktion werden in der Mehrzahl in der Gestalt von Auskunfts- 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-ANS⁷⁷⁾ (Zugriff auf Fischerei-Informationen) und PLANES⁷⁸⁾ (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 Anlageberatung⁷⁹⁾, der juristischen Beratung⁸⁰⁾ - einschließlich der Vertragsgestaltung⁸¹⁾ - der Versicherungsberatung⁸²⁾ sowie der allgemeinen Betriebsanalyse und -überwachung (Control-

75) Vgl. Blidberg (1983), S. 149ff.

76) Vgl. Klein (1982), S. 913ff.

77) Vgl. Nebel (1982), S. 392ff.

78) Vgl. Waltz (1982), S. 17ff.

79) Vgl. Davis (1976), S. 128ff. u. 150f.; Kosy (1984), S. 176ff.; Miller (1984), S. 69ff.; Baltes (1985), S. 2ff.; Iwasieczko (1986), S. 113ff.

80) Vgl. Cook (1981), S. 689ff.

81) Vgl. Sprowl (1979), S. 1ff.; Kowalewski (1986), S. 421ff.

82) Vgl. Jarke (1984), S. 68ff.; Sivasankaran (1985), S. 251ff.; v. Martial (1987), S. 272ff.

ling, Auditing, Wirtschaftsprüfung u.ä.)⁸³⁾ entwickelt⁸⁴⁾. Ein aktueller Ansatz mit mehrfachen Beratungsgebieten - z.B. im Kreditgewerbe - stellt das deutsche Verbundprojekt WISBER⁸⁵⁾ dar.

Zur Realisierung solcher benutzerfreundlichen Auskunfts- und Beratungssysteme läßt sich das Konzept der kooperativen (wissensbasierten) Benutzerschnittstellen heranziehen⁸⁶⁾. In der Mehrzahl wurden sie bisher entwickelt, um den Umgang mit externen, konventionell erstellten Datenbanksystemen zu erleichtern⁸⁷⁾. Eines der neuesten Exemplare im deutschsprachigen Raum stellt die Benutzerschnittstelle XTRA⁸⁸⁾ 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, die sich beispielsweise auch für den benutzerfreundlichen Zugriff auf intelligente Roboter (wissensbasierter Programmierungs-Dialog) und komplexe technische Produktionssysteme einsetzen lassen.

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 Verarbeitungsprogramm zu synthetisieren⁸⁹⁾, erweist sich nur für begrenzte Problemstellungen als erfolgreich.

83) Vgl. Dungan (1985), S. 210ff.; Schumann (1986), S. 517ff.; Sieben (1986), S. 533ff.; Dräger (1986), S. 2ff.

84) Solche Beratungssysteme lassen sich sowohl im Basis- als auch im Informationssystem eines Betriebs einsetzen, werden hier aber nur unter dem erstgenannten aufgeführt.

85) Vgl. Savory (1985), S. 241ff.; o.V. (1986c), S. 27; Schachter-Radig (1986), S. 255f.

86) Näheres hierzu im 4. Kapitel.

87) Vgl. die Übersicht bei Zelewski (1986a), S. 608ff. (sowie die Anmerkungen auf S. 466f. ebenda).

88) Vgl. Allgayer (1986), S. 119ff., insbesondere S. 122ff.

89) Vgl. Brown, R.H. (1981), S. 998ff.; Buchberger (1984), S. 180ff.

Neuere Ansätze konzentrieren sich daher auf die interaktive Softwareproduktion, bei der Expertensysteme ihre Benutzer durch Wissen über Entwurfs- und Verifizierungstechniken unterstützen⁹⁰⁾.

3.3 Expertensysteme im Informationssystem

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 Funktions-Bereiche läßt sich zwischen Betriebsverwaltung und -leitung unterscheiden. Im Hinblick auf die Art der erfüllten Funktionen wird zwischen der Gestaltung von Produktionspotentialen, Produktionsprozessen und Produkten differenziert.

Im Bereich der Betriebsverwaltung 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 einzulesen⁹¹⁾. Weitergehende Ansätze erlauben auch das Erkennen handschriftlicher Eingaben, etwa zum Zweck von Aktennotizen⁹²⁾. Die Verarbeitung akustischer Sprachmuster soll u.a. dazu führen, mündliche Diktate unmittelbar in Schriftform zu transformieren⁹³⁾.

Expertensysteme für die Informationsverarbeitung dienen im Verwaltungsbereich insbesondere der intelligenten Textverarbeitung⁹⁴⁾. Hierzu rechnet die inhalt-

90) Vgl. Kant (1979), S. 457ff.; Green (1982), S. 339ff.

91) Vgl. Schürmann (1984), S. 23ff.; Franke (1986), S. 149ff.

92) Vgl. Okada (1982), S. 898ff.; Doster (1984), S. 3ff.

93) Vgl. Andreewsky (1983), S. 13ff.; Allen (1983), S. 184ff.; vgl. allgemein zur betrieblichen Anwendung spracherkennender und -verarbeitender Automaten Preissner-Polte (1987), S. 182ff.

94) Vgl. Balzert (1984), S. 37ff.; Schumann (1985), S. 931ff.

liche 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 ausführen. Die Realisierung dieser Funktionen wird z.B. mit den Automaten EPISTLE⁹⁵⁾ und EPIKUR⁹⁶⁾ angestrebt.

Das Konzept der wissensbasierten Korrespondenzbearbeitung wird verallgemeinert durch Expertensysteme, die den Informationsfluß in Betriebsverwaltungen 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 sein⁹⁷⁾. Einen Ansatz in dieser Richtung stellt das Exemplar LENS⁹⁸⁾ dar. Ähnliche, aber in ihrer Funktionalität eingeschränktere Expertensysteme unterstützen nur beim Verfassen verwaltungsspezifischer Formulare, wie z.B. der Abrechnung von Dienstreisen durch den Automaten ODYSSEY⁹⁹⁾.

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 beantworten¹⁰⁰⁾. Im Rahmen multinationaler Betriebsaktivitäten gewinnen in jüngster Zeit Expertensysteme für die teil-automatische Textübersetzung von Ge-

95) Vgl. Heidorn (1982), S. 305ff., insbesondere S. 309ff.

96) Vgl. Rieder (1986), S. 135ff.

97) Vgl. Hayes (1983b), S. 286ff.

98) Vgl. Malone (1987), S. 382ff.

99) Vgl. Fikes (1981), S. 331ff.

100) Vgl. Gershman (1981), S. 423ff.; vgl. auch den beispielhaften Dialog in Kapitel 4.2.

schäftskorrespondenz, Produktbeschreibungen, Marktanalysen u.ä. an Bedeutung¹⁰¹⁾.

Der Bereich der Betriebsleitung 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 werden¹⁰²⁾.

Spezielle Beiträge der KI-Forschung erfolgen im Hinblick auf die strategische Betriebsplanung durch Automaten, welche die Simulation von Betriebsstrategien¹⁰³⁾ und die Analyse des Verhaltens von Konkurrenten erlauben. Sie basieren beispielsweise auf subtilen Explorationen strategischer Spiele - wie etwa das Expertensystem EURISKO¹⁰⁴⁾ - bzw. auf der Analyse von Handlungszielen in Episoden, die Verhaltensweisen von Personen (Konkurrenten) beschreiben¹⁰⁵⁾. Ein weiterer Ansatz berät bei der Planung von markt- und technologiebezogenen Betriebsstrategien im Rahmen der Portfolio-Technik¹⁰⁶⁾.

Intelligente Frühwarnsysteme werden konzipiert¹⁰⁷⁾, die in großvolumigen Informationssammlungen - etwa Pressearchiven - durch inhaltliche Informationsanalysen Hinweise auf mögliche Strukturbrüche in der Entwicklung der Betriebsumwelt aufdecken sollen. In Verbindung mit Simulationssystemen, die in ihren Wissensbasen u.a. Betriebsmodelle verwalten, lassen sich erwartete Konsequenzen der erkannten Entwicklungs-Diskontinuitäten aus der Sicht der betroffenen Betriebe abschätzen.

101) Vgl. Potzner (1985), S. 614 u. 618f.; Cordroch (1986), S. 56f.

102) Vgl. Blanning (1985), S. 153ff.; Goul (1985), S. 73ff., 90ff. u. 122ff.; Demetrius (1986), S. 236ff.

103) Vgl. Fordyce (1986), S. 31ff.; Pau (1986b), S. 107ff.

104) Vgl. Lenat (1983b), S. 73ff.

105) Vgl. Hayes (1983a), S. 264ff.

106) Vgl. Kraetzschmar (1986), S. 12ff.

107) Vgl. Clippinger (1983), S. 66f.; Lenat (1983a), S. 259ff.; Zelewski (1986b), S. 13ff.

Unter dem Stichwort des "Büros der Zukunft"¹⁰⁸⁾ 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 AiD¹⁰⁹⁾ dar. Ein breit angelegtes Konzept zur Integration mehrerer Expertensysteme, die jeweils unterschiedliche Funktionsbereiche unterstützen, in einem einheitlichen wissensbasierten Bürosystem wird im Verbundprojekt WISDOM¹¹⁰⁾ zur Zeit entwickelt und in ersten Teilen implementiert.

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 erwähnen¹¹¹⁾. Darüber hinaus lassen sich die o.a. Beratungssysteme einsetzen, um die Anwendung konventioneller Prognosemethoden zur Ermittlung des voraussichtlichen Materialbedarfs zu unterstützen¹¹²⁾. 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 Materi-

108) Vgl. Holl (1982), S. 65ff.; Scheer (1984), S. 171ff.

109) Vgl. Hein, H. (1984a), S. 2ff.

110) Vgl. Balzert (1987), S. 37ff.

111) Vgl. Bunke (1978), S. 126ff.

112) Vgl. Weitz (1985), S. V, 5f., 26ff., 46ff u. 59ff.; Haux (1986), S. 316ff.

aldisposition unter den Aspekten des wirtschaftlichen und sicheren Beschaffungswesens¹¹³⁾.

Im Bereich der Personalwirtschaft werden Expertensysteme für die Personaleinsatzplanung entwickelt¹¹⁴⁾. 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 unerstützen. 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 aus¹¹⁵⁾. Ein Beispiel für solche Tutorsysteme ist das Exemplar GUIDON¹¹⁶⁾.

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 XCON¹¹⁷⁾ und SICONFEX¹¹⁸⁾ - 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 Getriebe-

113) Vgl. Krallmann (1986), S. 565ff.; Keune (1986), S. 8f.

114) Vgl. Pease (1978), S. 725ff.

115) Vgl. Ford (1984), S. 106ff.; Gunzenhäuser (1984), S. 239ff.; Harmon (1985), S. 236ff.

116) Vgl. Clancey (1984), S. 464ff.; Ford (1984), S. 115ff.

117) Vgl. Kraft (1984), S. 41ff.

118) Vgl. Lehmann (1985), S. 794ff.

befertigung¹¹⁹⁾, ein Expertensystem zur Fehlerdiagnose von CNC-Maschinen¹²⁰⁾ und der Automat CATS/DELTA zur Wartung von dieselelektrischen Lokomotiven¹²¹⁾ 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 NPPC¹²²⁾ und REACTOR¹²³⁾ 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 Wissen¹²⁴⁾. 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 vor¹²⁵⁾.

119) Vgl. Klar (1985), S. 43ff.

120) Vgl. Eichhorn (1987), S. 121ff.

121) Vgl. Pratt (1984), S. 40f.; Miller (1984), S. 154ff.

122) Vgl. Underwood (1982), S. 302ff.

123) Vgl. Nelson (1982), S. 296ff.

124) Vgl. Eastman (1973), S. 41ff.; Fisher (1985), S. 176ff.; Kloth (1987), S. 422ff.

125) Vgl. Iwata (1975), S. 782ff.; Iudica (1984), S. 199f.

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 hervorgebracht¹²⁶⁾. Zur erstgenannten Gruppe zählt der Automat GUMMEX¹²⁷⁾, zur letztgenannten rechnen die Exemplare GARI¹²⁸⁾ und ISIS/IMS¹²⁹⁾. Neuerdings wird auch der Einsatz von Expertensystemen zur Steuerung von Flexiblen Fertigungssystemen erörtert¹³⁰⁾. Für die Fließfertigung liegt dagegen nur ein nennenswerter, bereits weit zurückliegender Ansatz zur Fließbandabstimmung vor¹³¹⁾. Darüber hinaus werden mehrere Ansätze verfolgt, Expertensysteme für die Realzeit-Steuerung von komplexen technischen Produktionssystemen zu entwickeln¹³²⁾. 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 Exper-

126) Vgl. Nau (1983), S. 254 u. 256ff.; Grasmück (1985), S. 1ff.; Ben-Arieh (1985), S. 285ff.; Mouleeswaran (1986), S. 2ff.

127) Vgl. Iudica (1985), S. 22ff.

128) Vgl. Descotte (1981), S. 766ff.; Descotte (1985), S. 185ff.

129) Vgl. Fox (1983), S. 97ff. u. 143ff.; Fox (1984), S. 27ff.

130) Vgl. Kusiak (1987), S. 2ff.

131) Vgl. Tonge (1963), S. 144ff.

132) Vgl. Wittig (1985), S. 384ff.; Eiben (1987), S. 102ff.; Carls (1987), S. 394ff.

tensysteme 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)¹³³⁾. Ferner wurde ein Konzept für die wissensbasierte Beratung bei der Methodenauswahl für die statistische Qualitätskontrolle vorgestellt¹³⁴⁾.

Für die Verlängerung des Produktionsprozesses in die Betriebsumwelt - den Absatzbereich - wurden dagegen bisher keine wesentlichen Beiträge der KI-Forschung bekannt. Allenfalls lassen sich Expertensysteme zur Marktbeobachtung - wie etwa das Exemplar D&I¹³⁵⁾ - und eine konzeptionelle Analyse der Gestaltungsmöglichkeiten von Marketing-Expertensystemen¹³⁶⁾ anführen.

Bei der Produktgestaltung lassen sich Expertensysteme einsetzen, um als intelligente CAD-Automaten¹³⁷⁾ 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)¹³⁸⁾ oder alternative Werkstoffverwendungsmöglichkeiten¹³⁹⁾ in den Konstruktions-

133) Vgl. Chin (1982), S. 557ff.; Sood (1985), S. 69ff.; Hättich (1986), S. 1ff.

134) Vgl. Lenz (1986), S. 75ff.

135) Vgl. Csima (1983), S. 53ff.

136) Vgl. Grünwald (1985), S. 28ff.

137) Vgl. Brown, D.C. (1983), S. 173ff.; Pegels (1984), S. 144ff.; Bullinger (1986), S. 272ff.; Schönsleben (1987), S. 195ff.

138) Vgl. Ishizuka (1983), S. 99ff.

139) Vgl. Fehsenfeld (1987), S. 199ff.

prozeß einbinden. Expertensysteme, die jeweils Teilaspekte des umrissenen Funktionsspektrums intelligenter CAD-Systeme abdecken, sind die Automaten CADHELP¹⁴⁰⁾ (Beratungssystem) und SACON¹⁴¹⁾ (Anwendung der Finite Elemente-Methode).

Eine beachtliche Anzahl von Expertensystemen wurde für die speziellen Aufgaben der Konstruktion von elektronischen Bauelementen¹⁴²⁾ - insbesondere VLSI-Schaltkreisen - und des Entwurfs chemischer Verbindungen¹⁴³⁾ hervorgebracht. In jüngster Zeit werden auch Expertensysteme für die kundenspezifische Gestaltung komplexer Produkte (z.B. Stückgüter, Bildverarbeitungssysteme) diskutiert¹⁴⁴⁾, die auf dem - bereits o.a. - Konzept der Konfigurierung von (Computer-)Systemen beruhen.

140) Vgl. Cullingford (1982), S. 168ff.

141) Vgl. Bennett (1979), S. 47ff.

142) Vgl. Lenat (1983b), S. 88ff.; Schindler (1984), S. 132ff.; Blondin (1984), S. 143ff.

143) Vgl. Gelernter (1977), S. 1041ff.; Wipke (1984), S. 71ff.; Miller (1984), S. 174ff.

144) Vgl. Böhm (1986), S. 111ff.; Troeder (1986), S. 210ff.; Neumann (1986), S. 207ff.

4 Exemplarische Betrachtung von kooperativen Benutzerschnittstellen

4.1 Grundlegende Konzepte für die intelligente Mensch-Maschine-Kommunikation

Mit dem Konzept der kooperativen Benutzerschnittstellen¹⁴⁵⁾ wird das Ziel verfolgt, die 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 "konviivialer Systeme"¹⁴⁶⁾ umschrieben.

Kooperative Benutzerschnittstellen dienen in ihrer derzeit am häufigsten erörterten Variante dazu, Informationen ("Daten") aus unmittelbar angeschlossenen ("internen") oder unabhängig existierenden ("externen") Datenbanksystemen zu vermitteln. Darüber hinaus werden sie aber auch schon herangezogen (wie bereits im 3. Kapitel angedeutet wurde), um die informationsvermittelnden Schnittstellen zu beliebigen anderen informationsverarbeitenden Automaten, insbesondere auch zu Expertensystemen, und zu komplexen Produktionssystemen zu bilden. Nachfolgend wird jedoch von der Standardanwendung des Datenbankzugriffs ausgegangen.

