

Sonderdruck aus:

# Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

Werner Dostal

Expertensysteme und Beschäftigung

26. Jg./1993

**1**

## Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (MittAB)

Die MittAB verstehen sich als Forum der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Es werden Arbeiten aus all den Wissenschaftsdisziplinen veröffentlicht, die sich mit den Themen Arbeit, Arbeitsmarkt, Beruf und Qualifikation befassen. Die Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift sollen methodisch, theoretisch und insbesondere auch empirisch zum Erkenntnisgewinn sowie zur Beratung von Öffentlichkeit und Politik beitragen. Etwa einmal jährlich erscheint ein „Schwerpunktheft“, bei dem Herausgeber und Redaktion zu einem ausgewählten Themenbereich gezielt Beiträge akquirieren.

### *Hinweise für Autorinnen und Autoren*

Das Manuskript ist in dreifacher Ausfertigung an die federführende Herausgeberin Frau Prof. Jutta Allmendinger, Ph. D. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 90478 Nürnberg, Regensburger Straße 104 zu senden.

Die Manuskripte können in deutscher oder englischer Sprache eingereicht werden, sie werden durch mindestens zwei Referees begutachtet und dürfen nicht bereits an anderer Stelle veröffentlicht oder zur Veröffentlichung vorgesehen sein.

Autorenhinweise und Angaben zur formalen Gestaltung der Manuskripte können im Internet abgerufen werden unter [http://doku.iab.de/mittab/hinweise\\_mittab.pdf](http://doku.iab.de/mittab/hinweise_mittab.pdf). Im IAB kann ein entsprechendes Merkblatt angefordert werden (Tel.: 09 11/1 79 30 23, Fax: 09 11/1 79 59 99; E-Mail: [ursula.wagner@iab.de](mailto:ursula.wagner@iab.de)).

### Herausgeber

Jutta Allmendinger, Ph. D., Direktorin des IAB, Professorin für Soziologie, München (federführende Herausgeberin)  
Dr. Friedrich Buttler, Professor, International Labour Office, Regionaldirektor für Europa und Zentralasien, Genf, ehem. Direktor des IAB  
Dr. Wolfgang Franz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Mannheim  
Dr. Knut Gerlach, Professor für Politische Wirtschaftslehre und Arbeitsökonomie, Hannover  
Florian Gerster, Vorstandsvorsitzender der Bundesanstalt für Arbeit  
Dr. Christof Helberger, Professor für Volkswirtschaftslehre, TU Berlin  
Dr. Reinhard Hujer, Professor für Statistik und Ökonometrie (Empirische Wirtschaftsforschung), Frankfurt/M.  
Dr. Gerhard Kleinhenz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Passau  
Bernhard Jagoda, Präsident a.D. der Bundesanstalt für Arbeit  
Dr. Dieter Sadowski, Professor für Betriebswirtschaftslehre, Trier

### Begründer und frühere Mitherausgeber

Prof. Dr. Dieter Mertens, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Karl Martin Bolte, Dr. Hans Büttner, Prof. Dr. Dr. Theodor Ellinger, Heinrich Franke, Prof. Dr. Harald Gerfin, Prof. Dr. Hans Kettner, Prof. Dr. Karl-August Schäfer, Dr. h.c. Josef Stिंगl

### Redaktion

Ulrike Kress, Gerd Peters, Ursula Wagner, in: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit (IAB), 90478 Nürnberg, Regensburger Str. 104, Telefon (09 11) 1 79 30 19, E-Mail: [ulrike.kress@iab.de](mailto:ulrike.kress@iab.de): (09 11) 1 79 30 16, E-Mail: [gerd.peters@iab.de](mailto:gerd.peters@iab.de): (09 11) 1 79 30 23, E-Mail: [ursula.wagner@iab.de](mailto:ursula.wagner@iab.de): Telefax (09 11) 1 79 59 99.

### Rechte

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrofotos u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

### Herstellung

Satz und Druck: Tümmels Buchdruckerei und Verlag GmbH, Gundelfinger Straße 20, 90451 Nürnberg

### Verlag

W. Kohlhammer GmbH, Postanschrift: 70549 Stuttgart; Lieferanschrift: Heßbrühlstraße 69, 70565 Stuttgart; Telefon 07 11/78 63-0; Telefax 07 11/78 63-84 30; E-Mail: [waltraud.metzger@kohlhammer.de](mailto:waltraud.metzger@kohlhammer.de), Postscheckkonto Stuttgart 163 30. Girokonto Städtische Girokasse Stuttgart 2 022 309. ISSN 0340-3254

### Bezugsbedingungen

Die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ erscheinen viermal jährlich. Bezugspreis: Jahresabonnement 52,- € inklusive Versandkosten: Einzelheft 14,- € zuzüglich Versandkosten. Für Studenten, Wehr- und Ersatzdienstleistende wird der Preis um 20 % ermäßigt. Bestellungen durch den Buchhandel oder direkt beim Verlag. Abbestellungen sind nur bis 3 Monate vor Jahresende möglich.

### Zitierweise:

MittAB = „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ (ab 1970)  
Mitt(IAB) = „Mitteilungen“ (1968 und 1969)  
In den Jahren 1968 und 1969 erschienen die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ unter dem Titel „Mitteilungen“, herausgegeben vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit.

**Internet:** <http://www.iab.de>

# Expertensysteme und Beschäftigung

## Gibt es derzeit erkennbare Auswirkungen von Systemen Künstlicher Intelligenz auf Beschäftigung und Berufe?

Werner Dostal\*

Computeranwendungen, die mit den Begriffen „Künstliche Intelligenz“ und „Expertensysteme“ umschrieben werden, sollen zukünftig den Umgang mit Computern vereinfachen und Leistungen maschineller Intelligenz ermöglichen, die bislang mit den traditionellen Computeranwendungen nicht zufriedenstellend erbracht werden konnten. Somit sind umfangreiche Beschäftigungseffekte zu erwarten.

Ein Blick auf die heutige Realität zeigt aber, daß zwar immer wieder eindrucksvolle Leistungen erreicht werden, daß aber die Technologie der Künstlichen Intelligenz heute noch nicht in der Lage ist, menschliche Arbeitsaufgaben umfassend zu substituieren. Wie in jeder technischen Entwicklung sind die Schritte mühsam und nicht immer erfolgreich und mit jedem Entwicklungsschritt tauchen neue Probleme und Schwierigkeiten auf, die zusätzlich gelöst werden müssen. Die angestrebten Ergebnisse werden nur teilweise und mit erheblicher Verzögerung erreicht.

Aus diesem Grunde sind die Beschäftigungseffekte nur marginal. Sie mögen in der Zukunft größer werden, doch gibt es derzeit keine Indizien für eine plötzliche Veränderung. Folgende Aussagen lassen sich auf der Basis der vorliegenden Informationen und Daten treffen:

- Systeme der Künstlichen Intelligenz treten immer vermischt mit Produkten und Problemlösungen auf. Eine isolierte Zurechnung von Beschäftigungseffekten ist deshalb nicht möglich.
- Systeme der Künstlichen Intelligenz sind noch in der Entwicklung. Die bei den ersten Prototypen aufgetretenen Beschäftigungseffekte lassen sich nicht auf zukünftige Systeme hochrechnen.
- Die Zahl der heute mit Künstlicher Intelligenz befaßten Fachleute läßt sich grob abschätzen, nicht aber die heute oder in nächster Zeit durch diese Systeme substituierten Experten.
- Neue Berufe, wie der immer wieder erwähnte „Wissensingenieur“, sind zumindest bisher auf dem Arbeitsmarkt und in der Beschäftigung nicht relevant.