145) Vgl. Hayes (1983), S. 231ff.; Kaplan (1983), S. 167ff.; 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.

146) Vgl. Fischer (1981), S. 409ff.

Den Schwerpunkt der Gestaltung kooperativer Benutzerschnittstellen bildet die Entwicklung wissensbasierter, natürlichsprachlicher Automaten¹⁴⁷⁾. Es wird auf ihr Leistungspotential jedoch nur insoweit reflektiert, als sich Bezüge zur kooperativen Informationsvermittlung herstellen lassen¹⁴⁸⁾. 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 verwirklicht¹⁴⁹⁾. 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. Elaborierte 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.

147) Vgl. als Übersichtsdarstellungen Lehnert (1982); Wahlster (1982), S. 203ff.; Guenther (1986), S. 162ff.

148) Dieser Überblick beruht auf Zelewski (1986a), S. 462ff.

149) 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 Sclafe (1983), S. 420ff.; Winograd (1984), S. 88 u. 96; Zelewski (1986a), S. 960ff.

Das inhaltliche Sprachverständnis wird durch Benutzermodelle¹⁵⁰⁾ erweitert, in denen kooperative Benutzerschnittstellen Wissen über das spezielle Vorwissen und Informationsinteresse ihrer Benutzer verfügen. 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 Techniken der Künstlichen Intelligenz 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 Datenbankantwort 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 Überbeantwortung¹⁵¹⁾ 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 her-

150) Näheres hierzu z.B. bei Jackson (1984), S. 63ff.; Kobsa (1985), S. 2ff., insbesondere S. 10ff., 153ff. u. 171ff.; Sutton (1985), S. 127ff.; Sleeman (1985), S. 1298ff.

151) Vgl. Wahlster (1983), S. 643ff.; Marburger (1985), S. 141ff.

angetragen wird, sondern eine Erweiterung zu einem Spektrum ähnlicher, aber nicht identischer Anfragen erfolgt. Zu diesem Zweck wird die natürlichsprachliche Anfrageformulierung als eine unscharfe Äußerung aufgefaßt, die sich in ein semantisches Netz von inhaltsverwandten sprachlichen Konstrukten einbetten läßt. Da in einem solchen Netz¹⁵²⁾ der Abstand zwischen Netzknoten der inhaltlichen Ähnlichkeit der jeweils repräsentierten Konstrukte entspricht, kann der Benutzer durch die Festlegung einer maximalen Assoziationstiefe im semantischen Netz vorgeben¹⁵³⁾, wie weit seine explizite Informationsnachfrage mit inhaltlich ähnlichen Nachfragen verknüpft werden soll¹⁵⁴⁾.

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 sind¹⁵⁵⁾. 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 geeigneten

152) Vgl. die Beiträge in dem Sammelwerk Findler (1979); Schwarz (1984), S. 135ff.

153) Hiermit korrelieren in positiver Weise sowohl die Chance, relevante Informationen aufzufinden, welche durch die explizite Anfrage bei strenger inhaltlicher Auslegung nicht als solche erkannt worden wären, als auch die Gefahr, durch zu starke Ausweitung des abgesuchten Ähnlichkeitsbereichs irrelevante Informationen zu sammeln. Auf jeden Fall steigt der erforderliche Ressourceneinsatz mit zunehmender Assoziationsreichweite, so daß sich hier ein - bislang ungelöstes - ökonomisches Optimierungsproblem stellt.

154) Vgl. Nakamura (1983), S. 560ff.; Nowak (1984), S. 104 u. 109 i.V.m. S. 107ff.

155) Vgl. Suwa (1984), S. 159ff.

sten 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 auszuweiten¹⁵⁶⁾. Hierbei übernimmt die Schnittstelle die Aufgabe, das in ihrem Benutzermodell gespeicherte Wissen anzuwenden, um in bestimmten, ebenfalls vom Benutzer festgelegten Zeitintervallen selbständig die angeschlossenen Datenbanksysteme 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 aggregiert¹⁵⁷⁾ - dem Benutzer als aktualisierende Überbeantwortung seiner ursprünglichen Anfrage übermittelt werden.

4.2 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 exemplarisch der Dialog mit einer bereits verwirklichten Schnittstelle - dem natürlichsprachlichen Automaten HAM-RPM¹⁵⁸⁾ - dargestellt sowie in bezug auf die erfüllten Sprach- und Kooperationsleistungen kommentiert.

156) Vgl. Knoblich (1985), S. 571; o.V. (1986f), S. 27.

157) Vgl. Rosenberg (1981), S. 286f.

158) Vgl. zu diesem Automaten (HAMburger RedePartnerModell) Jameson (1980), S. 449ff.

Der ursprüngliche Anwendungsbereich - die Vermittlung eines Hotelzimmers¹⁵⁹⁾ - erscheint im Hinblick auf die betriebliche Informationsverarbeitung nicht glücklich gewählt. Daher wurde er vom Verf. - 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.

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.

159) Der Dialogwortlaut findet sich im Original in o.V. (1984), S. 31. Er wird in Zelewski (1986c), S. 13ff., wiedergegeben und hinsichtlich der kooperativen Dialogleistungen des Automaten erläutert. Ähnliche Dialoge finden sich bei Jameson (1980), S. 453ff., und Hoepfner (1980), S. 5ff., der das Zustandekommen der Automatenantworten ausführlich kommentiert. Der Nachfolger dieses Automaten HAM-ANS wurde für die kooperative Vermittlung von Informationen aus einer Fischerei-Datenbank eingesetzt; vgl. Nebel (1982), S. 394 u. 398. Dort (S. 392f. u. 401) wird auch der Anspruch erhoben, daß das natürlichsprachliche Konzept hinreichend weit ausgelegt sei, um für ein breites Feld kommerzieller Anwendungen eingesetzt werden zu können.

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 informatorisch überlastet würde und u.U. schnell das Kaufinteresse verlöre. Daher wird versucht, den Gesprächsfokus auf kleinere Unterklassen des Jugendzimmer-Angebots durch Erfragung 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 nicht zu weich gefedert.

HAM-RPM: Nein, 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 Präsumption des Kunden, daß das Bett notwendig einen Kern aus (Stahl-)Federn besitze. Infolge dieser Präsumptionsverletzung 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 "hinreichend" 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 (Meta-Interesse) 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 seine 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.

4.3 Erweiterung zu intelligenten Informationsbanksystemen

Kooperative Benutzerschnittstellen stützten sich auf die Anwendung von Vermittlungswissen, das sich in der Hauptsache auf Wissen über die natürlichsprachliche Informationsverarbeitung, über verfügbare Informationsquellen (Datenbankmodelle), über die Möglichkeiten des Zugriffs auf diese Quellen (Telekommunikationsmodelle) sowie über Informationsvoraussetzungen und -interessen der Informationsnachfrager (Benutzermodelle) erstreckt.

Wenn der Betrachtungsschwerpunkt vom bloßen Zugriff auf Informationen erweitert wird auf die umfassendere Perspektive der kooperativen Informationsverwaltung, die von der Aufnahme über die Speicherung bis zum Abruf von Informationen reicht, geht das Konzept der kooperativen Benutzerschnittstellen fließend in das der intelligenten Informationsbanksysteme über. Dabei spielt es keine wesentliche Rolle, ob ein solches Expertensystem selbst über einen breiten Fundus von Informationsquellen verfügt - und somit dem Pol der Datenbanksysteme nahestände - oder ob es hauptsächlich auf externe Informationsquellen zugreift, was dem Pol der Benutzerschnittstellen entspräche. Im Vordergrund stehen die realisierten Verwaltungsleistungen, nicht die Implementierungstechnischen Details der Verteilung von Informationsquellen.

Während kooperative Benutzerschnittstellen oben nur im Zusammenhang mit dem Zugriff auf Datenbanksysteme angesprochen wurden, ist das Konzept der intelligenten Informationsbanksysteme grundsätzlich offen gegenüber Informationsquellen jeder Art. So kann ein Informationsbanksystem durch eine Komponente mit Bildverarbeitungs-fähigkeiten erweitert werden, um automatisch Dokumente einzulesen. Hierdurch wird das Potential verfügbarer Informationen gegenüber den Datenbankdiensten erheblich erweitert, da auch textuelle - sowie graphische - Informationen aus Printmedien der Auswertung zugänglich sind¹⁶⁰⁾. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, als weitere Informationsquellen die Erzeugnisse moderner elektronischer Medien - wie Bildschirmtext-, Fernseh- oder Video-Produktionen - einzubeziehen. Diese Quellenvielfalt setzt in einem Informationsbanksystem eine umfangreiche Wissensbasis voraus, um - anlässlich einer konkreten Informationsnachfrage - mutmaßlich relevante Quellen zu identifizieren und den Abruf der zu sichten- den Informationen zu organisieren. Bisher ist allerdings noch kein Expertensystem bekannt geworden, das

160) Erste Expertensysteme zur Archivierung von Text-/ Graphik-Dokumenten - einschließlich der (halb-) automatischen Inhaltsanalyse - liegen bereits vor; vgl. Woehl (1984), S. 529ff.; Lebowitz (1985a), S. 159ff., der sich auf Patent-Abstracts bezieht.

ein derart breites multimediales Vermittlungswissen vorhält.

Für die Selektion der tatsächlich relevanten Informationen kommen in erster Linie die Techniken der qualitativen Textanalyse¹⁶¹⁾ in Betracht. Diese Techniken knüpfen - im Gegensatz zur konventionellen Textanalyse¹⁶²⁾ - nicht an dem quantitativen Maßstab an, wie oft ein Ausdruck aus der Formulierung der Informationsnachfrage in den gesichteten Informationsquellen erwähnt wird. Wegen der Möglichkeit, den gleichen Sachverhalt mit einer Vielzahl unterschiedlicher Formulierungen anzusprechen, bleibt eine solche vornehmlich syntaktisch ausgerichtete Analyse in ihrer Selektionsfähigkeit unbefriedigend. Bei der qualitativen Textanalyse wird dagegen auf der Basis von Konzepten zur Repräsentation des Inhalts von sprachlichen Konstrukten versucht, die Informationsquellen nach dem Kriterium der inhaltlichen Relevanz zu sichten. Eine spezielle Variante, die sich auf die Assoziation bedeutungsähnlicher Ausdrücke in semantischen Netzwerken erstreckt, wurde bereits oben erwähnt. Die zweite wesentliche Komponente für die Selektion interessanter Informationen bilden die - ebenfalls zuvor behandelten - Benutzermodelle, welche die pragmatische Informationsrelevanz an Vorwissen und Interessenlage der Informationsnachfrager messen.

Der Aufbereitung der aufgefundenen relevanten Informationen wurde seitens des konventionellen Informations- und Dokumentationswesens bislang keine besondere Beachtung gewidmet. Informationsnachfragen werden in der Regel mit schematischen Auflistungen der gefundenen Informationsquellen, zumeist um einen Abdruck der Abstracts ergänzt, beantwortet. Da die Quelleninformationen aber fast immer nicht genau zu der Thematik und auf dem Wissensniveau verfaßt wurden, die bzw. das der Benutzer durch seine Informationsnachfrage angesprochen

161) Vgl. Hess (1977), S. 7ff. u. 86ff.; Nishida (1979), S. 656ff.; Stansfield (1979), S. 287ff.; Hobbs (1982), S. 128ff.; Habel (1982), S. 1, 6 u. 9ff.; Grishman (1983), S. 85ff.; Rollinger (1983), Nowak (1984), S. 104ff., insbesondere S. 109f.; Lebowitz (1985b), S. 859ff.; Hahn (1985a); Pau (1985), S. 313ff..

162) Vgl. Schmidt, R. (1983), S. 356ff.

hat, besteht zumeist eine irritierende Diskrepanz zwischen präsentierten und verlangten Informationen¹⁶³).

Auch in dieser Hinsicht bietet die Erforschung der Künstlichen Intelligenz einige interessante Ansätze für die Gestaltung von Informationsbanksystemen, welche die Funktion der Informationsaufbereitung unterstützen. So kann bereits bei der Kundenakquisition im Benutzermodell des Informationsnachfragers festgehalten werden, an welcher Präsentationsform er maßgeblich interessiert ist¹⁶⁴). Beispielsweise läßt sich der Verdichtungsgrad der Informationsausgabe oder der Anteil von graphischen und textuellen Repräsentationen gleicher Informationsinhalte bestimmen.

Weit anspruchsvoller sind Konzepte zur automatischen Textkondensierung¹⁶⁵). Sie erlauben es, die Inhalte der vorgefundenen relevanten Informationsquellen automatisch zusammenzufassen. Dabei kann das Wissen der Benutzermodelle eines Informationsbanksystems eingebracht werden, um die Kurzfassungen spezifisch auf Vorwissen und Informationsinteresse des jeweils nachfragenden Benutzers abzustimmen. Darüber hinaus wird auf linguistische Techniken aus der Erforschung der Künstlichen Intelligenz zurückgegriffen, um aus der automateninternen Repräsentation ("Tiefenstruktur") der Informationsinhalte, die als benutzerrelevant erkannt wurden, "flüssig" anmutende natürlichsprachliche Texte ("Oberflächenstruktur") zu erzeugen¹⁶⁶).

163) Vgl. Szyperski (1980), S. 9f.

164) Vgl. hierzu auch ansatzweise Lebowitz (1985b), S. 861f.

165) Vgl. Hahn (1982), S. 13, 16, 18 u. 66; Hahn (1985a), S. 79ff.; vgl. auch die abschließende Inhaltsszusammenfassung durch den Automaten HAM-RPM im Beispiel des Kapitels 4.2.

166) Vgl. Horacek (1983), S. 108ff.; Hayes (1983), S. 279ff.; Rösner (1986), S. 3ff., insbesondere S. 12ff.; Adorni (1987), S. 53ff.

4.4 Aspekte der Benutzerfreundlichkeit

Intelligenten Informationsbanksystemen kann auf den ersten Blick das Attribut der Benutzerfreundlichkeit ohne Einschränkungen zugeschrieben werden, da ihre Ausrichtung an den Konzepten der kooperativen Benutzerschnittstellen und der konvivialen Systeme die Prinzipien der Benutzerorientierung und -unterstützung in den Vordergrund der Systemgestaltung gerückt hat. 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, die den Gebrauch eines solchen Informationsbanksystems erheblich erleichtern.

Allerdings bewirkt die Natürlichsprachlichkeit einen ambivalenten Charakter von intelligenten Informationsbanksystemen. Denn gerade die Möglichkeit, Kriterien für die Informationssuche in inhaltsbezogener, umgangssprachlicher Art zu formulieren, birgt die Gefahr in sich, daß die Mensch-Maschine-Kommunikation durch Mißinterpretationen verzerrt wird. Das Informationsbanksystem 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 zumeist zu einem Abbruch der Systemprozesse führt.

Bei der natürlichsprachlichen Kommunikation mit einem intelligenten Informationsbanksystem kann 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

Informationsbanksystem würde eine andere Informationsnachfrage befriedigen, als vom Benutzer intendiert. Da das Informationsbanksystem jedoch "ordnungsgemäß" arbeitet, ließe sich der interpretationsbedingte Fehler bei der Informationssuche und -selektion 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 einem Informationsbanksystem 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 - als pars pro toto¹⁶⁷⁾ -, daß die Natürlichsprachlichkeit von Automaten nicht nur als ein Beitrag zur Erhöhung ihrer Benutzerfreundlichkeit zu begreifen ist.

Die Wissensbasierung von intelligenten Informationsbanksystemen trägt zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen ihrer Benutzer dadurch bei, daß sie die Aneignung und Anwendung von Verwaltungswissen zeitlich entkoppelt¹⁶⁸⁾. Der Benutzer kann in Zeiten geringer Arbeitsbelastung in die Wissensbasis seines Informationsbanksystems Verwaltungswissen - z.B. in der Form von Datenbankmodellen oder von Angaben über neu eingerichtete Informationsquellen - einbringen, ohne unter Zeitdruck zu stehen. Wenn eine Transaktion der Informationsverwaltung aktuell erfolgen muß, läßt sich dieses Wissen kurzfristig abrufen und anwenden.

167) Vgl. zu einer ausführlicheren Erörterung der Probleme bei natürlichsprachlicher Mensch-Maschine-Kommunikation Krause (1982), S. 10ff.; Bates (1984), S. 186ff.; Zelewski (1986a), S. 1073ff.

168) Hiermit wird ein benutzerfreundlicher Entkopplungstrend in spezieller Weise fortgesetzt, auf den Staudt in allgemeiner Weise in bezug auf Mikroelektronik und Automatisierung bereits vielfach hingewiesen hat; vgl. z.B. Staudt (1982), S. 63ff.

Es ließe sich zwar entgegen, daß der Benutzer solches Verwaltungswissen ebenso in seinem Gedächtnis oder in persönlichen Unterlagen vorhalten könnte. Doch die beschränkte Kapazität dieser Formen der Wissensspeicherung führt in der Praxis häufig dazu, daß das präsen- te Verwaltungswissen nicht ausreicht, um eine Transaktion vollständig auszuführen. Der Benutzer muß dann unter Zeitdruck die Wissenslücken schließen. Diese Belastung wird durch Informationsbanksysteme tendenziell um so mehr abgebaut, je umfangreicher und tiefer in ihren Wissensbasen entsprechendes Wissen akkumuliert wurde.