### Gliederung

- 1 Ausgangssituation
- 2 Künstliche Intelligenz und Expertensysteme
  - 2.1 Definitionen künstlicher Intelligenz (KI)
  - 2.2 Expertensysteme (XPS)
  - 2.3 Künstliche Intelligenz und konventionelle EDV
  - 2.4 Die 5. Computergeneration
  - 2.5 Künstliche-Intelligenz-Forschung
- 3 Bedeutung von Künstlicher Intelligenz
  - 3.1 Die Vielfalt der Anwendungsfelder von Künstlicher Intelligenz
  - 3.2 Realisierungsstand von Künstlicher Intelligenz und von Expertensystemen
  - 3.3 Aktuelle Einschätzung der Bedeutung von Künstlicher Intelligenz
- 4 Folgenabschätzung der Künstlichen Intelligenz
- 5 Beschäftigungseffekte
  - 5.1 Messung und Zurechnung der Beschäftigungswirkungen zu den jeweiligen Auslösern
  - 5.2 Expertensysteme und Experten
  - 5.3 Beschäftigungswirkungen von Expertensystemen
  - 5.4 Fallstudienaussagen
  - 5.5 Betriebswirtschaftliche Effekte von Expertensystemen

5.6 Die Entwickler von Expertensystemen und Systemen Künstlicher Intelligenz

5.7 Der Knowledge-Engineer

6 Zusammenfassung und Ausblick

7 Literatur

### 1 Ausgangssituation

Die Diskussion um Techniken, die die Arbeit von Menschen substituieren können, flackert immer wieder auf, wenn neue Techniken bekannt werden, denen „menschliche“ oder „mensenähnliche“ Fähigkeiten zugeschrieben werden und die damit in der Lage sind, Tätigkeiten von Menschen zu übernehmen.

Im Laufe der letzten Jahre waren es vor allem die Roboter, die im Umfeld der Handarbeit diese Substitution herbeizuführen schienen und die aus dieser Sicht intensiv in der Öffentlichkeit diskutiert wurden, ohne daß sie bis heute die seinerzeit erwartete Bedeutung gefunden hätten. Die Bedeutung dieser Substitution wurde aber nicht weiter problematisiert, da argumentiert wurde, die menschliche Arbeitsleistung sei für einfache Handhabungstätigkeiten ohnehin zu wertvoll, die Bestimmung des Menschen läge mehr im intellektuellen Bereich, in der Verarbeitung von Informationen und im Fällen differenzierter Entscheidungen. Menschen würden sich zu Experten entwickeln, die

dann in der Lage seien, mit Hilfe von Robotern ohne weitere körperliche Anstrengungen allein mit ihrer Intelligenz ihren Lebensunterhalt zu erwerben.

Mit der Computer- und Informationstechnik wurden in den letzten Jahrzehnten viele Informationsprozesse unterstützt und entsprechend verändert. Ein Durchbruch im Sinne einer umfassenden Substitution menschlicher Informationsarbeit hat aber nicht stattgefunden, wie es an dem weiteren Wachstum der Informationsberufe nachweisbar ist (siehe dazu Dostal 1988 b).

Hier muß die Kunde von maschinell realisierten Expertensystemen, von „Künstlicher Intelligenz“ (in der Folge „KI“ abgekürzt), empfindlich stören: Offenbar sind auch diese gehobenen Tätigkeiten durch technische Systeme bereits okkupiert, bevor sie noch für Arbeitsplätze von Menschen ausreichend zur Verfügung gestanden hatten. Die Hoffnung auf stabile Beschäftigungsfelder für Experten mit guter Arbeitsplatzqualität scheint bereits wieder zu trügen. Die Computer, die bereits bei den Robotern mitgeholfen haben, Arbeitskräfte zu substituieren, schicken sich nun an, auch im Bereich geistiger Arbeit die Menschen zu überflügeln. Allerdings sind – wie im Falle der Roboter – Zweifel angebracht, ob diese Substitution wirklich so realistisch ist und ob sich nicht eine neue Symbiose zwischen dem Menschen und der Technik entwickelt, aus der sich manche anfänglichen Befürchtungen als nicht so kritisch herausstellen (siehe dazu die Bewertung des Robotereinsatzes bei Edler und Meyer-Krahmer 1989, S. 143 ff.).

Die Frage nach der Bedeutung dieser Entwicklungen für die Nachfrage nach Arbeitskräften, für die Beschäftigung, für Berufe und für Qualifikationen, muß auch in der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung behandelt werden. In der folgenden Analyse wurde versucht, anhand der heute zugänglichen Informationen ein Bild von den Beschäftigungseffekten dieser neuen Technik zu geben, soweit dies möglich ist.

## 2 Künstliche Intelligenz und Expertensysteme

Schon die frühe Bezeichnung der Computer als „Elektroengehirn“ macht deutlich, daß die Möglichkeit menschenähnlicher Informationsverarbeitung durch digitale Computer von Anfang an bewußt gewesen ist. Die Substitution von menschlicher Denkarbeit durch Computer ist parallel zur Computerentwicklung immer wieder diskutiert worden. Die anfängliche Euphorie universeller Anwendbarkeit, wie sie bei neuen Techniken oder Verfahren immer wieder erkennbar ist, hat sich aber in der Praxis, je mehr Erfahrungen gemacht wurden, immer weiter gelegt. Bereits als sicher erwartete Problemlösungen wie die Spracherkennung oder die maschinelle Sprachübersetzung können heute noch nicht in zufriedenstellender Weise angeboten werden. Allerdings flackert diese Technik-euphorie immer dann auf, wenn Fachleute beispielsweise Erklärungen publizieren wie: „Tatsache ist, daß sämtliche beteiligten Wissenschaftler heute von der Annahme ausgehen, daß man intelligente Prozesse auf den Rechner bringen kann, daß es im Prinzip keine Unterschiede zwischen menschlichen Denkleistungen und Denken auf dem Rechner gibt und daß dies tiefgreifende und fundamentale Umwälzungen in unserem Leben nach sich ziehen wird.“ (Siekman 1988, S. 21).

Die Forschung über die Künstliche Intelligenz und ihrer Wirkungen auf Mensch und Gesellschaft ist bereits recht alt – eine aktuelle Bestandsaufnahme (Klawitter 1992,

S. 14) verfolgt die Wurzeln bis ins alte Ägypten etwa 2500 v. Chr., meint aber, einen neueren Beginn bei Alan Turing zu sehen, der in den 30er Jahren in diesem Gebiet tätig wurde und auf den der 1950 definierte „Turing-Test“ zurückgeht, der folgendes besagt: Ein Beobachter führt einen Dialog über eine technische Einrichtung und weiß nicht, ob sich am anderen Ende der Leitung ein Mensch oder ein Computer befindet. KI ist realisiert, wenn eine Unterscheidung nicht mehr möglich ist.

Die Diskussionen um die gesellschaftlichen und beschäftigungsbezogenen Effekte hat sich neuerlich verdichtet, seitdem in der Praxis anwendbare und leistungsfähige Elemente dieser Künstlichen Intelligenz, und zwar vor allem Expertensysteme, bekanntgeworden sind. Kapazitätsmäßig besser ausgestattete Computer, neue Computerarchitekturen und weitere Erfolge bei der Softwareerstellung haben dies ermöglicht.

Die Diskussion dieser Technik in der Fachwelt und in der Öffentlichkeit spricht immer wieder auch Fragen von Beschäftigung und Beruf an. Dabei zeigen sich zunächst erhebliche Probleme, diese Technik zu definieren und abzugrenzen, sowie ihre Effekte auf die Beschäftigung und auf Berufe zu isolieren und abzuschätzen. Grundsätzlich treten dieselben Probleme auf, wie seinerzeit bei der Bewertung des Einsatzes von Mikroprozessoren aufgetreten sind: „Quantifizierungen der Auswirkungen sind . . . sehr problematisch und sollten deswegen mit Vorsicht betrachtet werden.“ (Dostal/Köstner 1977, S. 243).

### 2.1 Definitionen Künstlicher Intelligenz

Aus dem angelsächsischen Begriff „Artificial Intelligence“ (abgekürzt AI), der 1956 auf der amerikanischen Dartmouth Conference geprägt wurde, ist in Deutschland in einer wörtlichen Übersetzung die „Künstliche Intelligenz“ geworden. Intelligence heißt zwar auch Intelligenz, aber auch Verständnis, Nachricht, Auskunft. Minsky (1968) hat die folgende Definition vorgeschlagen: „Artificial Intelligence ist die Beschäftigung mit den Methoden, die es Computern ermöglichen, Aufgaben zu lösen, zu deren Lösung Intelligenz erforderlich ist, wenn sie von Menschen durchgeführt werden“ (zitiert nach Heinz/Gosmann 1990).