Ein wesentlicher Aspekt der Benutzerfreundlichkeit von intelligenten Informationsbanksystemen erstreckt sich auf die Entlastung von zeitaufwendigen Routinetätigkeiten, wie sie insbesondere zum Sichten der verfügbaren Informationsquellen erforderlich sind, um die in zahlreichen Fachgebieten herrschende Publikationsflut zu bewältigen. Ein Informationsbanksystem wirkt hierbei als Filter bezüglich der Massenware "Information"¹⁶⁹⁾, der es dem Benutzer gestattet, sich auf inhaltlich anspruchsvollere Aufgaben zu konzentrieren¹⁷⁰⁾.

Zugleich birgt diese Filterfunktion intelligenter Informationsbanksysteme aber auch die Gefahr in sich, daß dem Benutzer ihn interessierende Informationen vor- enthalten werden. Mit diesem Effekt der Unterdrückung relevanter Informationen ist insbesondere dann zu rechnen, wenn die intentionale Komponente des Benutzermodells nicht mit den tatsächlichen Benutzerinteressen übereinstimmt. Da dem gewöhnlichen betrieblichen Benutzer die Kenntnisse im Bereich des knowledge engineering fehlen, die erforderlich wären, um eine solche Modell- inkongruenz festzustellen, bleibt er im allgemeinen

169) Auf diese Weise werden intelligente Informations- systeme den Qualitätsmerkmalen gerecht, die Ackoff (1967), S. B-148, für Informationssysteme formu- lierte: Solche Systeme sollen in der Lage sein, irrelevante Informationen aus den Informations- quellen herauszufiltern und die verbleibenden re- levanten Informationen als Informationszusammen- fassungen zu kondensieren. Vgl. hierzu auch Platz (1980), S. 114.

170) Vgl. zur Funktion der Informationsfilterung durch intelligente Automaten Zelewski (1986a), S. 606 u. 1070; Malone (1987), S. 399ff.

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, daß dieser ungewollte, aber mögliche Nebeneffekt der Informationsfilterung die Benutzerfreundlichkeit von intelligenten Informationssystemen zu einer partiellen Benutzerfeindlichkeit - zumindest Benutzerverunsicherung - pervertieren läßt, weil sich die Benutzer solchen Automaten, die sie intellektuell nicht mehr zu beherrschen vermögen, ausgeliefert fühlen.

5 Ansätze zur Bewertung des Einsatzes von Produkten der Künstlichen Intelligenz

In Anlehnung an Ulrich¹⁷¹⁾ wird hier ein Betrieb als ein produktives soziales System verstanden. Entsprechend läßt sich der betriebliche Einsatz von KI-Produkten im wesentlichen unter den zwei Gesichtspunkten seiner Beiträge zur Erfüllung produktiver bzw. sozialer Zielsetzungen beleuchten¹⁷²⁾. Es ist nicht möglich, den Einsatz intelligenter Automaten im Hinblick auf diese Ziele schlechthin als "empfehlens-" oder "vermeidenswert" zu qualifizieren, da das Bewertungsergebnis stets von den jeweils zugrundegelegten konkreten Automatenausprägungen und den individuellen betrieblichen Einsatzbedingungen abhängt. Daher werden nachfolgend nur Einflußgrößen aufgezeigt, die vom betrieblichen Einsatz der Künstlichen Intelligenz betroffen sein können, und ihre tendenzielle Wirkungsweise auf die Zielerfüllung skizziert.

171) Vgl. Ulrich (1970), passim, insbesondere S. 33.

172) Die nachfolgenden Ausführungen beruhen auf der detaillierteren Darstellung in Zelewski (1986a), S. 973ff., insbesondere S. 1001ff.; dort sind auch die weiterführenden Literaturnachweise enthalten.

5.1 Produktive Zielsetzungen

5.1.1 Einführung in Bewertungskonzeption und -probleme

Produktive (leistungswirtschaftliche) Zielsetzungen erstrecken sich im wesentlichen¹⁷³⁾ 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 KI-Automaten untersucht werden, kann hier nur hingewiesen werden¹⁷⁴⁾. Es werden nachfolgend nur solche Nutzen- und Kosteneffekte herausgestellt, die für den Einsatz intelligenter Automaten spezifische Bedeutung erlangen können.

Der Verf. vertritt die Vermutung, daß die wesentlichen Rationalisierungswirkungen des betrieblichen KI-Einsatzes nicht in der Verminderung von Kosten, sondern in Nutzensteigerungen liegen. Diese Hypothese läßt sich allerdings derzeit kaum belegen¹⁷⁵⁾, weil sich intelligente Automaten fast¹⁷⁶⁾ noch gar nicht 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.

173) Als weitere produktive Zielsetzungen sui generis werden in Zelewski (1986a), S. 1036ff. u. 1043ff., auch die Reduzierung der Auftrags-Durchlaufzeiten und die Erhöhung der betrieblichen Flexibilität untersucht.

174) Näheres hierzu bei Zelewski (1986a), S. 990ff.

175) Gleicher Ansicht ist aber z.B. Hein,U. (1987), S. 473.

176) Die Beurteilung des Ausmaßes des Automateinsatzes variiert erheblich mit der - wie o.a. äußerst problematischen - Definition dessen, was unter einem intelligenten Automaten verstanden werden soll.

Erstens wäre die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit, der positive (Netto-)Rationalisierungsbeitrag intelligenter Automaten nur schwer aufzuzeigen. Denn die - unten aufgelisteten - Nutzenwirkungen weisen gegenüber den - ebenfalls später skizzierten - Kostenwirkungen den beurteilungstechnisch bedauernswerten Nachteil auf, oftmals nur in der Form sehr grober, vager, qualitativer Aussagen festgestellt werden zu können. Da sich hingegen die meisten Kostenwirkungen in ihrer Größenordnung monetär schätzen lassen und zudem die Kostenmehrunge - ebenfalls nach subjektiver Einschätzung des Verf. - tendenziell die Kosteneinsparungen überwiegen, 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 gefaßt¹⁷⁷⁾.

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.

177) Vgl. zu breiter angelegten Wirtschaftlichkeitskonzepten Picot (1980), S. 227ff.; Reichwald (1982), S. 31ff.

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, daß intelligente Automaten als Rationalisierungsinstrumente in dem Sinne eingesetzt werden, daß Kosten durch die Substituierung von Menschen durch Automaten eingespart werden sollen. Falls hingegen die Hypothese des Verf. zutrifft, daß die Rationalisierungsbeiträge vor allem in Nutzensteigerungen - insbesondere hinsichtlich der Qualität der automatenunterstützten Arbeit von Menschen - liegen, verlöre die mögliche Verweigerung der Akzeptanz von arbeitsplatzgefährdenden Automaten eine wesentliche Grundlage.

5.1.2 Nutzenwirkungen

Die möglichen Nutzensteigerungen des Einsatzes intelligenter Automaten erstrecken sich auf folgende Hauptaspekte¹⁷⁸⁾:

- Erhöhung der Qualität betrieblicher Entscheidungen bezüglich der Lösung von Problemen durch Wissensakkumulation, falls die - hinsichtlich ihrer Geltung schwer zu verifizierende und durchaus umstrittene - Hypothese¹⁷⁹⁾ zutreffen sollte, daß die Qualität der Entscheidungsvorbereitung durch informationsverarbeitende Prozesse (streng positiv) monoton mit der Breite und Tiefe des Wissens wächst, das diesen Prozessen zugrundegelegt wird (z.B. Auswertung einer Vielzahl von Informationsquellen, die andernfalls infolge mangelnder menschlicher Sichtungs-Kapazität unberücksichtigt geblieben wären, durch die inhaltliche Textanalyse von intelligenten Frühwarnsystemen);

178) Vgl. Zelewski (1986a), S. 1029ff.; Hein, U. (1987), S. 472f.

179) Vgl. Zelewski (1986a), S. 737f.

- Erhöhung der Entscheidungsqualität durch Wissensintegration, d.h. durch die Zusammenfassung und anschließende Aufbereitung vormals isoliert existierender, unverknüpfter Wissensbestände von Fachkräften in den Wissensbasen intelligenter Automaten (z. B. integrationsbedingtes Aufdecken von Wissensinkonsistenzen und Wissenslücken oder Ableiten neuer Einsichten, die aus "fragmentierten" Wissensquellen nicht ersichtlich sind);
- Steigerung der Entscheidungsqualität durch die Möglichkeit des räumlich und zeitlich wahlfreien, vielfachen Zugriffs auf das Wissen von Experten, die als Person jeweils nur in natürlicher Weise begrenzt zur Verfügung stehen, indem dieses Wissen in Expertensysteme eingebracht wird (z.B. Beratungsexpertise hinsichtlich der Interpretation geologischer Meßergebnisse bei der Erdölexploration direkt "vor Ort" ohne physische Anwesenheit des Experten, der u.U. die klimatischen oder komfortbezogenen Bedingungen am Explorationsort zu vermeiden trachtet, oder Vervielfachung der "brain ware" des personell nur begrenzt verfügbaren Managements¹⁸⁰);
- Erhöhung der Entscheidungsqualität in Situationen erheblichen zeitlichen Entscheidungsdrucks, indem unter solchen engen Realzeitbedingungen Expertensysteme autonome Entscheidungen treffen, die zuvor von Menschen unter streßfreien Arbeitsbedingungen bei der Erstellung ihrer Wissensbasen - und u.U. auch ihrer Problemlösungskomponenten (etwa in bezug auf effiziente Inferenzstrategien) - sorgfältig vorbereitet wurden (z.B. Steuerung von Kernkraftwerken in kritischen Betriebszuständen);
- Sicherung der Qualität betrieblicher Entscheidungen durch die Konservierung des Wissens von hochqualifizierten Experten, die den Betrieb durch Abwerbung Dritter oder altersbedingt verlassen, in den Wissensbasen von Expertensystemen (Verhindern von "Wissenserrosion");

180) Vgl. Zelewski (1986a), S. 731ff.

- Verbesserung des qualitativen Outputs menschlicher Informationsverarbeitung, weil Arbeitskräfte, die von Expertensystemen bei der Erfüllung ihrer Aufgaben unterstützt werden, - z.B. als Folge der automatischen Informationsfilterung - von Routineaufgaben entlastet werden, so daß sie sich auf "wesentliche" Aufgaben und Informationen konzentrieren können ("Kreativitätsfreisetzung", Automaten als "Intelligenzverstärker");
- Zusatzerlöse durch die kommerzielle Verwertung eigenerstellter Wissensbasen, sofern diese hinreichend portabel sind, ein Erwerbsinteresse Dritter vorliegt und keine Gefahr besteht, durch die Wissensverbreitung strategische Wettbewerbsvorteile einzubüßen, die den Veräußerungserlös übersteigen;
- Zusatzerlöse (zusätzliche Aufträge, Durchsetzungsmöglichkeit von höheren Absatzpreisen als "Qualitätsprämie") durch höhere Produktqualität¹⁸¹⁾ bei automatischer anstelle von manueller Produktionsweise, sofern Produktionsprozesse - etwa durch die Fähigkeit zur Bildverarbeitung und zur Auswertung der Informationsmuster von Kraftsensoren - erst durch den Einsatz von KI-Konzepten automatisiert werden können (Vermeiden von Qualitätsschwankungen, die für menschliche Arbeit typisch sind, z.B. "Rosenmontags"-Produkte oder biologisch bedingte "Mittags-Einbrüche" bei der Arbeitsaufmerksamkeit, und höhere Qualität bei großen Präzisionsanforderungen, etwa im Bereich der Mikromechanik);

Nutzenminderungen können aus dem Einsatz intelligenter Automaten resultieren, wenn die - weiter unten behandelten - Effekte mangelnder Sozialverträglichkeit zu einer Verschlechterung der subjektiv empfundenen Arbeitsbedingungen führen. In diesem Fall kann das Arbeitsergebnis - sei es in der Form der Resultate von Entscheidungsprozessen oder in der Gestalt von materiellen Produkten - durch Minderungen der Entscheidungsqualität bzw. der Produkterlöse erheblich leiden.

181) Hinzu kommen Zusatzerlöse durch geringere Durchlaufzeiten und erhöhte betriebliche Flexibilität, die aber hier als produktive Zielsetzungen nicht untersucht wurden; vgl. dazu Zelewski (1986a), S. 1034f.

5.1.3 Kostenwirkungen

Die potentiellen Kostenwirkungen des Einsatzes intelligenter Automaten umfassen eine Vielzahl von Effekten, von denen nach Einschätzung des Verf. die Kostensteigerungen die Kosteneinsparungen tendenziell überwiegen¹⁸²⁾:

- Kostensteigerungen infolge intensiverer Planung des Automateinsatzes, weil bei den betrieblichen Anwendern ein geringerer Kenntnisstand über Konzepte der Künstlichen Intelligenz und kaum Anwendungserfahrungen bezüglich intelligenter Automaten vorliegen¹⁸³⁾;
- Zusatzkosten der Automatenanschaffung/-herstellung, da Expertensysteme und intelligente Roboter tendenziell teurer als ihre konventionellen Pendanten ausfallen; insbesondere entstehen Zusatzkosten für:
 - = höhere Funktionalität,
 - = spezielle Hardwareanforderungen¹⁸⁴⁾ (z.B. "LISP-Maschinen") und
 - = geringere Auflagengrößen (zumeist Prototypentwicklungen, oftmals noch keine Umlagemöglichkeiten der sehr hohen Forschungs- und Entwicklungskosten);
- Zusatzkosten der originären Wissensakquisition, da seitens der Anbieter von KI-Produkten zumeist nur die System-Schalen ohne anwendungstaugliche Wissensbasen zur Verfügung gestellt werden - solche Kosten des knowledge engineering stellen oftmals den Hauptbestandteil der Einführungskosten intelligenter Automaten dar und werden häufig von unerfahrenen Anwendern hinsichtlich ihrer Größenordnung unterschätzt (in der Regel fallen Kosten der Wissensakquisition auch während der Automatenutzung zur "kognitiven Automatenpflege" zwecks Anpassung der Wissensbasen an variierende Automatenanwendungen an);

182) Vgl. Zelewski (1986a), S. 1001ff.

183) So ist beispielsweise schon die Auswahl eines Anwendungsbereichs, in dem ein Expertensystem erfolgreich eingesetzt werden könnte, keine triviale, sondern vielmehr ressourcenintensive Aufgabe; vgl. Prerau (1985), S. 26ff.

184) Vgl. Deering (1983), S. 74ff.

- Zusatzkosten für Implementierungsmaßnahmen, die der Integration intelligenter Automaten in ihr betriebliches Umfeld dienen, etwa als Folge von:
 - = aufbau- und ablauforganisatorischer Reorganisation (z.B. veränderte Arbeitszerlegung und Stellenbeschreibungen aufgrund einer Tendenz zur Reintegration von Arbeitsinhalten an Arbeitsplätzen, die von Expertensystemen unterstützt werden, oder Entkopplung der Betriebszeit von individuellen Arbeitszeiten durch autonom arbeitende Produktionssysteme und kooperative Kommunikationsschnittstellen zur betrieblichen Umwelt)¹⁸⁵⁾;
 - = Inkompatibilitäten zwischen konventioneller "Daten-" und intelligenter "Symbol"verarbeitung (z. B. graphisch-numerische Datendarstellung in konventionellen CAD-Systemen versus prädikatenlogische Wissensrepräsentation in CAD-Expertensystemen oder konventionelle Programmiersprachen versus LISP- und PROLOG-Dialekte für die Realisierung intelligenter Automaten)¹⁸⁶⁾;
- Kosteneinsparungen bezüglich der Schulung von Automatenbenutzern, sofern die Hypothese zutrifft, daß intelligente Tutor-Komponenten und kooperative Benutzerschnittstellen den Automatenumgang selbst für informationstechnisch nicht vorgebildete Benutzer gegenüber konventionellen Automaten erheblich erleichtern ("Anpassung der Automaten an den Menschen");
- Zusatzkosten der Benutzerschulung, falls sich die - unter den sozialen Wirkungen näher erläuterte - Hypothese als richtig erweist, die Einführung intelligenter Automaten erfordere eine wesentliche Höherqualifizierung ihrer Benutzer;
- Kosteneinsparungen durch CAD-Expertensysteme, wenn der Rückgriff auf ihr Konstruktionswissen unproduktive Wiederholkonstruktionen vermeidet oder kosten-senkende Teile-Standardisierungen erlaubt;

185) Näheres zu organisatorischen Auswirkungen bei Zelewski (1986a), S. 1249ff.

186) Näheres zu Inkompatibilitätsproblemen bei Zelewski (1986a), S. 1236ff.