Das Spektrum der KI umfaßt vor allem die folgenden Möglichkeiten:

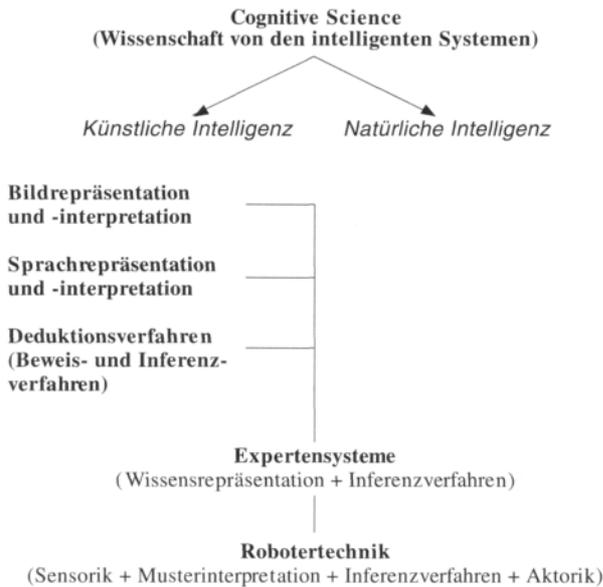
- Computer sollen natürliche Sprache, Bilder und Muster erkennen können,
- Computer sollen Wissen verarbeiten, wie es ein menschlicher Experte kann,
- Roboter sollen sich so verhalten, daß sie wie Menschen beispielsweise auf Hindernisse reagieren, fühlen, sehen und sich an die jeweilige Umgebung anpassen können.

Der Begriff KI ist somit ein Oberbegriff mit den folgenden Teilbereichen (siehe dazu ausführlicher Grüniger 1989, dort vor allem S. 67 f.):

- Expertensysteme (die gebräuchliche Abkürzung ist XPS),
- Systeme zur Mustererkennung (akustisch, optisch, sensorisch etc.),
- Kognitive Systeme,
- Wissensbanken.

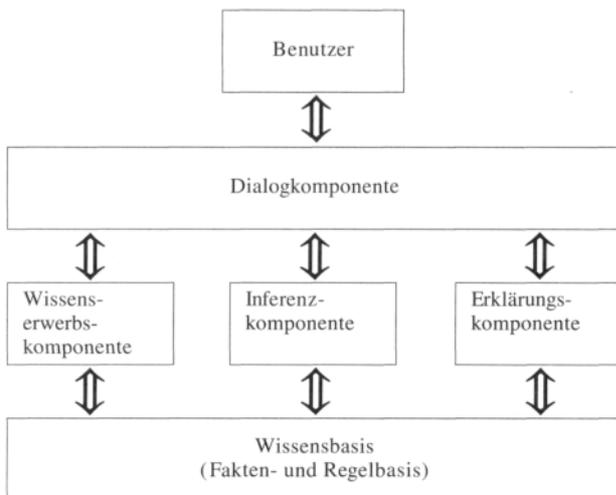
Die Übersicht I zeigt die Struktur der Wissenschaft von den intelligenten Systemen („Cognitive Science“), wie sie derzeit von den Fachleuten gesehen wird.

## Übersicht 1: Cognitive Science



Quelle: Seetzen/Stransfeld 1989, S. 7

## Übersicht 2: Expertensysteme



### 2.2 Expertensysteme

Expertensysteme (XPS) sind die heute am weitesten erprobten und in der Anwendung befindlichen Systeme der Künstlichen Intelligenz. „Ein Expertensystem ist ein Programm, das in einem eng abgegrenzten Anwendungsbereich die spezifischen Problemlösungsfähigkeiten eines menschlichen Experten erreicht oder übertrifft“ (Kurbel 1989, S. 12). Expertensysteme bestehen aus den folgenden Komponenten (siehe dazu Übersicht 2):

#### Wissensbasis

In der Wissensbasis ist der Sachverstand gespeichert, meist in Form einer Datenbank, in der einerseits Fakten, andererseits Analyse- und Entscheidungsregeln enthalten sind. In dieser Wissensbasis kann nicht nur exaktes Wissen, sondern auch unscharfes und unvollständiges Wissen (vages Wissen) enthalten sein.

#### Dialogkomponente

Mit einem Dialogprogramm kann der Nutzer mit dem Expertensystem umgehen. Da unterstellt wird, daß die Nutzer keine Computerexperten sind, ist diese Dialogkomponente mit einem höheren Komfort als Programme für Insider ausgestattet. Langfristiges Ziel ist die Sprachkoppelung zwischen Mensch und Expertensystem, doch sind heute lediglich Bedienungserleichterungen in Form grafischer Oberflächen und mit dem Einsatz verbesserter bzw. vereinfachter Tastaturen (Maus) üblich, die sich auch in anderen Anwendungsbereichen von Computern mittlerweile durchsetzen.

#### Inferenzkomponente

Damit der Bediener über seine Dialogkomponente mit der Wissensbasis umgehen kann, ist eine Inferenzkomponente erforderlich, in der die aktuelle Fragestellung bearbeitet wird. Hier wird die Schlußfolgerung gezogen und entschieden, in welcher Art und Reihenfolge die Analyse der Fragestellung und die Erarbeitung des Ergebnisses vorzunehmen ist.

#### Erklärungskomponente

Damit der Nutzer die Ergebnisse auch richtig bewerten und einordnen kann, bieten Expertensysteme in einer Erklärungskomponente Informationen darüber an, wie das jeweilige Ergebnis zustande gekommen ist.

#### Wissenserwerbskomponente

Die Füllung der Wissensbasis wird in derartigen Systemen dadurch unterstützt, daß einerseits die jeweiligen Eingaben überprüft werden, inwieweit sie formal und inhaltlich passen, andererseits sollen die Systeme lernen, d.h. aus der Nutzung heraus neues Wissen aggregieren können.

Dialog-, Inferenz-, Erklärungs- und Wissenserwerbskomponente werden gemeinsam als „Shell“, also als Benutzeroberfläche bezeichnet und häufig standardmäßig als Expertensprache angeboten. Sie werden auch als XPS-„Werkzeuge“ bezeichnet und heute in kaum noch überschaubarer Vielfalt auf dem Markt angeboten.

### 2.3 KI und konventionelle EDV

Systeme der KI nutzen traditionelle Hilfsmittel von Hardware und Software. Architekturen, Datenstrukturen, Verarbeitungsmethoden und die verwendeten Entwicklungsprogramme zeigen aber spezifische methodische und organisatorische Besonderheiten, die die Palette bestehender Informatik-Methoden ausweiten.

Eine scharfe Grenze zwischen KI und konventioneller EDV läßt sich nicht ziehen, sie ist auch in Zukunft nicht zu definieren.

Trotzdem zeigen sich Entwicklungslinien, die für KI von besonderer Bedeutung sind:

Die *objektorientierte Programmierung* umfaßt Strukturen der Softwareerstellung, bei denen

- Daten- und Programmcode in Objekte unterteilt werden, wobei jedes Objekt seine eigenen Daten und den zugehörigen Code besitzt,
- Objekte über Nachrichten miteinander kommunizieren,
- Objekte ihre Eigenschaften in Form von Programmcode an ihre „Kindobjekte“ vererben können.

Bei *neuronalen Netzen* handelt es sich um Rechnerstrukturen, die versuchen, den biologischen Gehirnmechanismus des Menschen abzubilden. Mustererkennung, Parallelverarbeitung und Lernfähigkeit sind die Komponenten dieser Modelle, die sich heute schon in manchen Computeranwendungen bewähren.

*Fuzzy-Logik* umfaßt die Theorie der unscharfen Mengen, die nicht durch eindeutige Ja/Nein-Entscheidungen, sondern durch Wahrscheinlichkeiten beschrieben werden. Da Expertenwissen häufig derartige unscharfe Elemente enthält, ist diese Fuzzy-Logik für die Realisierung von XPS von besonderer Bedeutung.

Der Begriff *Wissensbasierte Systeme* wird als Synonym für Expertensysteme verwendet. Dies geschieht auch dann, wenn Informationen lediglich gespeichert werden und über einen Algorithmus abgerufen werden können, wie beispielsweise in kommunalen Auskunft- und Marketing-Systemen. Hier befindet man sich in einem Graubereich, in dem zwar eine Wissensbasis, eine Dialogkomponente und eine Wissenserwerbskomponente besteht, aber keine anspruchsvolle Inferenzkomponente und keine Erklärungskomponente.

#### 2.4 Die 5. Computergeneration

Die Entwicklung von Computerhardware und -Software, die für die Bearbeitung von Aufgaben der Künstlichen Intelligenz besonders gut geeignet ist, ist seit 1982 mit dem japanischen ICOT-Projekt verbunden, das als „Fifth Generation Computer-Systems“ (abgekürzt FGCS) bezeichnet wurde. In diesem Projekt sollte versucht werden, Computerhard- und -Software zu entwickeln, die folgende Merkmale zeigen (siehe dazu auch Moto-Oka 1984, Wolters 1984 und Feigenbaum/Mc Corduck 1984):

- Realisierung der Grundfunktionen des Folgerns, Verknüpfens und Lernens in der Hardware,
- Erstellung der Basissoftware für KI,
- Realisierung der Grundfunktionen für Informationsrückgewinnung und Wissensbasisverwaltung in Hardware und Software,
- Mustererkennung zur Schaffung einer natürlichsprachigen Benutzeroberfläche,
- Aufbau von Unterstützungssystemen zur Steigerung der Softwareproduktion und -Produktivität.

Nicht alle Anfangsvorstellungen konnten in diesem japanischen Projekt bis heute befriedigend gelöst werden (siehe dazu Cross 1989), doch hatte dieses Projekt die Folge, daß auch außerhalb Japans Überlegungen zu neuen Computerstrukturen aufgegriffen und mit erheblichem Forschungsaufwand angegangen wurden.

#### 2.5 Künstliche-Intelligenz-Forschung

Die KI-Forschung ist einer der ältesten Zweige der Informatik, denn es war für die Informatiker schon immer eine Herausforderung, zu ergründen, wie weit der Computer mit dem Menschen in Konkurrenz treten kann und wo die Bereiche liegen, in denen der Computer prinzipiell die menschlichen Leistungen nicht erreichen kann.

Die bisherige Forschung hat mittlerweile gezeigt, „daß zumindest viele Alltagsaufgaben nicht aufgrund universeller komplexer Intelligenzmechanismen adäquat bearbeitet werden können, sondern eher aufgrund der Verfügbarkeit einer Vielzahl einzelner Wissenseinheiten, die in der Regel über kurze Verknüpfungen zu vernünftigem Verhalten

zusammengesetzt werden können. Der Schwerpunkt in der Arbeit der KI hat sich deshalb eher in den Bereich der Identifikation geeigneter Wissensrepräsentationsmechanismen und der Nutzung entsprechender Hilfsmittel in zahlreichen Anwendungen im Sinne ingenieurmäßiger Lösungen verschoben“ (Barth u.a. 1991, S. 201).

Heute verfolgt die KI-Forschung die folgenden zwei Hauptrichtungen:

1. Verstehen menschlicher Intelligenz (kognitive Komponente),
2. Entwurf und Realisierung komplexer informationsverarbeitender Systeme und Aufgaben, die gemeinhin Intelligenz erfordern (ingenieurwissenschaftliche Komponente).

Die KI-Forschung ist institutionell vor allem im Hochschulbereich angesiedelt. Dort wird in Lehre und Forschung dieses Gebiet umfassend abgehandelt. Daneben gibt es spezielle KI-Forschungszentren und eine Reihe von Unternehmen, die im Bereich von KI Forschungsleistungen erbringen (siehe dazu Bibel u. a. 1987 und Radermacher 1991).

### 3 Bedeutung von Künstlicher Intelligenz

Die Diskussion um die Künstliche Intelligenz leidet weiterhin an der unscharfen Definition des Diskussionsgegenstandes. Expertensysteme als die am weitesten in die praktische Nutzung überführten Komponenten der Künstlichen Intelligenz werden oft als KI-Systeme bezeichnet, während Systeme, die lediglich Informationen computerbasiert darstellen und eine selektive Informationsabfrage erlauben, oft als „wissensbasierte Systeme“ bezeichnet werden. Es ist also für die Bewertung des Einsatzes immer wieder erforderlich, auf die zugrundeliegende Technik einzugehen. Grundsätzlich sind die Angaben zu den KI-Systemen vager als zu den Expertensystemen, da für diese wegen der engeren Abgrenzung und dem konkreteren Realisierungsstand bereits mehr und detailliertere Aussagen vorliegen.

#### 3.1 Die Vielfalt der Anwendungsfelder von Künstlicher Intelligenz

Der Bezug der KI-Definition zu allen Aspekten menschlicher Tätigkeit führt zu einer kaum eingrenzbaaren Palette von Anwendungsfeldern. Im Prinzip sind alle menschlichen Verrichtungen durch Künstliche Intelligenz in irgendeiner Weise zu unterstützen oder sogar zu substituieren, wenn auch nach dem aktuellen Entwicklungsstand vieles heute (noch) nicht funktioniert oder – aus betriebswirtschaftlicher Sicht – nicht wirtschaftlich erscheint oder aus grundsätzlichen Erwägungen nicht gemacht werden sollte. Zudem ist es eine wesentliche Erkenntnis der KI-Forschung, „daß der Mensch seine täglichen Aufgaben weniger aufgrund universeller Intelligenzmechanismen bewältigt als vielmehr mit einfachen, zum Teil logischen Prinzipien, mit deren Hilfe eine große Menge vorhandener Wissens- und Erfahrungseinheiten kombiniert werden“ (Radermacher 1991, S. 40).

Aus diesem Grund werden in der Literatur fast ausschließlich Beispielfälle aus dem Bereich der Expertensysteme referiert, die ein nahezu unbegrenztes Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten andeuten. Anwendungsgrenzen werden nur sehr vorsichtig, wenn überhaupt, markiert. „Die Frage nach der Möglichkeit technisch realisierbarer, wirtschaftlich lohnender und gesellschaftlich sinnvoller KI-Anwendungen kann nicht pauschal beantwortet werden.

... Man sollte die Erwartungen an die Anwendungsmöglichkeiten von Expertensystemen hinsichtlich immer neuer Anwendungen allerdings nicht beliebig steigern“ (Barth u.a. 1991, S. 204 und 205).

Prinzipiell scheint es aber möglich, alle primär informationsbezogenen Aufgaben und Tätigkeiten mit – möglicherweise zukünftigen, weiterentwickelten und perfekteren KI-Systemen – zu unterstützen und teilweise oder vollständig zu substituieren. Allerdings ist gerade dieses Forschungs- und Entwicklungsfeld von Anfang an durch optimistische Aussagen (hier hat sich vor allem Feigenbaum (1984) hervorgetan) geprägt. Aufgrund von Erfahrungen mit ähnlichen Aussagen ist auch heute Vorsicht bei allzu vollmundigen Prognosen geboten. Die Entwicklung der Systeme dürfte weit länger dauern, als dies derzeit unterstellt wird, wobei insbesondere Auswirkungen auf Arbeitsmarkt und Beschäftigung mit zusätzlicher Verzögerung zu erwarten sind.

Daneben wird auch darauf hingewiesen, daß manche durch KI-Systeme erreichbare Lösungen genauso gut auch durch traditionelle Computeranwendung erreichbar wären und daß die Grenze zwischen konventioneller Computeranwendung und fortgeschrittenen KI-Systemen so eindeutig nicht bestimmbar sei, insbesondere in der praktischen Anwendung. Ein Expertensystem ist vor allem ein Softwaresystem, das sich in vielen Aspekten in nichts von anderen Softwaresystemen wie etwa Datenbanken oder Betriebssystemen unterscheidet. Es muß programmiert, getestet und gewartet werden. Es ist fehleranfällig und veraltet nach wenigen Jahren. „Zwischen den heutigen Expertensystemen und herkömmlichen Computerprogrammen besteht eine größere Gemeinsamkeit, als es die Zuordnung der Expertensysteme zur Künstlichen Intelligenz vermuten läßt (Deutscher Bundestag 1990, S. 22).