- Kostensteigerungen für die automatengerechte Änderungs- oder Neukonstruktion von Produkten, die vor dem Einsatz intelligenter Produktionsautomaten grobenteils von menschlichen Arbeitskräften mit - im Vergleich zu mechanischen Effektoren - höherer manueller Geschicklichkeit gefertigt wurden;
- Kostensteigerungen der automatengerechten Arbeitsvorbereitung für die Ermittlung neuer Sollzeiten (Vorgabezeiten), da infolge unterschiedlicher Kinetik und Dynamik von menschlicher Physiognomie und mechanischen Systemen gleichartigen Arbeitsgängen oftmals unterschiedliche Zeitbedarfe zukommen oder neuartige Arbeitsgänge gebildet werden müssen;
- Senkung der Kapitalbindungskosten (kalkulatorischen Zinsen) durch den Einsatz von:
 - = intelligenten Robotern und ähnlichen Produktions-einrichtungen, die es gestatten, zusätzliche personalarme Nacht- und Feiertagsschichten ("Geisterschichten") einzurichten, in denen - falls sonst unausführbare Aufträge mit positiven Deckungsbeiträgen vorliegen - kapitalfreisetzende Zusatzerlöse verdient werden können;
 - = Expertensystemen zur Sicherung der Betriebsbereitschaft von technischen Anlagen, welche den Entgang kapitalfreisetzender positiver Deckungsbeiträge (Opportunitätskosten) infolge von ausfallbedingten Betriebsunterbrechungen reduzieren helfen;
- Einsparung von Personalkosten, falls der Einsatz intelligenter Automaten tatsächlich zu nennenswerter Substitution menschlicher Arbeitskräfte führen sollte (z.B.: menschenarme Fabrik, Bedrohung des mittleren Managements, automatische Korrespondenzabwicklung/Berichterstellung/Textübersetzung) - allerdings können hierdurch verursachte Zusatzkosten für Rationalisierungsschutzabkommen (Umsetzungen) und kollektive Sozialpläne oder individuelle Abfindungen (Freisetzungen) kompensierend wirken;

- Verminderung von Material- und Energiekosten durch den Einsatz von Expertensystemen, die wichtige Prozeßparameter dynamisch an wechselnde Prozeßbedingungen anpassen, während vorher infolge mangelnder Regelungskapazität die Parameter nur zum Prozeßbeginn fixiert wurden (z.B. Regelung von Werkzeugmaschinen durch musterverarbeitende Überwachung der maschinellen Betriebszustände, Regelung von Schweißwerkzeugen durch Verarbeitung des Schweißbildes, Höchstlast"optimierung" von energieverbrauchenden Systemen);
- Minderungen der Kosten für Nach- oder Wiederholarbeiten, weil fehlerhafte Teile durch bildverarbeitende Automaten (i.w.S.) erkannt und vor ihrer Bearbeitung ausgesondert werden können (fehlerhaft zugeführte Teilearten, fehlerhaft aufgespannte Werkstücke, beschädigte Einbauteile usw.);
- Einsparungen von Kosten für Nacharbeit, Garantieleistungen oder Produzentenhaftung als Folge höherer durchschnittlicher Produktionsqualität von Automaten gegenüber Menschen (s.o.);
- Kosteneinsparungen hinsichtlich der Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft, da Diagnose-Expertensysteme:
 - = bedrohlichen Anlagenverschleiß erkennen (empirisches tribologisches Wissen, Musterverarbeitung zur Überwachung des Anlagenzustandes) und - im Vergleich zu ausfallinduzierten ad hoc-Reparaturen - kostengünstigere vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen auslösen können;
 - = im Falle von Anlagenausfällen die Zeit und den Ressourceneinsatz bis zur Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft durch Anwendung ihrer Diagnose- und Reparatur-Expertise tendenziell senken;
- Kostensteigerungen durch Effizienzverluste infolge von:
 - = einmaligen Reibungsverlusten bei der Einführung eines noch wenig vertrauten Automatenkonzepts und u.U. auch wegen

- = dauerhafter Verweigerung der Akzeptanz von Automaten, die von ihren Benutzern - siehe hierzu die u.a. Probleme mangelhafter Sozialverträglichkeit - als bedrohlich empfunden werden (innere Emigration, Mitarbeiterfluktuation, Sabotage der Automatenfunktionen);
- Zusatzkosten für Projektanpassung oder -abbruch, wenn nachträglich festgestellt wird, daß ein Projekt zur Einführung intelligenter 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 intelligenter, wissensbasierter Automaten in Betrieben 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 Betriebe 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 oben 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.

5.2 Soziale Zielsetzungen

Soziale (personalwirtschaftliche) Zielsetzungen werden nachfolgend unter den Aspekten der sozialen Verantwortbarkeit (Verträglichkeit, Beherrschbarkeit und Gestaltbarkeit)¹⁸⁷⁾ des Einsatzes der Technologie "Künstliche Intelligenz" besonders akzentuiert¹⁸⁸⁾. Ziel dieses Ansatzes ist es, durch die Gegenüberstellung zweier - in kontrastverstärkender Absicht bewußt überzeichneter - sozialer Wertesysteme die Polyvalenz der Bewertung potentieller sozialer Auswirkungen von intelligenten Automaten 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).

5.2.1 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;

187) Grundlegendes zu diesen Konzepten sozial-orientierter Technologie-Bewertung bei Zelewski (1986d), S. 2ff.

188) 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.; sowie die Beiträge in dem Sammelwerk Trappl (1986).

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"¹⁸⁹⁾ Arbeitnehmer zuordnen, das u.a. durch entsprechende technologiepolitische Forderungen ihrer gewerkschaftlichen Interessenvertretungen repräsentiert wird. Darüber hinaus sei zum Wertesystem I das Streben, das Kulturgut einer Gesellschaft zu wahren und zu mehren, ergänzt.

Die Forderung nach Besitzstandssicherung wird durch Produkte der KI-Technologie in mehrfacher Weise verletzt. Intelligente Automaten bedrohen in ihren beiden wesentlichen Ausprägungsformen - 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 veränderlichen Fabrik-Umwelten selbständig agieren. Roboter mit solchen Leistungsmerkmalen werden in Zukunft menschliche Arbeitskräfte an Arbeitsplätzen bei Teilehandhabung, -transport und -montage ersetzen, die der konventionellen Automatisie-

189) Dieses Attribut wird hier nicht wertend, sondern statistisch-deskriptiv verwendet.

rungs-Technologie noch nicht zugänglich sind. Hinzu kommt die Verdrängung von Arbeitskräften durch muster-verarbeitende Expertensysteme, die vor allem in den Bereichen der Überwachung und Steuerung technischer Anlagen sowie der Sicherung der Produktqualität (z.B. optische Produktkontrolle) Anwendung finden werden.

Expertensysteme werden in Zukunft auch Arbeitsplätze in Betriebsverwaltungen - und in bescheidenerem Ausmaß auch in Betriebsleitungen - bedrohen, die im Rahmen der Rationalisierung durch konventionelle Automatisierung nicht zur Diskussion standen. Allerdings schätzt der Verf. die Freisetzungseffekte im Informations- deutlich geringer als im Basissystem ein, da in

Betriebsverwaltungen und -leitungen die Nutzensteigerungen durch höhere Arbeitsqualität eine wesentlich größere Rolle spielen dürften als Kostenminderungen durch Personaleinsparungen, während dieses Verhältnis - zumindest in bezug auf die menschenarme "Fabrik der Zukunft" - im Basissystem nicht gilt.

Insbesondere das mittlere Management ist der - zu meist für diese Mitarbeiter-Kategorie neuartigen - Situation ausgesetzt, durch den Einsatz von Automaten verdrängt werden zu können, da seine Arbeitsleistungen vom Leistungspotential der Expertensysteme erstmals essentiell bedroht werden. Zugleich wird es aber auch von aufstrebenden Angehörigen des unteren Managements und sogar ehemaligen Sachbearbeitern bedrängt, die durch inhaltliche Arbeitsanreicherung ihrer Stellen und Höherqualifizierung zunehmend Entscheidungs- und Koordinierungsfunktionen wahrzunehmen vermögen, 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 im "Büro der Zukunft".

Es ist nicht zu erwarten, daß die vorgenannten Freisetzungseffekte durch die Schaffung neuer Arbeitsplätze - sei es durch die Produktion intelligenter Automaten selbst oder durch die Schaffung neuer Berufsbilder (wie z.B. des "Wissensingenieurs") - auch nur annähernd kompensiert werden könnten.

Darüber hinaus werden die Arbeitskräfte, die im Umfeld des Einsatzes von KI-Produkten ihren Arbeitsplatz zu wahren vermögen, häufig einem erheblichen Qualifizierungsdruck ausgesetzt sein. Denn intelligente Automaten, insbesondere in der Gestalt von Expertensystemen, 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 intelligenten Automaten langfristig nur dann ihren Arbeitsplatz sichern können, wenn sie so hoch qualifiziert sind, daß sie mindestens über das (arbeitsplatzspezifische) Problemlösungspotential dieser Automaten verfügen. Da mit der sukzessiven Ausweitung der Automaten-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 Einbringung ihres Arbeits-know hows in Wissensbasen von Automaten. Hinzu kommt für die unmittelbaren Benutzer intelligenter Automaten wahrscheinlich noch die Anforderung, zusätzliche Qualifikationen für den Umgang mit dieser komplexen Technologie zu erlernen¹⁹⁰).

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 intelligenten Automaten unterstützt werden, zunehmend anspruchsvollere Arbeitsinhalte zusammengefaßt werden, weil einfachere Arbeitsaufgaben verstärkt den Automaten übertragen werden können.

190) Es wird vielfach die abweichende Ansicht vertreten, intelligente Automaten 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.

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 höherwertigeren Informationsverarbeitung. Sofern dieses informatorische Erfolgspotential letztlich in Wettbewerbsvorteile am Markt umgesetzt werden kann, ist zu erwarten, daß die Anwender von KI-Produkten ihre materielle wirtschaftliche Lage in bezug auf solche Konkurrenten, die den Einsatz intelligenter Automaten unterlassen, zu verbessern vermögen. Unter diesen Voraussetzungen kann - in Anlehnung an die industriesoziologische These von Kern und Schumann - eine "Segmentierung" (und "Polarisierung")¹⁹¹⁾ der Arbeitsverhältnisse erfolgen: Die Chancen für Arbeitsplatz und -einkommen steigen in solchen Betrieben und Branchen, die sich frühzeitig der KI-Technologie öffnen, zu Lasten derer, welche auf die (möglichen) wirtschaftlichen Vorteile dieser Technologie - z.B. aufgrund sozialer Wertvorstellungen - verzichten. Hierdurch würde das Ziel, soziale Spannungen durch Angleichung der Arbeitsverhältnisse abzubauen, verletzt.

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-Komponente - 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.

Der Wert der Autonomie am Arbeitsplatz wird durch die Anwendung von Expertensystemen verletzt, sofern die Wirkungshypothese der Erstarrung von Arbeitsabläufen

191) Vgl. Kern (1984), S. 20ff., 89, 191ff., 300ff. u. 318ff.

und -inhalten zutreffen sollte. Diese Hypothese überträgt die Erfahrung aus dem Umgang mit der konventionellen Datenverarbeitung, daß die Arbeitsabläufe und -inhalte der Menschen weitgehend auf die "Sachzwänge" der Automaten ausgerichtet werden müssen. Zusätzlich wird (implizit) unterstellt, daß diese Automaten-Strukturen nur schwer geändert werden können. Hierdurch komme es zu einer Erstarrung der Arbeitsweise des Menschen unter einseitiger Anpassung an die Strukturvorgaben der Informationstechnologie.

Der erwartete breite Einsatz von Expertensystemen als Beratungssysteme (entscheidungsunterstützende Systeme) 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. Natürlich-sprachliche 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 ihre informationelle Selbstbestimmung weigert, ihr im Arbeitsleben erworbenes aufgabenspezifisches know how in die Wissensbasis eines Expertensystems einzubringen.

Die Gelegenheit zur sozialen Interaktion kann durch den Einsatz von KI-Produkten in mehrfacher Weise eingeschränkt werden. Die Verwirklichung der menschenarmen "Fabrik der Zukunft" würde zu kleinen Restbelegschaften - vornehmlich für Zwecke der Steuerung und Instandhaltung - führen, die innerhalb einer weitgehend automati-

sierten Fabrik oftmals räumlich derart verteilt tätig werden müßten, daß eine natürliche zwischenmenschliche Kommunikation kaum noch zustandekäme. Die verstärkte Arbeitsabwicklung über Expertensysteme schränkt die vormals zur Arbeitserfüllung erforderliche Kommunikation zwischen Mitarbeitern ebenso ein.

In Verbindung mit Neuerungen der Telekommunikations-Technologie besteht die Möglichkeit einer zunehmenden zeitlichen Entkopplung zwischen Angebot und Nachfrage von Arbeitsleistungen. Beispielsweise wird erwogen, Routineauskünfte von Betrieben gegenüber der interessierten Öffentlichkeit, gegenüber Arbeitssuchenden oder gegenüber Kunden im Bereich von weitgehend standardisierten Produkten zunehmend auf natürlichsprachliche Automaten zu übertragen. Die Eingabe des erforderlichen Auskunftswissens wäre weder an die Zeiten des Auskunftsbegehrens noch an die regulären Arbeitszeiten der Betriebe gebunden. Sie könnte als Tele-Arbeit von einer Arbeitskraft zu individuell bestimmten Arbeitszeiten erfolgen. Gleiches gilt für das Einbringen von Expertenwissen in die Wissensbasis eines Beratungssystems (z.B. für die Interpretation geologischer Meßdaten bei der Erdölexploration).

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 kann mittelbar auf die Gefahr einer "kollektiven Verdummung" geschlossen werden. Diese Wirkungshypothese unterstellt, daß breite Segmente einer Gesellschaft, die

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

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 Betriebsaus- und -neugründungen" bezeichnet wird.

Der Einsatz von KI-Produkten läßt sich aufgrund der bereits oben erfolgten Ausführungen mit dem Wert der Selbstentfaltung durch neue, anspruchsvollere Arbeitsinhalte vereinbaren. Denn einerseits kann davon ausgegangen werden, daß in der intelligent automatisierten Fabrik der Zukunft eine Verschiebung von einfacheren ausführenden Tätigkeiten in der konventionellen Teilefertigung und -montage hin zu Aufgaben der Produktionssteuerung und der Instandhaltung technisch anspruchsvoller Produktionsanlagen erfolgt. Andererseits führt die Nutzung gehaltvoller Wissensbasen von Expertensystemen (einschließlich der Prozeduren zur automatischen Wissenserschließung) in Verbindung mit den o.a. Stimuli fortwährender Höherqualifizierung tendenziell zu einer Bereicherung der Arbeitsinhalte jener Arbeitsplätze in Betriebsverwaltung und -leitung, die dem Automateinsatz 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. 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 Techno-

logien der Wissensverbreitung (Telekommunikation) und Wissensauswertung darüber hinaus kollektive Prozesse der Wissensverbreiterung und -intensivierung stimuliere. Dann böte die KI-Technologie die Chance, die kulturelle Entwicklung einer Gesellschaft in kognitiver Hinsicht zu fördern. Allerdings müßte gewährleistet sein, daß die oben angesprochene 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; während sie aus der Perspektive des zweitgenannten als sozial verträglich bezeichnet werden kann. Hieraus läßt sich folgern, daß der Begriff der Interessen(gruppen)verträglichkeit den Sachverhalt der Technologie-Bewertung treffender bezeichnet als der Begriff der Sozialverträglichkeit, der ein homogenes gesellschaftliches Wertesystem suggeriert.

5.2.2 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 sie auch im Hinblick auf das o.a. Wertesystem I als sozial verantwortbar be-

zeichnet werden kann. Diesbezüglich erforderliche Regelungen seien hier nur stichwortartig aufgelistet:

- Dem Wert der Besitzstandssicherung kann durch Rationalisierungsschutzabkommen Rechnung getragen werden. Ihre Realisierungschance hängt allerdings von der Bereitschaft potentieller Anwender der KI-Technologie ab, auf erhoffte Wettbewerbsvorteile dieser Technologie - zumindest teilweise - durch die Sozialkosten solcher Abkommen zu verzichten. Mittelbar können monetäre Besitzstände auch dadurch gesichert werden, daß die Entgelt-Bemessung vermehrt auf qualitative Größen, wie z.B. die Aufrechterhaltung des reibungslosen Betriebs einer menschenarmen Fabrik, bezogen wird.
- 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 Staudt¹⁹²⁾ - nahe, in aktuellen Verhandlungen über kollektive Arbeitszeitverkürzungen die eingesparte Arbeitszeit (bei vollem Lohnausgleich) nicht als Freizeit, sondern als Zeit der institutionell abgesicherten und voll entgoltene 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 ließe sich zwar nicht eliminieren, aber doch verringern durch arbeitsrechtliche Regelungen, die festlegen, unter welchen Bedingungen das Einbringen von Arbeitnehmerwissen in Wissensbanken und die Überwachung der Arbeitnehmertätigkeit durch arbeitsunterstützende Automaten zulässig oder verboten sind. Hiermit eng verbunden ist eine Fortentwicklung der Bestim-

192) Vgl. Staudt (1986), S. 11.

mungen des Datenschutzes hinsichtlich der neuartigen Leistungsmerkmale von Expertensystemen. Im Gegensatz zum Atom-, Arzneimittel- oder Baurecht fehlt ein ausgearbeitetes Informationsrecht¹⁹³⁾.

- Weitere juristische Regelungsdefizite bestehen auf dem Gebiet der Produkthaftung. Wenn ein nicht korrekt arbeitendes Werkzeug zur Erstellung von Wissensbasen oder eine inhaltlich bereits gefüllte, aber fehlerhafte Wissensbasis erworben werden und aufgrund dieser Mängel ein Expertensystem-Anwender zu einer für ihn nachteilhaften Entscheidung verleitet wird, ist festzulegen, ob der Veräußerer der fehlerhaften Produkte für die Folgen solcher Fehlentscheidungen aufkommen muß. Ferner müßte die prozeßtechnisch erhebliche Frage geklärt werden, 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.
- Gelegenheiten zur sozialen Interaktion ließen sich bei zeitlicher Entkopplung von Arbeitsangebot und -nachfrage nur dann ungeschmälert aufrechterhalten, wenn auch die starren Schemata gesellschaftlicher Kontaktmöglichkeiten flexibler gestaltet würden, also z.B. nicht auf die frühen Abendstunden und Wochenenden konzentriert blieben.

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 Verletzung aller sozialen Werte gewährleistet

193) Einen exotisch anmutenden, doch interessanten Teilaspekt der Rechtsfortbildung diskutiert Willick (1983), S. 5ff., bezüglich der Frage, ob intelligenten Automaten - aus juristischer Sicht - der Status einer rechts- und verantwortungsfähigen "Person" zuerkannt werden sollte.

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 KI-Produkten erreichen läßt, sofern an einer Wirtschaftsverfassung mit Wettbewerbscharakter festgehalten wird. Die Autonomie am Arbeitsplatz sowie die Wahrung und Vermehrung kognitiven Kulturguts werden nur dann nicht verletzt, wenn sich die Wirkungs-Hypothesen der Anhänger des Wertesystems II - im Widerspruch zur Erstarrungs- und Verdummungshypothese - 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 mit den gesellschaftlichen Institutionen so abgestimmt werden kann, daß das Resultat mit einem als wünschenswert ausgezeichneten Wertesystem übereinstimmt. Im Rahmen dieser Ausarbeitung 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 konservierendem bzw. expansivem Charakter auch eine Veränderung des Urteils über die soziale Verantwortlichkeit der KI-Technologie nach sich ziehen kann.

Im Kontext des aktuell diskutierten - angeblichen oder faktischen - Wertewandels ließe sich der Frage nachgehen, ob die KI-Technologie einer Stärkung "post-industrieller" Werte zugute käme, die z.B. anstelle des materiellen Besitzstandsdenkens Kreativität und Selbstentfaltung hervorheben.

Um in dieser dynamischen Hinsicht die KI-Technologie als sozial gestaltbar einzustufen, müßten allerdings mehrere Voraussetzungen erfüllt sein. Erstens wäre die Gültigkeit der Wirkungs-Hypothese zu bestätigen, daß der Einsatz von Expertensystemen nicht zu einer Erstarrung, sondern zu einer Flexibilisierung und inhaltlichen Er-

weiterung 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 KI-Produkte 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 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.

Ob die voranstehend kurz gestreiften institutionellen und wertbezogenen Veränderungen im Rahmen einer sozialen Gestaltung der 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.

6 Anhang6.1 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.
- Artificial Intelligence Software S.R.L. (Hrsg.): The International Directory of Artificial Intelligence Companies, 2. Aufl., Rovigo 1986.
- Baltes, H.: GABI - Ein wissensbasiertes Geldanlageberatungsprogramm, Memo Nr. 3 am Sonderforschungsbereich Künstliche Intelligenz - Wissensbasierte Systeme, Universität Saarbrücken, Saarbrücken 1985.
- 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.
- 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.

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.

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 In-

telligence, 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 Ankopplung 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.

Cordroch, 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.

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.

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.

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. u. H.A. Simon: Elementary Perceiver and Memorizer: Review of Experiments; in: Hoggatt, A.C. u. F.E. Balderston (Hrsg.): Symposium on Simulation Models: Methodology and Applications to the Behavioral Sciences, Cincinnati - Chicago - New Rochelle - Dallas - Burlingame 1963, S. 101-110.

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.

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 konvivielle 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.
- 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 SYNCHM - 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.

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.

Grünwald, 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.

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

Guida, G. u. C. Tasso: Online Information Retrieval Through Natural Language, in: Johannsen, G. u. J.E. Rijnsdorp (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.

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 Textkonsierungssystems 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).

Harmon,P. u. D. King: Expert Systems - Artificial Intelligence in Business, New York - Chichester - Brisbane - Toronto - Singapore 1985.

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).

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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, insb. S. 116ff.

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.

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.

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.

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.

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. 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).

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 (1981), 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.

Niepolod, 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.

Nowak, E.J. u. B.F. Szablowski: Expert systems in scientific information exchange, in: Journal of Information Science, Vol. 8 (1984), S. 103-111.

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 (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.: Denkmaschinen 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, 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.

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.

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. Leibbrandt: 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.

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 computergestützten Eingangspostbearbeitung, in: Hansen, H.R. (Hrsg.): GI/OCC/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: Be-

triebswirtschaftliche 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 Statutes to Draft Legal Documents, in: American Bar Foundation Research Journal, Vol. 1979, S. 1-81.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 1986 für die Bundesrepublik Deutschland, Stuttgart - Mainz 1986.

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.: 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.

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 Rüschnikon, Amsterdam - New York - Oxford - Tokyo 1986, S. 207-214.

Turing, A.M.: Computing Machinery and Intelligence, in: Mind, Vol. 59 (1950), S. 433-460.

Ulrich, H.: Die Unternehmung als produktives soziales System - Grundlagen der allgemeinen Unternehmungslehre, 2. Aufl., Bern - Stuttgart 1970.

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.

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.

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, 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.

Willick, M.S.: Artificial Intelligence: Some Legal Approaches and Implications, in: The AI Magazine, Vol. 4 (1983), No. 2, S. 5-16.

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 Prozeßleittechnik, 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 am Seminar für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Fertigungswirtschaft 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.: Intelligente Informationsbanksysteme - benutzerfreundliche Instrumente für die Informationsvermittlung? -, Arbeitsbericht 10/1986 am Seminar für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Industriebetriebslehre und Produktionswirtschaft der Universität Köln, Köln 1986 (c).

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

6.2 Tabellen und Abbildungen

Die nachfolgend aufgeführten Tabellen und Abbildungen umfassen nur diejenigen Exemplare, welche den o.a. laufenden Text inhaltlich ergänzen. Während des Vortrags präsentierte Folien, die lediglich Textabschnitte schlagwortartig zusammenfassen, sind nicht aufgenommen.

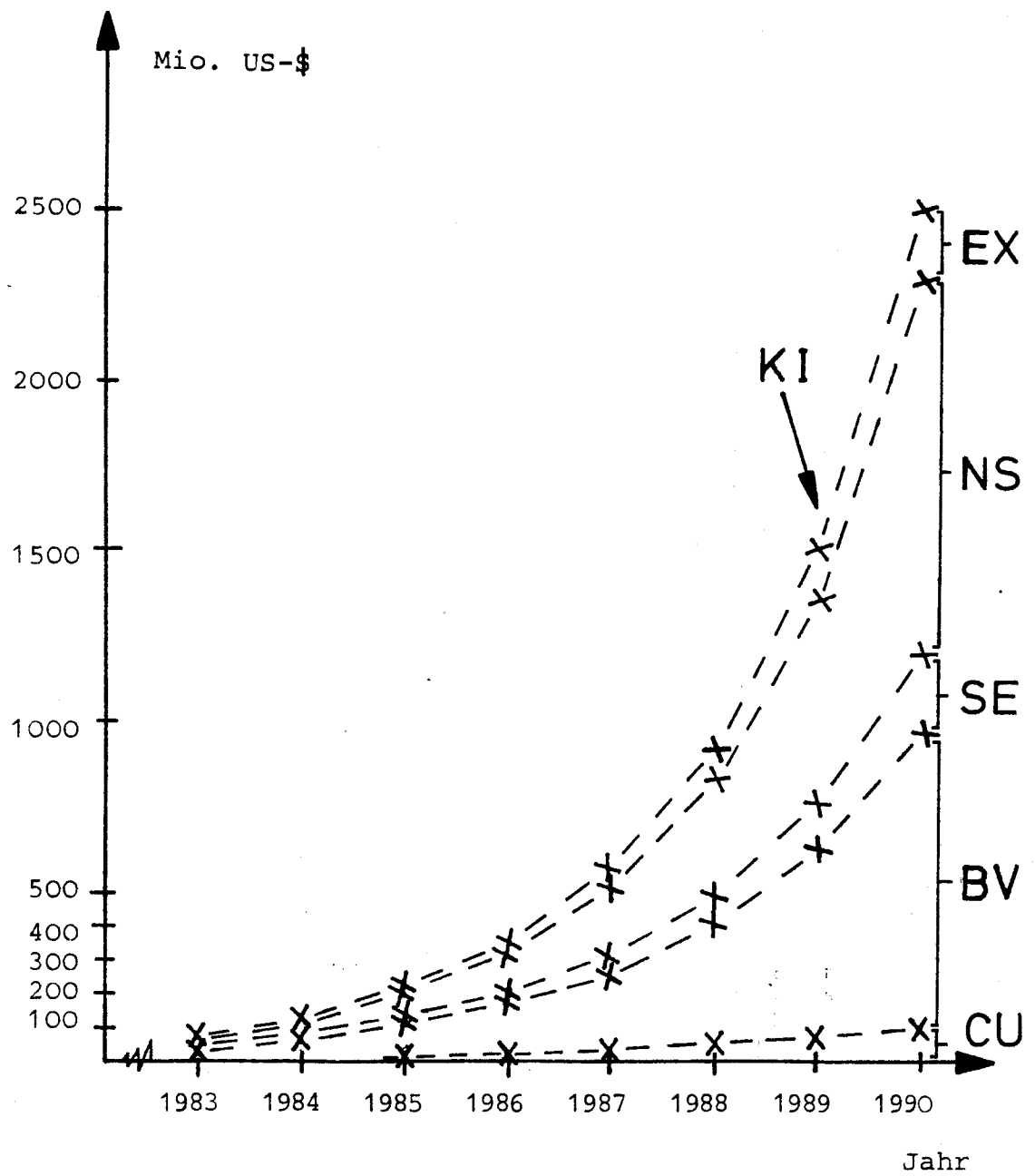


Abb. 1 Expansion des Marktes der Vereinigten Staaten von Amerika für Produkte der Künstlichen Intelligenz nach Angaben der DM Data Inc.

Anmerkungen

BV : Bildverarbeitung

CU : Computergestützter Unterricht

EX : Expertensysteme

KI : Künstliche Intelligenz insgesamt

NS : Natürlichsprachliche Systeme

SE : Spracherkennung

Vgl. zu den Wert- und Quellenangaben, die dieser Abbildung zugrundeliegen, Tab. 1

Tab.1 : Der Abb. 1 zugrundeliegende Werte der DM Data Inc.¹⁾ über die Expansion des Marktes der Vereinigten Staaten von Amerika für Produkte der Künstlichen Intelligenz²⁾

Bereich der Künstlichen Intelligenz	Jahr										Notation in Abb. 12
	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 Intelligenz insgesamt	75	128	220	345	560	910	1500	2500			KI

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-\$

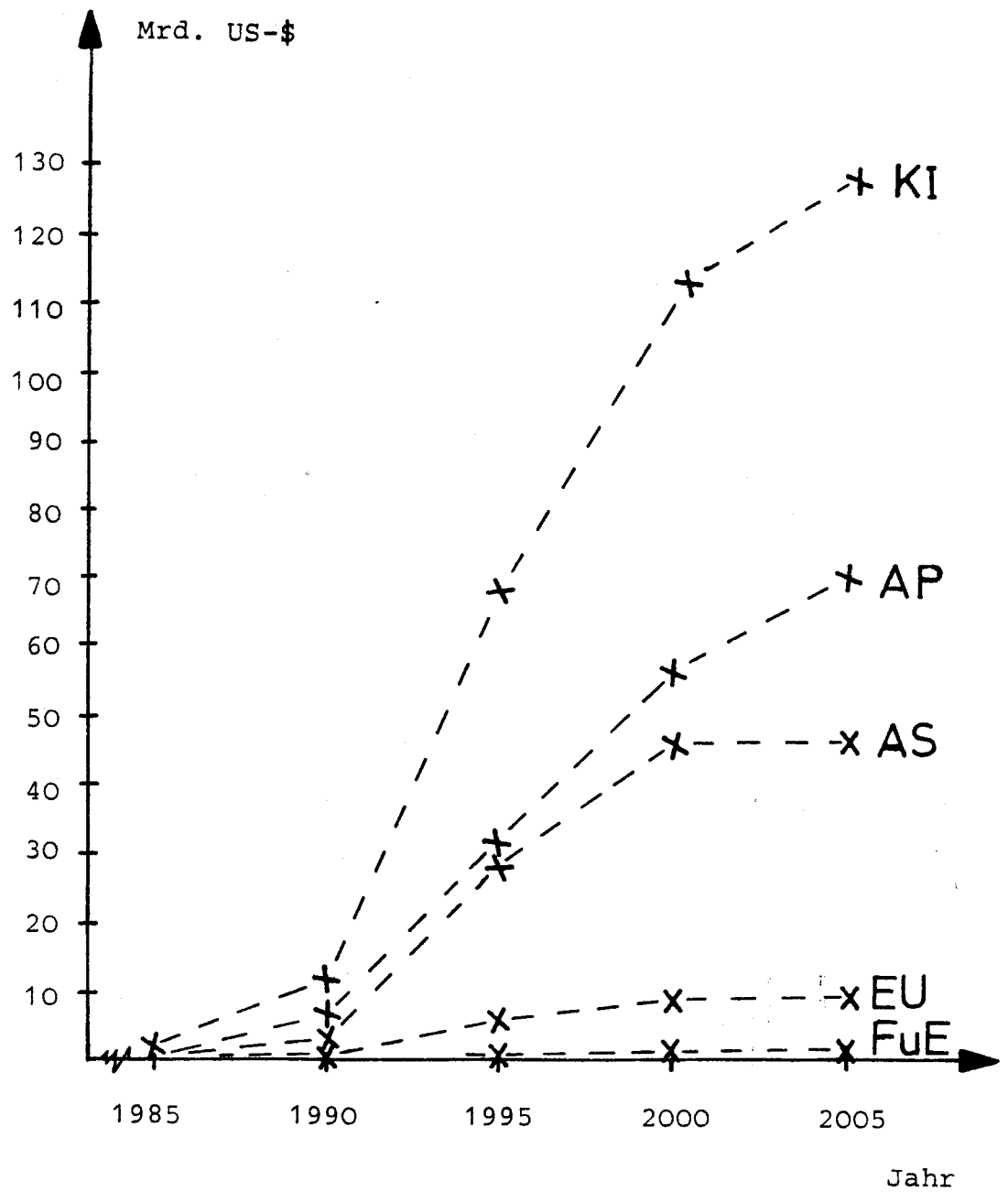


Abb. 2 Expansion des Marktes der Vereinigten Staaten von Amerika für Produkte der Künstlichen Intelligenz nach Angaben der Arthur D. Little Inc.