### 3.2 Realisierungsstand von Künstlicher Intelligenz und Expertensystemen

Die Künstliche Intelligenz und die Expertensysteme befinden sich trotz langer Vorlaufzeit immer noch in einer Frühphase der Realisierung. Die Aussagen zu Wirkungen von Künstlicher Intelligenz sind deshalb eher Erwartungen an die zukünftige Entwicklung als Hinweise über die aktuelle Realität. Für eine Abschätzung konkreter künftiger Wirkungen ist es aber von besonderer Bedeutung, über den derzeitigen Stand der Realisierung genau informiert zu sein.

Über den Realisierungsstand von Expertensystemen existieren bereits umfangreiche Untersuchungen: Die verdienstvollen Sammlungen betrieblicher Expertensystem-Anwendungen (Mertens u. a. 1988 und 1990) zeigen aber diese Diskrepanz zwischen Entwicklung und Realität recht anschaulich:

„Die Zahl der laufenden Systeme im deutschsprachigen Raum ist nach wie vor enttäuschend, auch wenn wir bei der Bewertung unserer eigenen Sammlung eine größere „Dunkelziffer“ einkalkulieren müssen. Man beobachtet einen starken Anstieg der „Running Systems“. Ferner beabsichtigen viele Unternehmen, ihre Prototypen bald in die Praxis zu überführen“ (Mertens u.a. 1990, S. 323).

Der heutige Realisierungsstand der KI-Systeme läßt sich am besten mit den zarten Pflänzchen im Treibhaus vergleichen. Es ist nicht erkennbar, ob sie die rauhe Luft praktischer Anwendung mit all ihren Gefahren vertragen. Diese

- von anderen Techniken her bekannte – Selektion ist bei Systemen der Künstlichen Intelligenz noch nicht oder nur sehr begrenzt angelaufen.

Als Gründe für erfolglose Projekte werden bei Mertens u. a. (1990, S. 319 f.) die folgenden angegeben:

- Es handelte sich nur um Prototypen, die von vorneherein nicht für die Praxis vorgesehen waren.
- Personelle Gründe behinderten den Einsatz: Personalmangel, Fluktuation der Promotoren, Ängste um den Arbeitsplatz.
- Das Anwendungsgebiet war nicht adäquat: Komplexität unpassend, Wartungsaufwand zu hoch, Problemlösung war bald durchschaubar, mangelndes Vertrauen in die Ergebnisse.
- Technische Gründe führten zum Abbruch: Mangelnde Kompatibilität, unausgereifte Systemsoftware (Shells), zu lange Antwortzeiten.

Da damit zu rechnen ist, daß diese Gründe nicht nur bei Expertensystemen, sondern bei allen KI-Anwendern von Bedeutung sind, sollte auch für die nächsten Jahre keine zu euphorische Prognose gestellt werden.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß KI-Systeme derzeit vor allem experimentell genutzt werden, daß sie noch wenig in vorhandene Informationsverarbeitungsprozesse integriert sind und daß sie eher noch eine Spielwiese für junge Informatiker auf den verschiedensten Gebieten darstellen. Dies erschwert die Abschätzung ihrer Wirkungen auf Beschäftigung und Arbeitskräfte, da die Systeme immer noch in einem geschützten Bereich liegen, der nicht in vollem Umfang den Marktkräften ausgesetzt ist.

### 3.3 Aktuelle Einschätzung der Bedeutung von Künstlicher Intelligenz

Die besondere Bedeutung von Künstlicher Intelligenz für Beschäftigung und Gesellschaft läßt sich erst dann erkennen, wenn Computerentwicklung und -anwendung differenziert betrachtet werden. Erfolgt dagegen eine eher globale, aus der Anwendung gerichtete Betrachtung, dann wird die Neuartigkeit oder Besonderheit dieser Technik nicht immer bewußt. Auch wenn Insider von einem „Quantensprung“ sprechen (VDI 1991, S. 25), muß sich dies für Fernstehende durchaus nicht in dieser Weise zeigen, insbesondere wenn die jeweiligen Ergebnisse auch mit anderen Mitteln erreicht werden können: „Es wiederholt sich die Erfahrung, die schon in der Frühzeit des Operations Research und der computergestützten Dispositions- und Entscheidungsunterstützungssysteme gemacht wurde: Die durch den Systemanalytiker aufgedeckten Zusammenhänge und die danach entwickelten Ideen lassen sich teilweise auch mit konventionellen Hilfsmitteln realisieren. Auf diese Weise erreicht man einen beträchtlichen Teil der Nutzeffekte allein durch die Analyse und auch dann, wenn die neuartigen Systeme gar nicht zu Ende entwickelt und in die Praxis überführt werden. Der positive Effekt liegt dann in dem sog. „Taking a fresh look to an old problem“ (Mertens u. a. 1990, S. 325).

Die große Euphorie der Informatiker und die besonderen Ängste der Kritiker bezüglich umfassender gesellschaftlicher und beschäftigungsbezogener Umwälzungen durch Künstliche Intelligenz erscheinen somit durch nichts begründet zu sein. Wie in anderen auf eine spezifische Technik bezogenen Wirkungsdiskussionen beginnt sich nach anfänglich definierten Extrempositionen ein Prozeß der Normalisierung anzubahnen, in dem die Argumente

moderater und differenzierter werden. Aus Revolutionen werden Entwicklungen, aus Quantensprüngen kleine Schritte, aus pauschal definierten Technikfeldern Geflechte einzelner technischer Details, aus neuartigen Lösungen marginale Verbesserungen in vorhandenen Strukturen. Später ist aber zu erkennen, daß sich die neue Technik doch in vielen Bereichen durchgesetzt hat, aber nicht in ihrer ursprünglich konzipierten Form, sondern eher angepaßt und als Teilelement anderer traditioneller Techniken. Dann sind mögliche „Umwälzungen“ weder monokausal zuzurechnen noch in ihrem Volumen zu bestimmen.

#### 4 Folgenabschätzung der Künstlichen Intelligenz

Die frühe Nutzung der Expertensysteme im militärischen Bereich hat Ängste heraufbeschworen, daß die Entscheidungsträger in der Politik und die Militärs von der Fiktion ausgingen, Expertensysteme seien fehlerfrei und somit menschlichen Experten überlegen, da sie schneller Entscheidungen treffen könnten und dazu mehr Daten verwenden würden. In Wirklichkeit könnten aber Fehler in der Wissensbasis oder in der Inferenzlogik stecken. Dies gestalte sich analog zu umfangreichen Programmen traditioneller Machart, in denen ebenfalls Fehler und Lücken zu finden seien.

Werden nun Expertensysteme autonom genutzt und im Sinne einer direkten Einflußnahme mit anderen technischen Einrichtungen verkettet, dann ist die Gefahr von Fehlentscheidungen mit konkreten Folgen erheblich. Bisher ist über derartige gravierende Fehler nicht berichtet worden, doch das kann mit der bisher noch geringen Nutzung derartiger Systeme zusammenhängen.

Aus diesem Grunde kommt Wheldon (1989) zu der Forderung, daß Expertensysteme zwar für eine Beratung der Anwender nützlich seien, sie dürften aber nicht Anlagen mit Gefahrenpotentialen ohne menschliche Oberaufsicht steuern. Menschen verfügten, im Unterschied zu Expertensystemen, immer auch über eine zusätzliche zweite Wissensschicht, die es erlaube, Probleme, die in der ersten Schicht nicht einer zufriedenstellenden Lösung zugeführt wurden, in dieser zweiten Schicht aus anderer Blickrichtung oder mit anderen Methoden problemadäquat zu bewältigen.