Anmerkungen

AP : Arbeitsplätze (Hardware)

AS : Anwendungssoftware

EU : Entwicklungsumgebungen

FuE : Forschung und Entwicklung

KI : Künstliche Intelligenz insgesamt

Vgl. zu den Wert- und Quellenangaben, die dieser Abbildung zugrundeliegen, Tab. 2

Tab. 2 : Der Abb. 2 zugrundeliegende Werte der Arthur D. Little Inc. ¹⁾ über die Expansion des Marktes der Vereinigten Staaten von Amerika für Produkte der Künstlichen Intelligenz ²⁾						
Bereich der	Jahr					Notation in Abb. 11
	1985	1990	1995	2000	2005	
Künstlichen Intelligenz						
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-\$

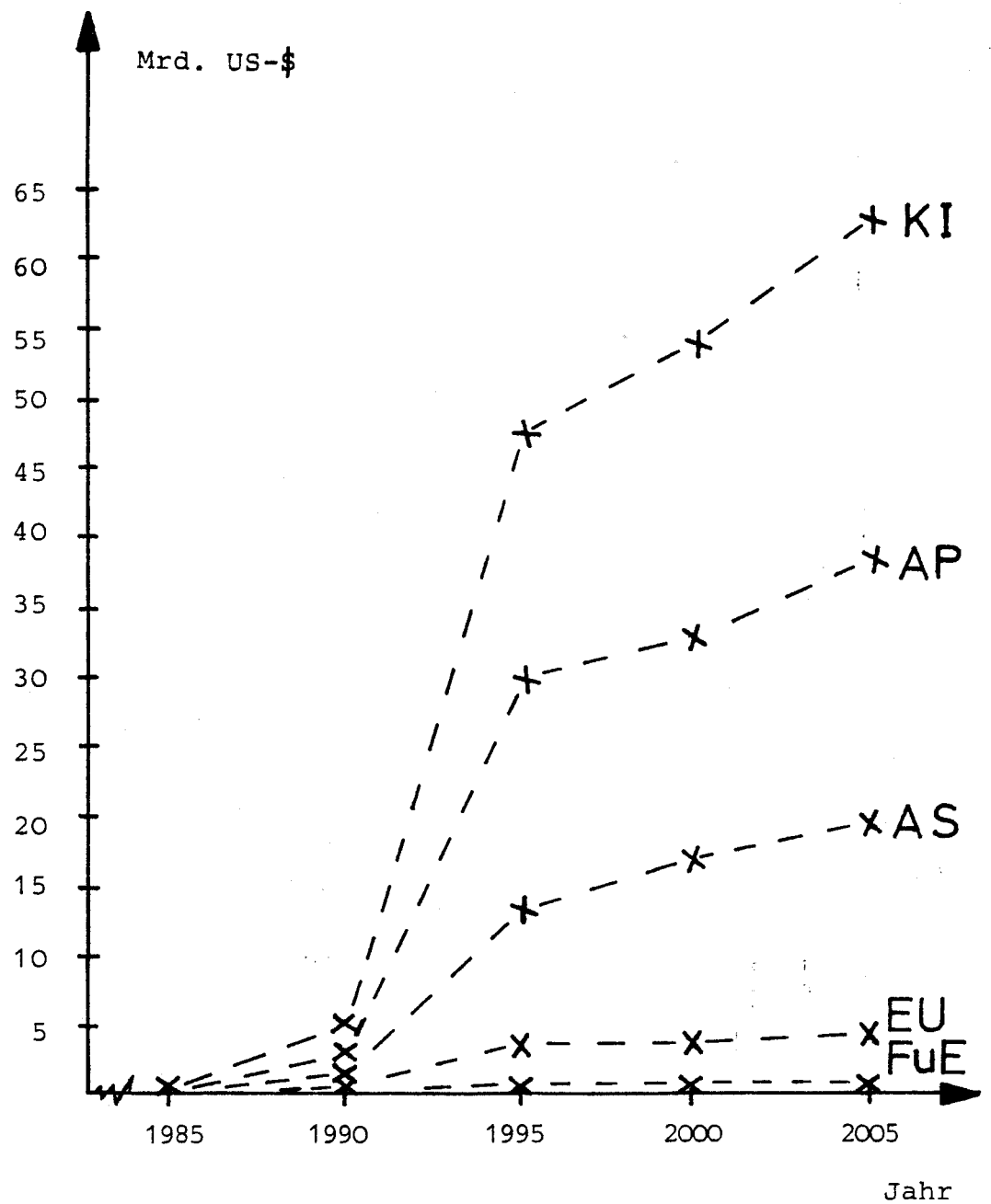


Abb. 3 Expansion des japanischen Marktes für Produkte der Künstlichen Intelligenz nach Angaben der Arthur D. Little Inc.

Anmerkungen

AP : Arbeitsplätze

AS : Anwendungssoftware

EU : Entwicklungsumgebungen

FuE : Forschung und Entwicklung

KI : Künstliche Intelligenz insgesamt

Vgl. zu den Wert- und Quellenangaben, die dieser Abbildung zugrundeliegen, Tab. 3

Tab. 3 : Der Abb. 3 zugrundeliegende Werte der Arthur D. Little Inc.¹⁾ über die Expansion des japanischen Marktes für Produkte der Künstlichen Intelligenz²⁾

Bereich der	Jahr						Notation in Abb. 15
	1985	1990	1995	2000	2005		
Künstlichen Intelligenz	0,01	3,1	30,0	32,7	38,8	AP	
Arbeitsplätze (Hardware)	0,02	1,4	13,2	16,9	19,6	AS	
Anwendungssoftware	0,05	0,5	3,4	3,8	4,2	EU	
Entwicklungsumgebungen	0,03	0,1	0,6	0,7	0,8	FUE	
Forschung und Entwicklung	0,10	5,1	47,3	54,2	63,3	KI	

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

2) Angaben in Mrd. US-\$

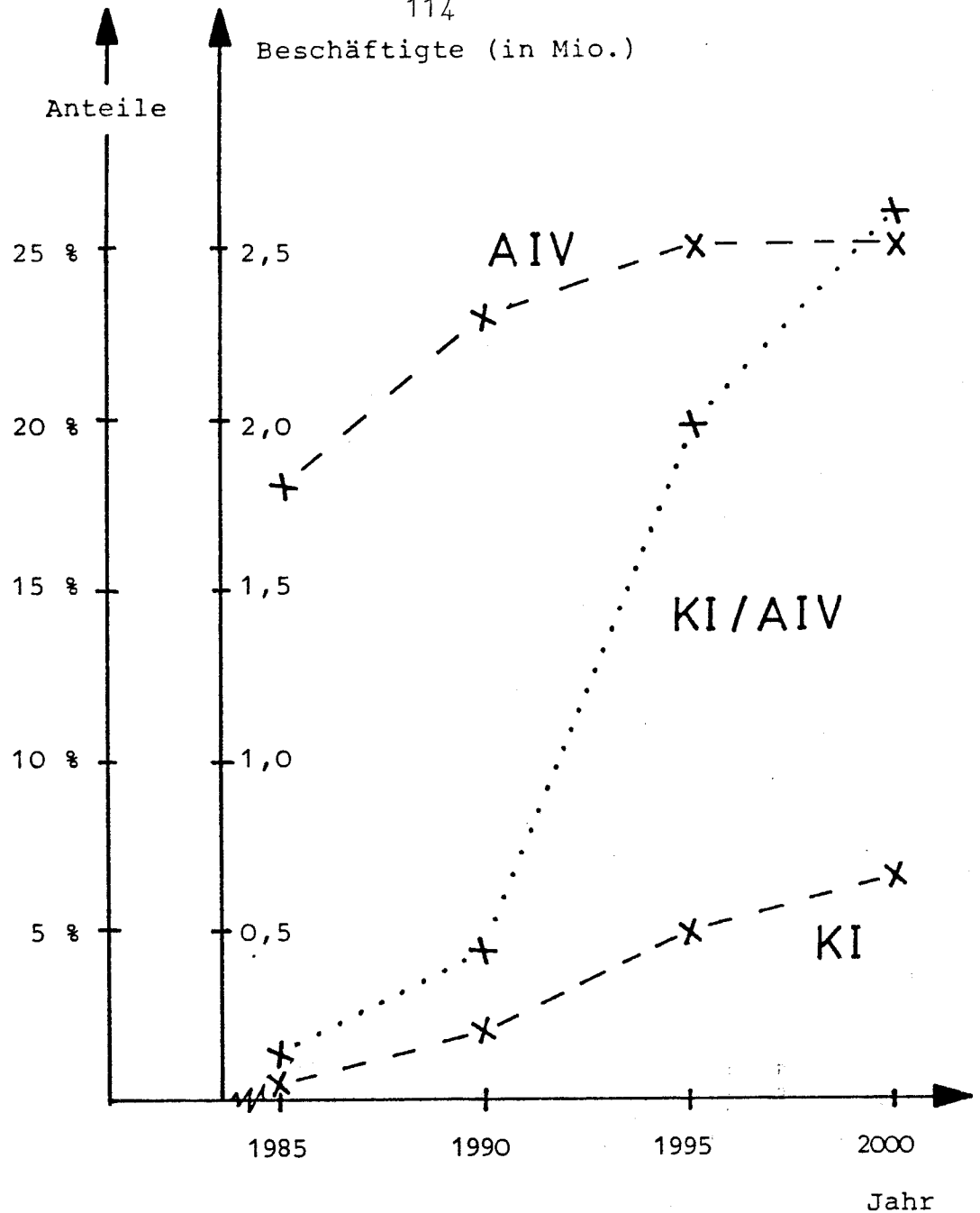


Abb. 4 Expansion des seitens der Künstlichen Intelligenz in den Vereinigten Staaten von Amerika gebundenen Humankapitals im Vergleich zur Entwicklung der Humankapitalbindung der Vereinigten Staaten von Amerika im Sektor der Automatischen Informationsverarbeitung nach Angaben der Arthur D. Little Inc.

Anmerkungen

AIV : Beschäftigte im Sektor der Automatischen Informationsverarbeitung

KI : Beschäftigte im Sektor der Künstlichen Intelligenz

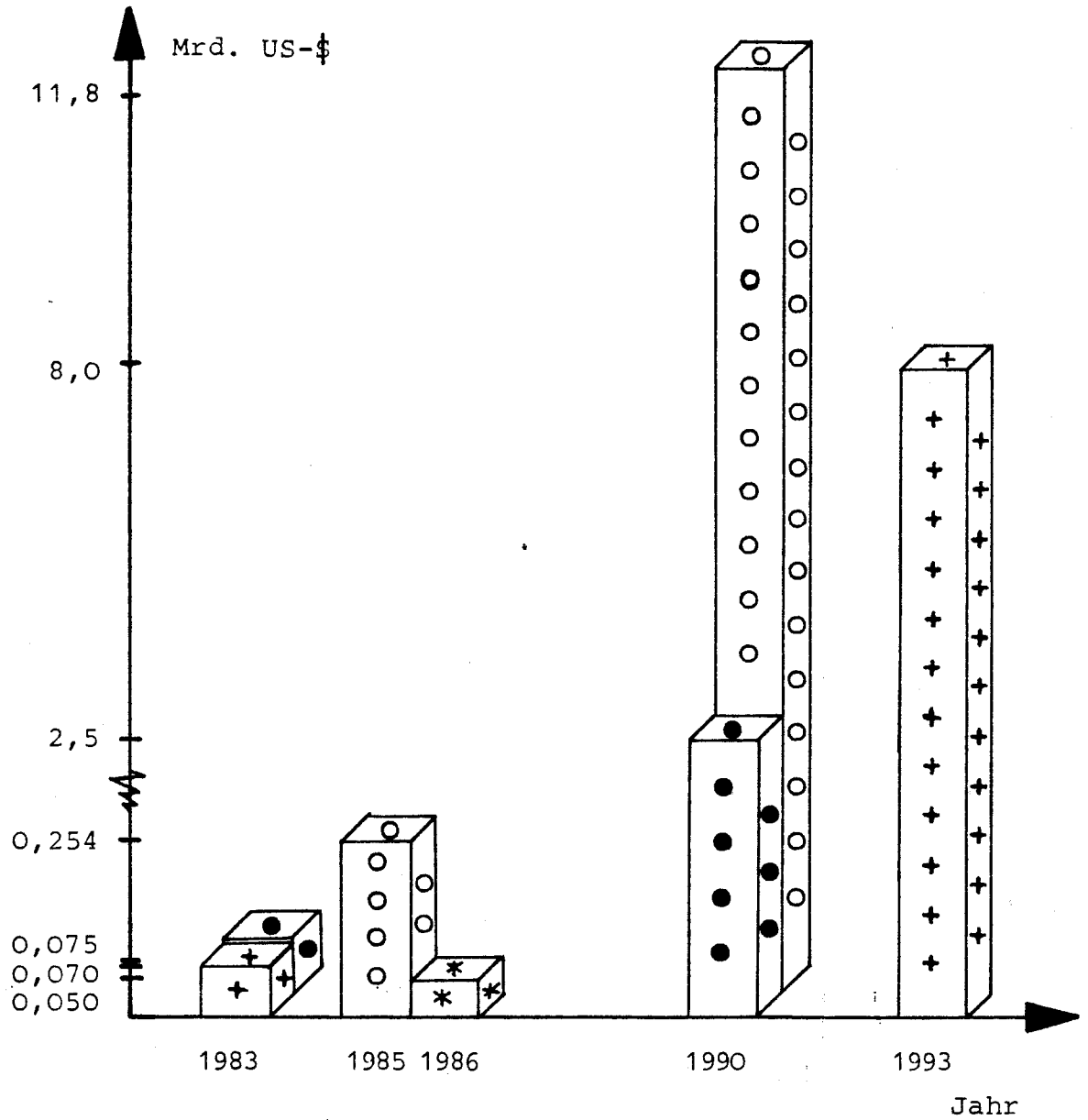
KI/AIV : Beschäftigungsanteil des Sektors der Künstlichen Intelligenz am Sektor der Automatischen Informationsverarbeitung

Vgl. zu den Wert- und Quellenangaben, die dieser Abbildung zugrundeliegen, Tab. 4

Beschäftigungskategorien	Jahr				Notation in Abb. 14
	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

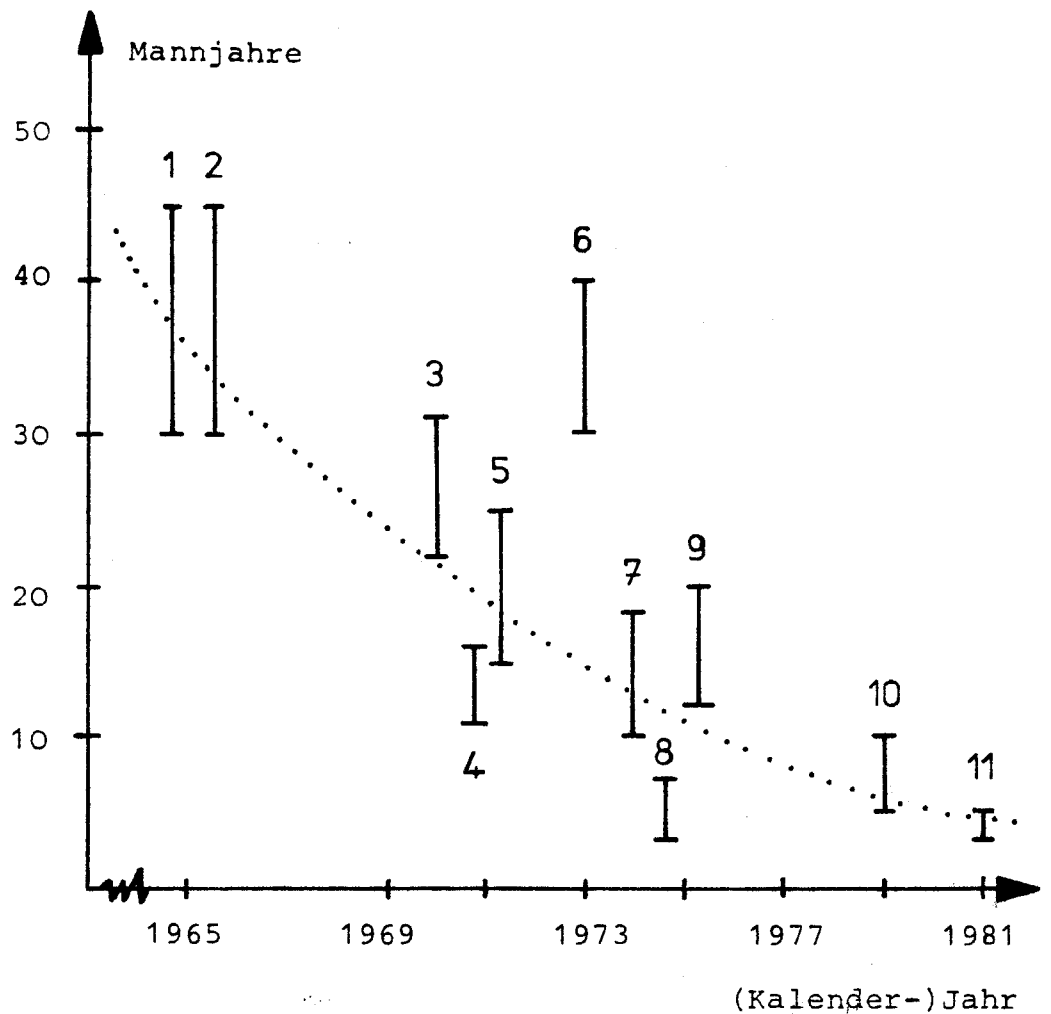
Tab. 4 : Der Abb. 4 zugrundeliegende Werte der Arthur D. Little Inc.¹⁾ über die Expansion des seitens der Künstlichen Intelligenz in den Vereinigten Staaten von Amerika gebundenen Humankapitals im Vergleich zur Entwicklung der Humankapitalbindung der Vereinigten Staaten von Amerika im Sektor der Automatischen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

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



- Prognosewerte der Arthur D. Little Inc.
- Prognosewerte der DM Data Inc.
- ⊕ Prognosewerte der Diebold Group Inc.
- * Prognosewerte von Verity

Abb. 5 Unsicherheitsraum exemplarischer Prognosen hinsichtlich der Expansion des Marktes der Vereinigten Staaten von Amerika für Produkte der Künstlichen Intelligenz



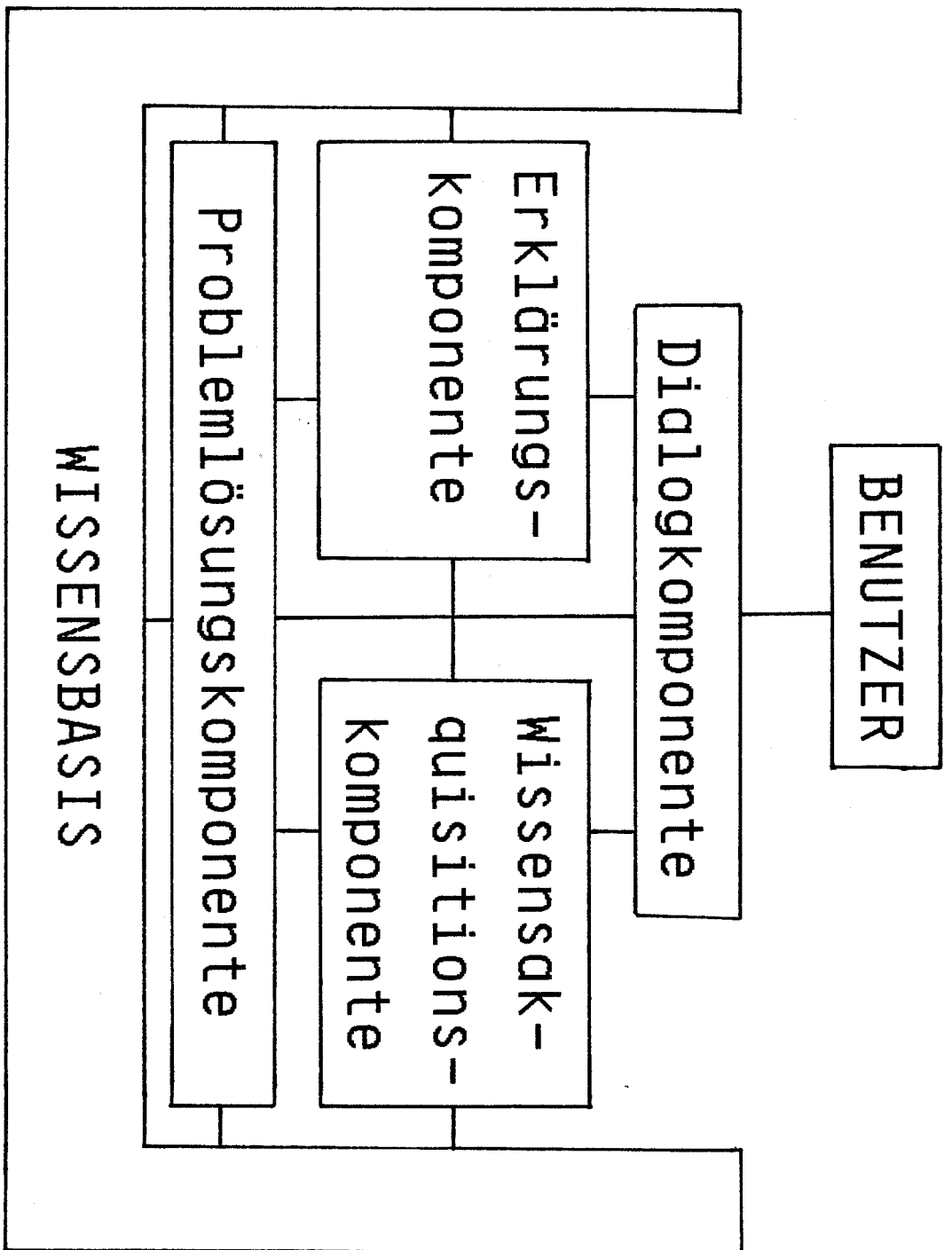
Legende

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

Abb. 6 Reduzierung des Entwicklungsaufwands von Expertensystemen

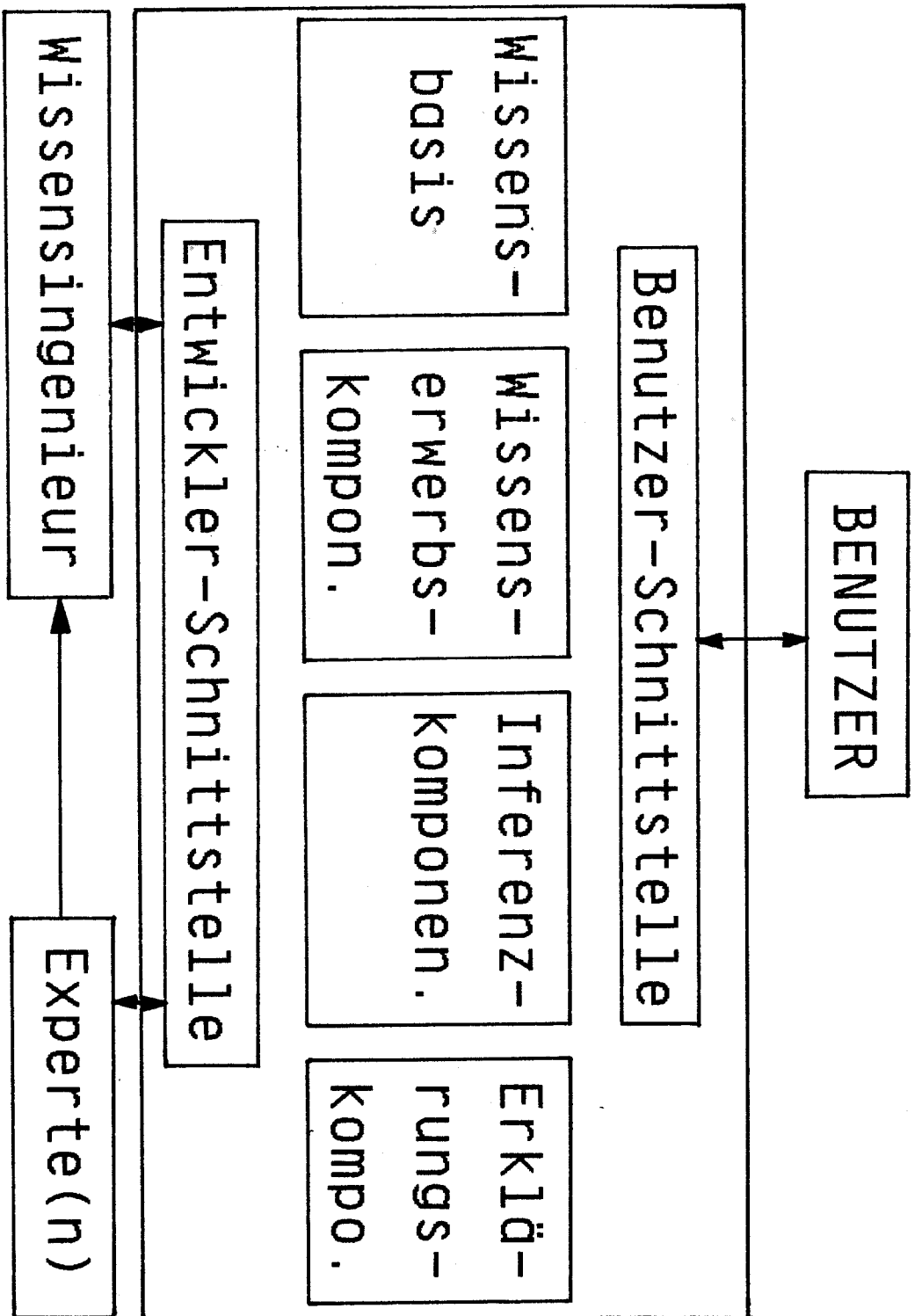
Quelle

Zelewski (1986a), S.51, und die dort angeführten Quellen



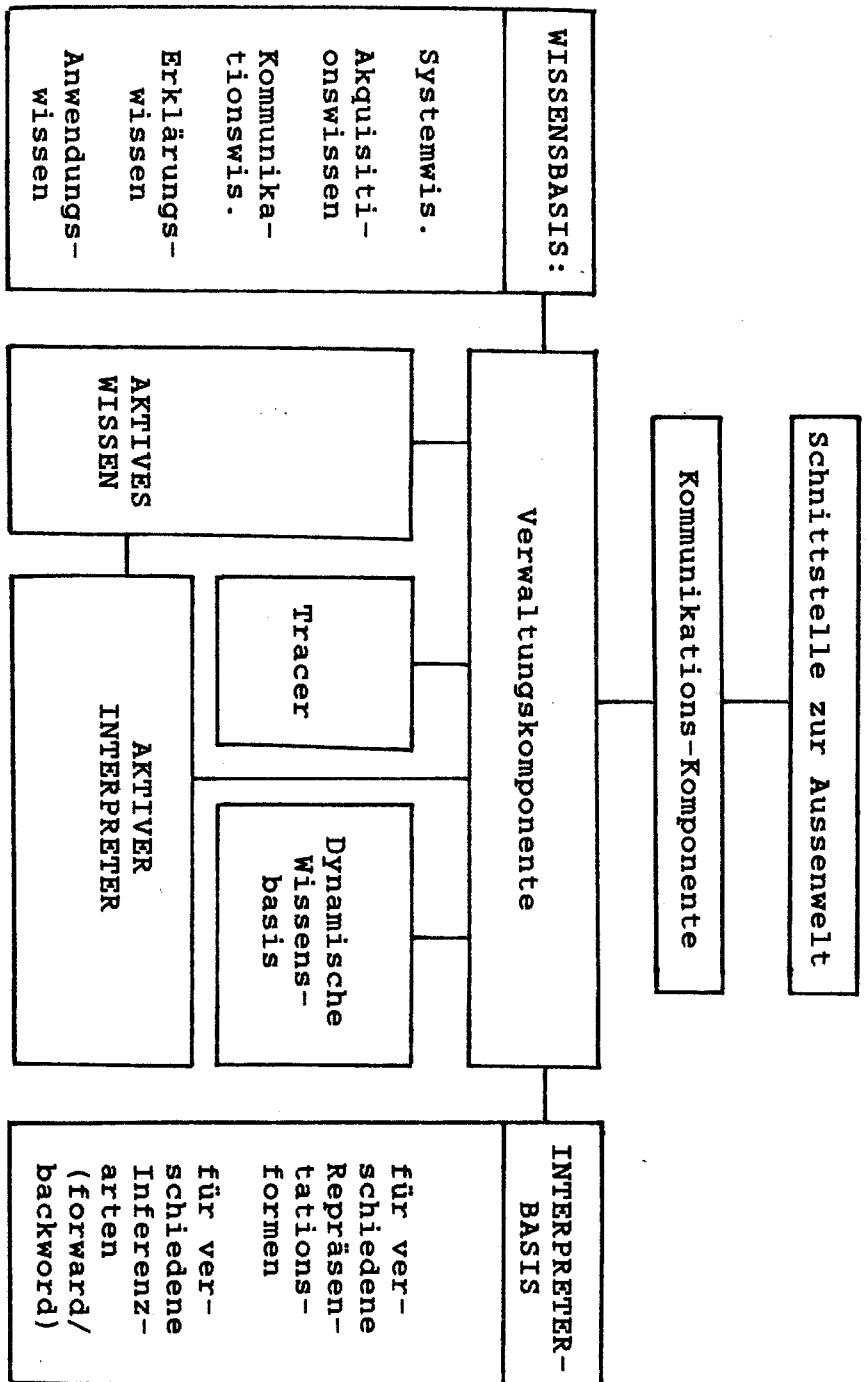
(nach RAULIEFS 1982, S. 63)

Abb. 7



(nach IBM Deutschland GmbH 1986/Behrendt 1986, Abb. 2)

Abb. 8



(nach BUNGERS 1984, S. 6)

Abb. 9

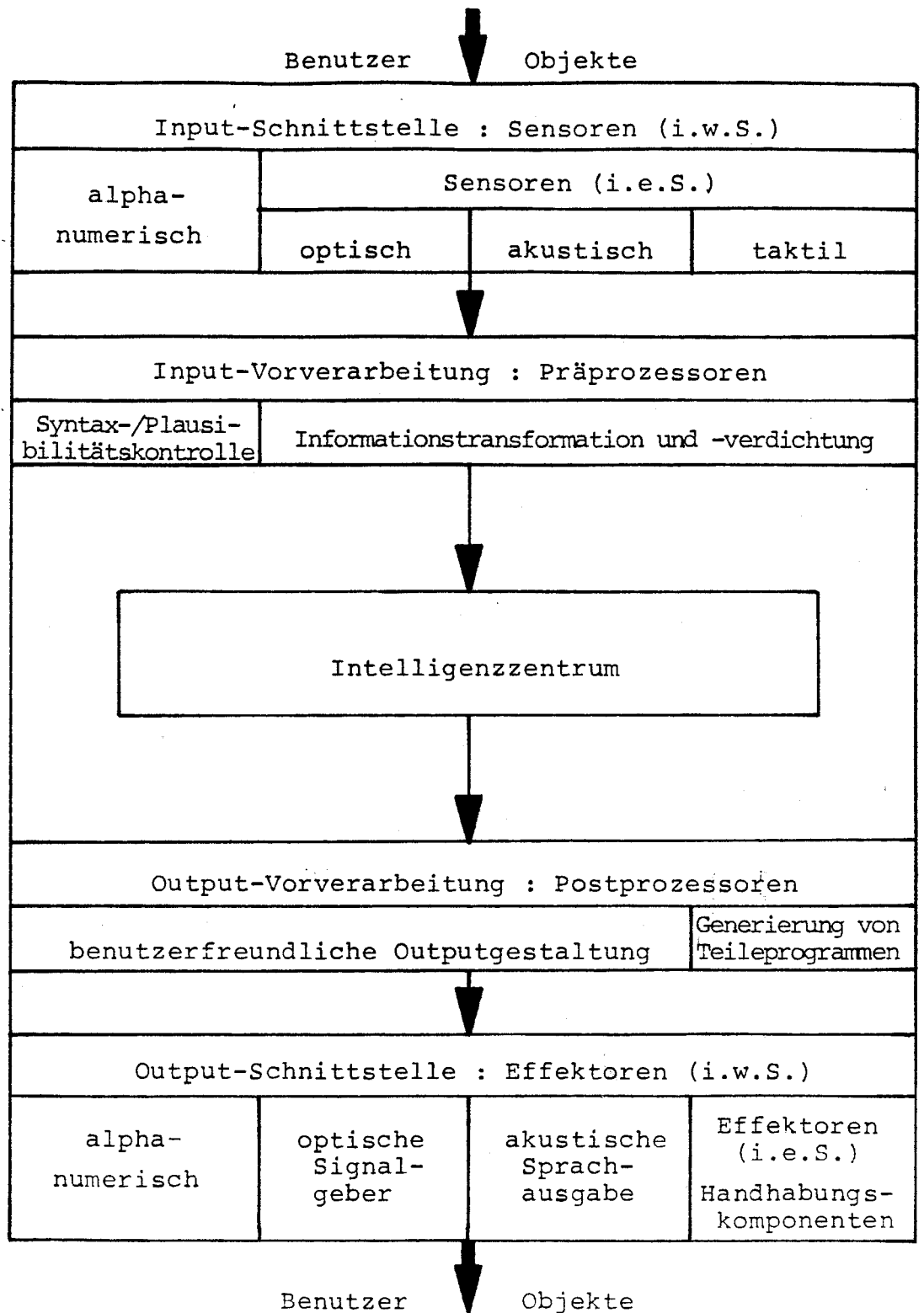


Abb. 10 Strukturschema eines intelligenten Automaten auf der ersten Hierarchieebene: Hervorhebung der Intelligenzperipherie

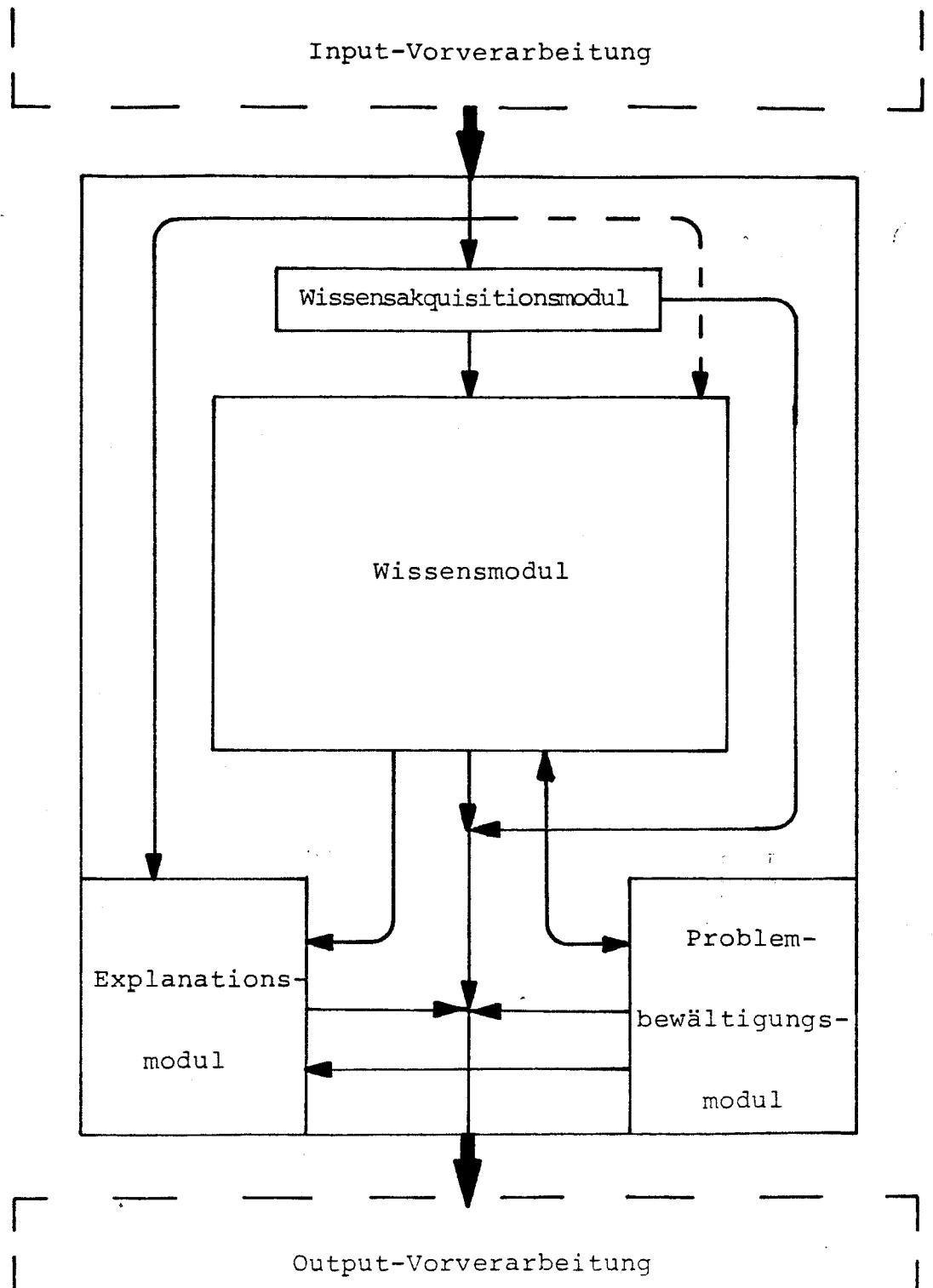


Abb. 11 Struktur(tteil)schema eines intelligenten Automaten auf der zweiten Hierarchieebene: Grobdarstellung des Intelligenzzentrums