Bei diesen eher globalen Gefährdungspotentialen ist vor allem die Gesellschaft als Ganzes gefährdet. Es sind also nicht nur jene betroffen, die derartige Systeme erstellen oder unmittelbar nutzen. Es wäre somit Aufgabe der gesellschaftlichen Entscheidungsträger, die Risiken durch überlagerte Überwachungs- und Kontrollstrukturen zu minimieren. In diesem Umfeld dürfen auch Expertensysteme keine Sonderbehandlung erfahren. Sie müssen genauso in Kontrollsysteme eingebunden werden wie Computerprogramme oder sonstige technische Einrichtungen. Gefährlich für die Gesellschaft wird die Überschätzung ihrer Möglichkeiten und die Unterstellung von Fehlerfreiheit und Perfektion. Wird dies berücksichtigt, dann sind wir „in einem Schritt der Evolution . . . wo wir ein soziotechnisches System schaffen, indem wir Menschen und Gesellschaft stärker integrieren. Informationstechnik und ‚Künstliche Intelligenz‘ sind ein Mittel dazu“ (Haefner 1987, S. 105).

Das im Jahre 1976 in den USA, 1977 in Deutschland erschienene Buch „Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft“ (Weizenbaum 1977) markiert den

Beginn der Technologiefolgenabschätzung auf dem Gebiet der Expertensysteme. Das immer wieder zitierte Beispiel der Sprachanalyse mit ELIZA soll nach Weizenbaum zur Vorsicht mahnen: „Letztlich muß zwischen der Intelligenz von Menschen und der von Maschinen ein Trennungsstrich gezogen werden“ (Weizenbaum 1977, S. 22).

Expertensysteme eignen sich für die Technologiefolgenabschätzung schon aus dem Grunde besonders gut, weil hier diese Grenze zwischen toter Technik und lebendigem denkendem Wissen immer wieder verschwimmt (dies hat Turkle am Beispiel von Kindern beim Spiel mit Computern eindrücklich beschrieben, siehe dazu Turkle 1984, S. 29 ff.).

Welche Gründe dazu geführt haben, daß die Folgenabschätzung (TA) von Künstlicher Intelligenz in den letzten Jahren aufgeschäumt, dann aber wieder in sich zusammengefallen ist, läßt sich nur lückenhaft erkennen und kann im Rahmen dieses Aufsatzes nicht umfassend abgehandelt werden (siehe dazu ausführlicher Coy/Bonsiepen 1989 und Coy 1991). Zwei Aktivitäten müssen aber besonders erwähnt werden, da aus ihnen wesentliche Aussagen zu den gesellschaftlichen und beschäftigungsrelevanten Fragen abgeleitet werden können:

##### 1. Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages

Die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages zur „Einschätzung und Bewertung von Technikfolgen: Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung“ hat von 1987 bis 1990 das Thema „Chancen und Risiken des Einsatzes von Expertensystemen in Produktion und Medizin“ bearbeitet. Im Zuge dieser Arbeit entstanden die Studien von Battelle (Schubert/Krebsbach-Gnath 1987), des Vereins zur Förderung produktionstechnischer Forschung e. V. – FpF (Bullinger/Kornwachs 1988) und des Instituts für sozialwissenschaftliche Forschung – ISF (Lutz/Moldaschl 1989), auf die im folgenden noch weiter eingegangen werden soll.

##### 2. Internationale Arbeitsorganisation (ILO)

In der internationalen Arbeitsorganisation lief von 1986 bis 1989 das Forschungsprojekt „Expert Systems in Production and Services, Impact on Qualifications and Working Life“, in dem Diskussionsbeiträge aus aller Welt zusammengetragen wurden (Bernold/ Hillenkamp 1988 und 1989, Hillenkamp 1989, Jahoda/Guy/Evans 1988, Scheffé 1988, Senker/Buckingham/Townsend 1988 und Kornwachs/Bullinger 1989).

Die inhaltlichen Aussagen, die sich auf Beschäftigung und Arbeitskräfte beziehen, werden im folgenden Kapitel 5 referiert. Die globalen Aussagen dieser Studien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Grundsätzlich ist bei diesen Analysen wieder deutlich geworden, daß bereits bei den Methoden der Wirkungsabschätzung noch große Lücken erkennbar sind. So ist es immer wieder üblich, die Effekte einzelner, aus dem Zusammenhang gerissener Beispiele auf ganze Anwendungsbereiche, Branchen oder sogar Volkswirtschaften hochzurechnen, oder Effekte benachbarter Techniken auf die gerade aktuell in der Diskussion stehende Technik zu übertragen.

Auch bei diesen TA-Diskussionen schimmert häufig die Grundhaltung durch, Vorstellungen über globale Zusammenhänge auf die jeweils aktuellen Diskussionsgegen-

stände zu beziehen, ohne diese in ihrer Besonderheit zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde ist es auch kein Wunder, wenn sich immer wieder auch jene Aussagen finden lassen, die von anderen Technikdiskussionen bereits bekannt sind: „Die durch KI mögliche, qualitativ höhere Entwicklungsstufe der Informationsverarbeitung und die ersten auf dieser Basis entstandenen Anwendungssysteme haben weltweit außerordentliche Markterwartungen hervorgerufen. ... Die Bundesrepublik Deutschland als ein Industrieland, das aufgrund des hohen Exportanteils auf seine internationale Wettbewerbsfähigkeit angewiesen ist, muß bei den neuen KI-Technologien eine international ebenbürtige Position anstreben, um auf die zukünftigen Märkte vorbereitet zu sein.“ (BT-Drucksache 11/7990 vom 10. 8. 1990, S. 39).

Neben diesen allgemeinen unspezifischen Aussagen finden sich in der Literatur vor allem Hinweise zu Sicherheit und Verlässlichkeit derartiger KI-Systeme sowie Überlegungen, inwieweit derartige Systeme einen Nutzen für die Gesellschaft haben könnten. Diese Aussagen sind aber sämtlich vorläufig und vage. Sie folgen weitgehend den bekannten Argumenten, wie sie aus der Mikroelektronik-, Computer- und Datenschutzdiskussion bekannt sind.

## 5 Beschäftigungseffekte

Beschäftigungseffekte neuer, in der Realität noch wenig präsenter Techniken werden gerne aus allgemein gesellschaftlichen Effekten – nachgewiesenen oder erwarteten – abgeleitet. Wegen der noch kaum erkennbaren praktischen Nutzung von KI-Elementen außerhalb der Expertensysteme sollen hier lediglich die Expertensysteme berücksichtigt werden. Alle weiteren KI-Elemente dürften erst wesentlich später auf die Beschäftigung wirken.

Die Nutzung von Computern sowohl im gesellschaftlichen Umfeld wie am Arbeitsplatz führt möglicherweise zu parallelen Effekten innerhalb und außerhalb des Arbeitsplatzes, wenn auch die besondere Situation an den Arbeitsplätzen zu modifizierten Effekten führen kann.

### 5.1 Messung und Zurechnung der Beschäftigungswirkungen zu den jeweiligen Auslösern

Die Wirkungen von Technik auf Beschäftigung erfolgen nach verbreiteter Einschätzung wie folgt:

- Quantitative Beschäftigungswirkungen:  
Beschäftigte verlieren ihren Arbeitsplatz und/oder neue Arbeitskräfte werden eingestellt, insgesamt ändert sich bei gegebener Produktion bzw. Leistung das erforderliche Arbeitsvolumen. Die Begründung des Technologieinsatzes erfolgt auf der Arbeitgeberseite vor allem mit dem Argument der Kosteneinsparung.
- Qualitative Beschäftigungswirkungen:  
Beschäftigte behalten zwar ihren Arbeitsplatz, sehen sich aber veränderten Arbeitsaufgaben, Arbeitsanforderungen und/oder Arbeitsbedingungen ausgesetzt.
- Daneben werden noch innerbetriebliche Umsetzungen als Folge neuer oder veränderter Technik registriert.

Diese Beschäftigungswirkungen lassen sich zunächst auf der betrieblichen Ebene erfassen, sie sind aber auch aggregiert für Branchen oder die Gesamtwirtschaft zu erheben. Für die Ursachenzurechnung ergibt sich das folgende Problem, das bis heute nicht gelöst ist:

Bei der Erfassung von Globaldaten muß unterstellt werden, daß ein ganzes Spektrum von Auslösefaktoren für die gemessenen Beschäftigungswirkungen verantwortlich ist. Die Wirkungen lassen sich somit den einzelnen Auslösern nicht direkt und trennscharf zurechnen.