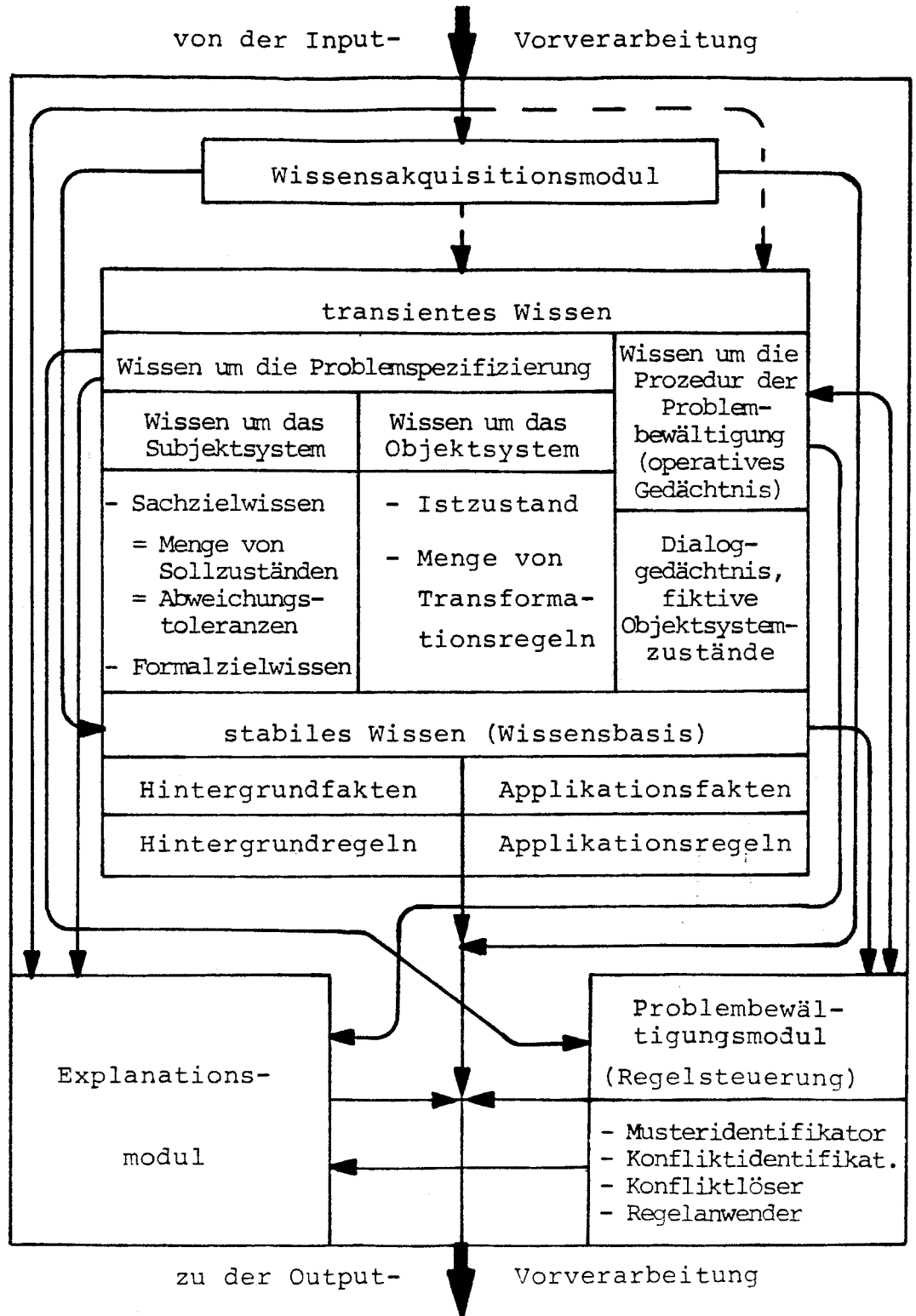


Abb. 12 Struktur(teil)schema eines intelligenten Automaten auf der dritten Hierarchieebene: Feindarstellung des Intelligenzzentrums

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 intelligenter Automaten

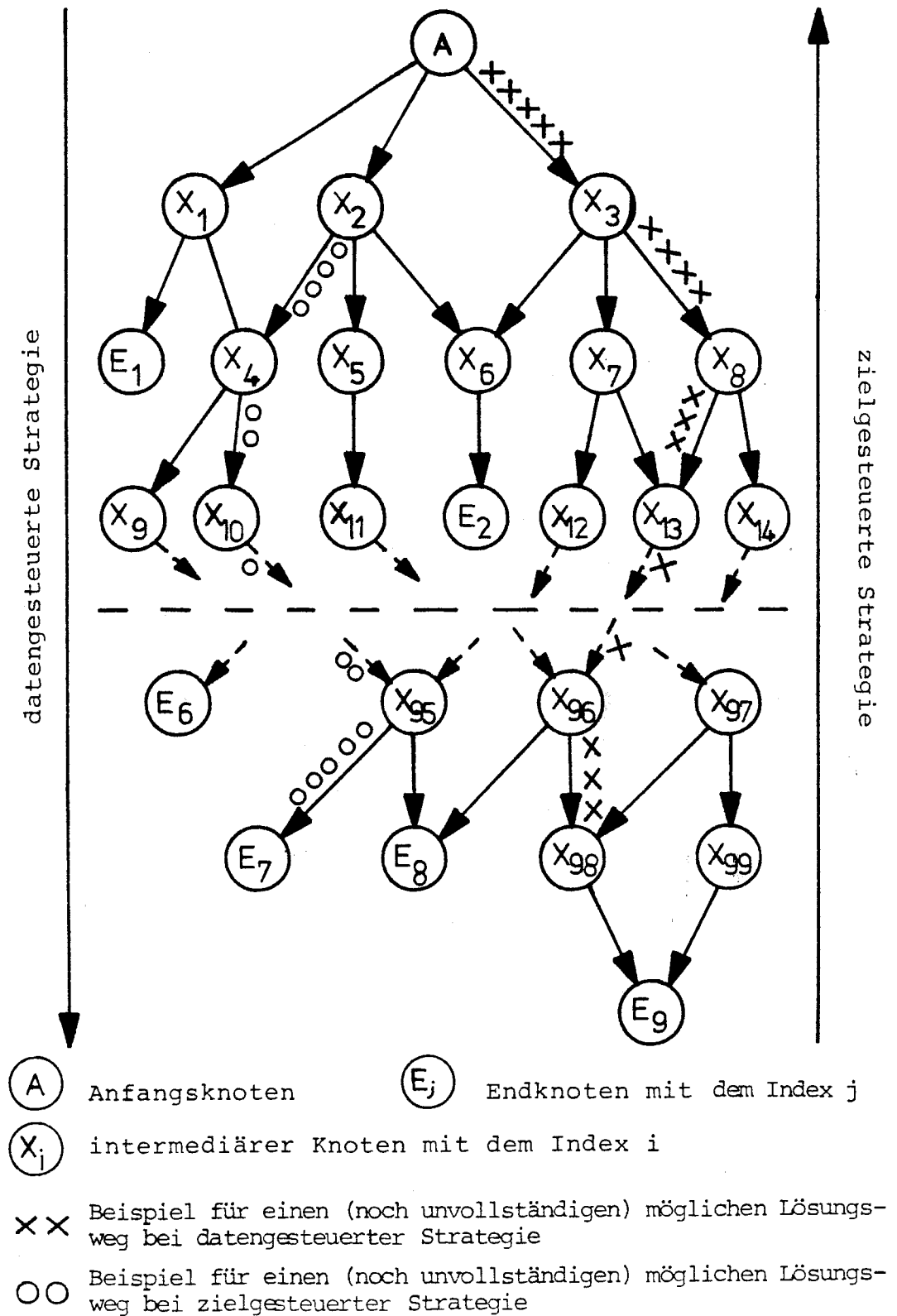


Abb. 14 Daten- und zielgesteuerte Strategie zur Lösung eines Problems, das mit Hilfe seines Problemgraphen spezifiziert wurde

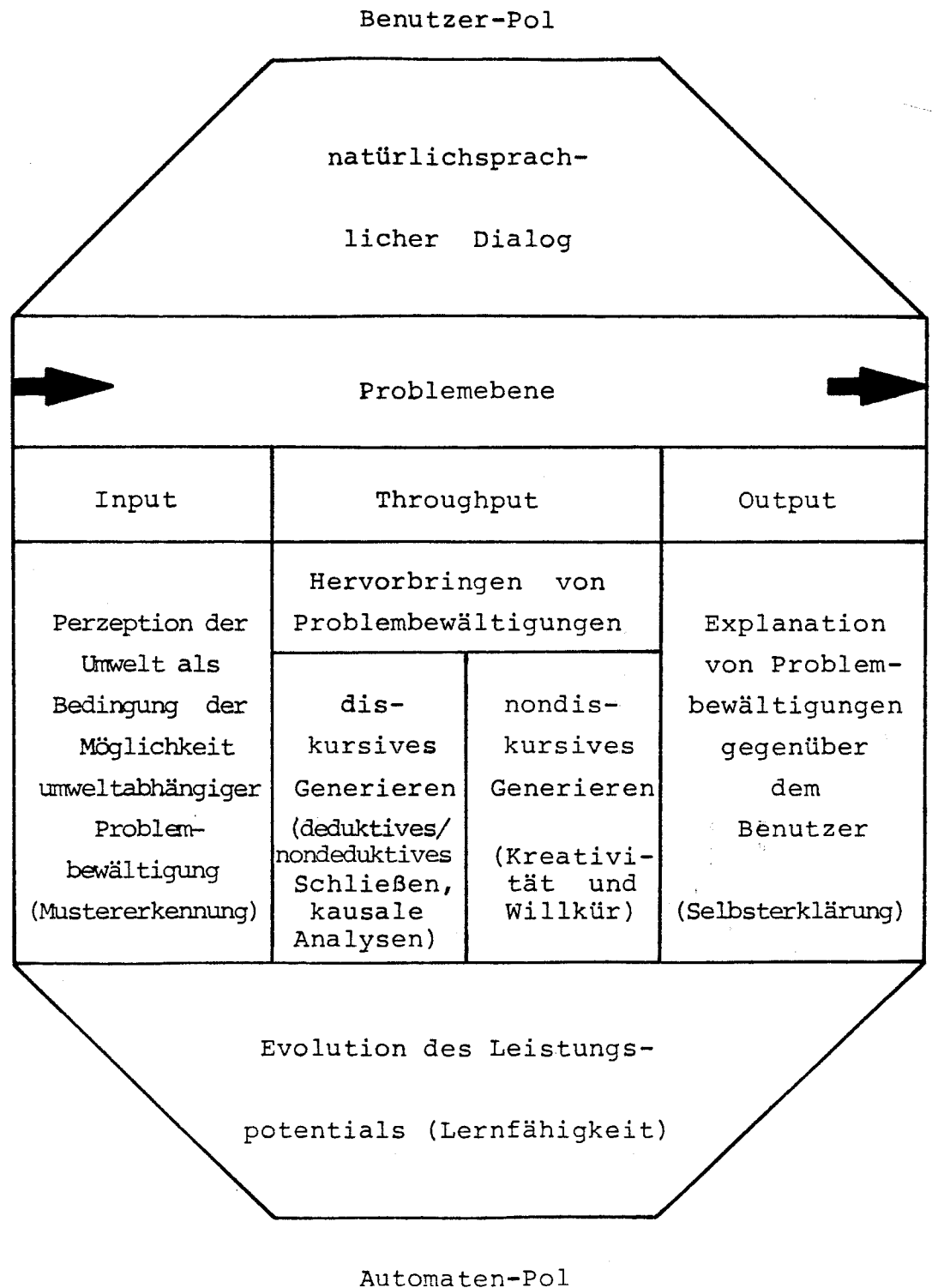


Abb. 15 Das Leistungspotential intelligenter Automaten im zusammenfassenden Überblick

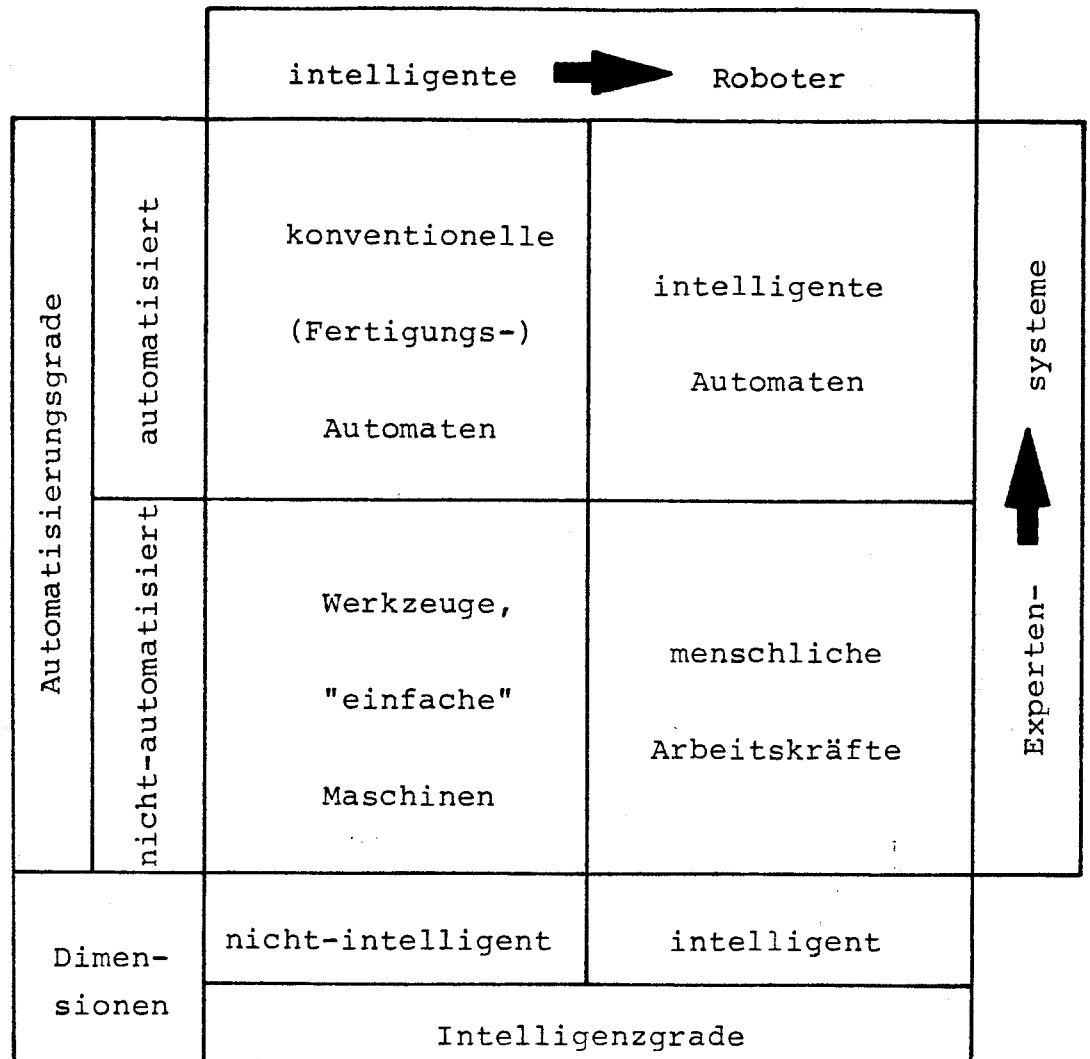


Abb. 16 Schema kombinierter Automatisierungs- und Intelligenzgrade

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 Industrieunternehmen - aus produktiver und sozialer Sicht -, Köln 1988.