Bei Fallstudien wird zwar die Verkettung von Ursache und Wirkung in der Erfassung konstatiert, doch sind diese Wirkungen meist recht vage abgegrenzt und lassen sich wegen der meist geringen Fallzahl weder verallgemeinern noch hochrechnen.

Weiterhin ist es in Hinblick auf die Beschäftigung nicht immer möglich, auslösende Faktoren differenziert zu identifizieren, insbesondere dann, wenn es sich um Teiltechniken handelt, deren Definition und Abgrenzung selbst von den Fachleuten und Insidern strittig ist. Dies gilt in besonderem Maße für die Techniken der Künstlichen Intelligenz und der Expertensysteme.

Daneben ergeben sich Probleme durch die zeitliche Verschiebung von Auslösefaktoren und Wirkungen und durch die möglichen Effekte, die von der Beschäftigung auf die Auslösefaktoren zurückwirken. Alle diese methodischen Schwierigkeiten erlauben nur marginale Aussagen zu den Beschäftigungswirkungen der Künstlichen Intelligenz.

### 5.2 Expertensysteme und Experten

Die sehr früh geäußerte Meinung, Expertensysteme könnten die Aufgaben von qualifizierten Experten substituieren, hat die Betroffenen aufgescheucht: Diese Situation ist nämlich neu. Bei der seinerzeitigen Automatisierung ging es lediglich um die Handarbeiter, nicht um die „Kopfarbeiter“. Nur die Handarbeiter mußten ihre Arbeitsplätze räumen, während für die Kopfarbeiter, die auch den Automatisierungsprozeß geplant hatten, manche neuen und anspruchsvollen Aufgaben hinzugekommen sind. Die Automation war also für die Kopfarbeiter risikofrei. Sie erhielten zusätzliche Planungs- und Steuerungsaufgaben, während für manche Handarbeiter nur noch Restarbeiten übrig blieben.

Mit den Expertensystemen sind – nach allen Vermutungen – vor allem die Kopfarbeiter selbst betroffen. Es wird zwar auch hier eine neue Arbeitsteilung geben, bei der einige Fachleute ihre Aufgaben verlieren, andere ihre Position möglicherweise verbessern können. Aber wer nun konkret gewinnt und wer verliert, das läßt sich kaum vorhersagen. Grundsätzlich sind zunächst alle bedroht und versuchen durch geeignete Aktionen ihr Risiko zu minimieren. Dies ist in der Diskussion deutlich erkennbar.

Nachdem nun die Experten selbst bedroht sind, steigen Ängste herauf, die es in dieser Form in der Automationsdiskussion nicht gegeben hat. In der Mikroelektronikdiskussion sind diese Befürchtungen schon kurz angeklungen (siehe dazu beispielsweise King 1982, (S. 41): „... der sekundäre und der tertiäre Sektor gleichzeitig automatisiert werden. Es ist daher unwahrscheinlich, daß die von der Industrie entlassenen Arbeitskräfte durch eine Ausweitung des Dienstleistungssektors ... aufgenommen werden können.“), sie sind aber als nicht allzu gravierend eingeschätzt worden, insbesondere nicht für die besser Qualifizierten: „Wir müssen erkennen, daß diese jungen Menschen, mit Ausnahme der besonders gebildeten und für besondere Berufe geschulten, feststellen werden, daß ihnen die Welt verschlossen ist.“ (Schaff 1982, S. 361 f.).

Neben dieser personengruppenbezogenen Sichtweise, nach der die Nischen enger werden könnten, in die sich die gut Qualifizierten flüchten können, sind die Expertensysteme auch deshalb ein zentraler Diskussionsgegenstand, weil sie als Instrumente politischer und vor allem militärischer Entscheidungsfindung eingesetzt werden können und somit technokratische Strukturen begünstigen, in denen der Experte zwar seinen Sachverstand einzubringen hat, nicht jedoch seine jeweilige Bewertung der gesellschaftlichen Verträglichkeit.

### 5.3 Beschäftigungswirkungen von Expertensystemen

Die Beschäftigungswirkungen von Expertensystemen lassen sich vor allem aus der Einsatzphilosophie ableiten. Prinzipiell ergeben sich die folgenden Alternativen:

#### *Expertensysteme zur Entscheidungsunterstützung*

An der Arbeitsteiligkeit ändert sich nichts, die Experten erhalten lediglich eine bessere Unterstützung durch das Expertensystem. Ihre Aufgaben lösen sie nunmehr mit diesem leistungsfähigen Instrument. Als Ergebnis werden bessere Entscheidungen und Stellungnahmen erwartet, sie können möglicherweise mehr Aufgaben in der gegebenen Zeit erledigen, was entweder zu einer persönlichen Entlastung führt (Abbau von Überstunden oder besonderem Streß), was aber auch zu einer quantitativen Reduktion der Arbeitsplätze für diese Experten führen kann. Diese Einsatzform dürfte leicht durchführbar sein und auf wenig Widerstand stoßen. Sehr viele heute laufende Expertensysteme zeigen diese Einsatzstruktur. Sie ist insbesondere dort von besonderer Bedeutung, wo die Komplexität und Sensibilität des Aufgabengebietes die abschließende Wertung des menschlichen Experten erfordern.

#### *Expertensysteme zur Expertensubstitution*

Der Wunsch, vom Experten unabhängig zu sein, tritt immer dann auf, wenn Experten zum Engpaß werden, sei es, daß sie ihre Rolle nicht fortsetzen wollen, sei es, daß ihre Stellungnahmen und Aktionen nicht mehr durchschaubar sind. Die Hoffnung, Expertentätigkeit automatisieren zu können, steckt tief in den Köpfen der Entscheider und der Macher von Expertensystemen. In der Anwendungswirklichkeit ist diese Einsatzform kaum oder überhaupt nicht zu finden, einerseits aus Qualitätsgründen – es gibt noch keine so sicheren Expertensysteme, daß sie in allen Fällen ohne Experten eingesetzt werden könnten – andererseits aus Gründen der Akzeptanz – Expertensysteme haben noch nicht den Nimbus der umfassenden Kompetenz.

Für die längerfristige Entwicklung ist aber zu erwarten, daß Expertensysteme vor allem auf dieses Ziel hin entwickelt werden. Allerdings wird es wohl kaum eine vollständige Substitution geben, sondern eine stufenweise, wie dies in der Kette Wissenssicherung – Wissensmultiplikation – Nutzung durch den Nichtexperten zum Ausdruck kommt.

#### *Euphorische Übernahme von Expertensystemen*

Mit dem Einsatz von Computern und Informationssystemen hat sich die Gesellschaft an diese Instrumente gewöhnt und lehnt andere Formen der Informationsverarbeitung zunehmend ab. Es ist denkbar, daß zukünftig diese über Computer instrumentalisierten Signale auch auf die Expertensysteme übertragen werden. In Zukunft ist der Experte nur noch dann anerkannt, wenn er auf ein Exper-

tensystem zurückgreifen kann und dies auch offen demonstriert. Für dieses Argument sprechen viele Indizien und es dürfte bei der wachsenden Akzeptanz der Computernutzung durchaus manche derzeit noch virulente Kritik an den Expertensystemen verstummen. Deshalb ist der Bedarf nach einer kompetenten Technologiefolgenabschätzung in diesem Bereich aus heutiger Sicht weiterhin unstrittig.

#### *Grundsätzliche Ablehnung von Expertensystemen*

Ein Moratorium von Entwicklung und Nutzung von Expertensystemen, wie es Weizenbaum gefordert hat, mag inhaltlich und aus Sicht der Risikobegrenzung durchaus Sinn machen. Es ist aber kaum durchsetzbar. Die Hoffnung, mit dieser Technik heute noch nicht bewältigbare Probleme zukünftig lösen zu können, ist so groß, daß wohl nirgends die Entwicklungen nur wegen Akzeptanz- oder Beschäftigungsproblemen eingestellt oder verzögert werden. Es ist aber aus der Sicht der Beschäftigung durchaus sinnvoll, grundsätzliche System- und Einsatzstrukturen für eine menschengerechte Integration der Expertensysteme zu fordern. Eine grundsätzliche Ablehnung beschränkt sich dann auf jene Systeme, die diese grundsätzlichen Forderungen nicht einhalten.

### 5.4 Fallstudienaussagen

Trotz der Fülle berichteter Expertensystem-Entwicklungen und -Anwendungen lassen sich konkrete Aussagen über Beschäftigungswirkungen in einzelnen Fällen in der Literatur nur sehr selten finden. So gibt die Battelle-Studie (Schubert/Krebsbach-Gnath 1987) eher Erwartungen bzw. Hoffnungen an, es gibt nur die folgende Detailaussage:

XCON (ein Konfigurationssystem der Firma DEC) spart ca. 18 Mio US-\$ p.a. im Fertigungsbereich, der Return on Investment war nach 2 Jahren erreicht.

Eine Umrechnung in Beschäftigungseffekte ist hilfsweise über die Kosteneinsparung möglich, da diese Einsparungen vor allem bei den Personalkosten auftreten. Entweder müssen bei steigender Leistung keine zusätzlichen Mitarbeiter eingestellt werden, oder vorhandene Mitarbeiter können mit anderen Aufgaben betraut werden. Grundsätzlich sind derartige Angaben aber auch bei anderen Techniken in dieser Form und Größenordnung zu erwarten.

In der ISF-Studie (Lutz/Moldaschl 1989) werden vier „imaginäre Fallbeispiele“ ausgebreitet, die aber nicht weiter quantifiziert werden. Die Fallbeispiele repräsentieren die vier Quadranten einer Matrix, die in der einen Dimension den Grad der Arbeitsteiligkeit, in der anderen die Einschätzung der Leistungsfähigkeit von Expertensystemen klassifizieren.

In der FpF-Studie (Bullinger/Kornwachs 1988) wird ein Einsatzmodell eines XPS für die Diagnose im Service hypothetisch berechnet, mit dem die Autoren zu dem folgenden Ergebnis kommen:

Jährlich werden Kostenersparnisse zwischen 2300 und 9400 DM erwartet, die Amortisationszeiten liegen zwischen 1,1 und 2,9 Jahren (S. 159).

Die Studie enthält zusätzlich acht Fallstudien, in denen aber keine quantifizierten Beschäftigungseffekte ausgeführt werden.

Im Vergleich zu diesen sehr spärlichen Angaben sind die Fachleute im Ausland wesentlich aussagefreudiger. Wiig (1988, S. 18) führt die folgenden Systeme an:

- General Motors „Charlie“ Diagnosesystem für das Schwingungsverhalten von Werkzeugmaschinen,
- AT&T „ACE“ Kabelprüfung und Reparaturanleitung,
- Personal Financial Planning System (PFPS) einer großen Regionalbank,
- Syntellige's Underwriting Advisor (Versicherungsaquisition),
- DEC's XCON Konfigurationssystem für Computersysteme (s. o.),
- ExperTAX Steuerberatung.

Die Beschäftigungseffekte dieser Fallbeispiele werden nicht im Detail erläutert, es wird nur eine „simplified work environment“, also eine Vereinfachung der Arbeit bei den Nutzern dieser Systeme konstatiert.

Nii (1988, S. 49 f.) gibt bereits eine größere Zahl von „Quantitative“ und „Qualitative Gains“ an (siehe Übersicht 3). Die Einsparungen beim Einsatz dieser Systeme sind teilweise erheblich.

Dateki (1989a, S. 105) gibt Ergebnisse aus einer japanischen Studie bekannt, in der Beschäftigungseffekte von Elektronik detailliert aufgeführt werden. Bezüglich der Expertensysteme oder umfassender der Künstlichen Intelligenz macht er keine weiteren Angaben.

Kornwachs und Bullinger (1989) berichten über zwei Fallstudien aus Deutschland, eine in einer Automobilfabrik (Fehleranalyse) und eine in einer Werkzeugmaschinenfabrik (Instandhaltung). Detaillierte globalisierbare Beschäftigungseffekte werden nicht angeführt.

Senker u. a. (1988) berichten von drei Fallstudien in Großbritannien

- EXSHEL Prozeßüberwachung in der Chemieindustrie,
- TEFAD Fehleranalyse von gedruckten Schaltungen,
- LANSURE Versicherungsgesellschaft Kundenberatung.

Die Auswirkungen auf die Beschäftigten werden wie folgt zusammengefaßt: Qualifikationsabsenkung bei EXSHEL, Umsetzung bei TEFAD: ein gering Qualifizierter mußte aus Gesundheitsgründen seinen Arbeitsplatz im Freien aufgeben und erhielt den Arbeitsplatz am Expertensystem, was für ihn eine gewisse Aufwertung darstellte, bei LANSURE konnte der Arbeitsdruck etwas abgemildert werden.

Hirai (1989) hat 1986 und 1988 japanische Unternehmen nach der Expertensystem-Entwicklung und -Nutzung befragt. Er stellt eine weitere Ausbreitung von Expertensystemen fest. Sowohl 1986 als auch 1988 wird ein Mangel an qualifizierten Ingenieuren in Japan beklagt, der die weitere Entwicklung behindern würde. Sonstige Aussagen zu den Beschäftigungswirkungen werden nicht gemacht.

Insgesamt zeigen sich ähnliche Ergebnisse, wie sie schon in der Automationsdiskussion der 60er Jahre gefunden wurden, daß es auf den jeweiligen Einsatz der Technik ankommt, ob sie die Beschäftigungsbedingungen verbessert oder verschlechtert. Quantitative Aussagen können aus der Detailsicht einer singulären Technik nicht sicher genug gegeben werden. XPS sind derzeit am denkbar schlechtesten zur Überprüfung der Beschäftigungswirkungen geeignet, da sie einerseits nur vereinzelt genutzt werden und da andererseits ein einheitlicher Einsatzrahmen (noch) nicht existiert.

### Übersicht 3: Wirkungen von Expertensystemen

#### Quantitative Wirkungen

Unternehmen	Wirkung
Du Pont	70 XPS in Betrieb Personalbedarf bei Aufbau: 1–2 Mannmonate Einsparung: 100 000–200 000 \$/Jahr
DEC	XCON/XSEL Kosteneinsparung im Fiskal-Jahr 1986/87: 40 Mio. \$ Standardisierung der Produkte
IBM DEFT	(Diagnosis Expert for final Test) einschließlich gesparter Teile: 5 Mio. \$ Einsparung 1986
IBM Burlington	Erhöhter Durchsatz an einer Fertigungsstation Einsparung 8–10 Mio. \$/Jahr, insgesamt „Hunderte Mio. \$“ geschätzt Höhere Komplexität wird beherrscht (200–300 Fertigungsschritte)
Northrop	Aufgaben, die zuvor 6–8 Stunden benötigten, werden in 6–10 Minuten erledigt
TI Capital ES	Aufgaben verkürzen sich von 7–8 Stunden auf 35–45 Minuten Verbesserung der Produkt- verträglichkeit
AmEx	Gewinn an Zuverlässigkeit und Vermeidung von Betrug wird auf 15–25 Mio. \$ geschätzt
Canon	Innovationen werden stimuliert
Nippon Life Insurance	Versicherungsabschlüsse besser
Land Lease	Die Konstruktionszeit für Hochhäuser läßt sich besser abschätzen
TI	Neue Produkte: Lisp-Maschinen, XPS-Software Auftragsabwicklung
Westinghouse	Neues Produkt: Diagnostiksysteme für Generatoren
Navistar	Neue modular aufgebaute LKW

Datenquelle: Nii 1988, S. 49–50

### 5.5 Betriebswirtschaftliche Effekte von Expertensystemen

Die umfassendste Abhandlung von Expertensystemen im betriebswirtschaftlichen Bereich stammt von Mertens u. a. (1988 und 1990). In dieser Analyse wurden alle zugänglichen Informationen über Expertensysteme in einer Datenbank gesammelt. Dabei gibt es Angaben zum Entwicklungsstand, zur praktischen Anwendung und zu den „Nutzeffekten“. Der Beschäftigungsbezug läßt sich aus einigen der angegebenen Nutzeffekte implizit erkennen. Folgende Interpretation beschäftigungsnaher Nutzeffekte erscheint angebracht (siehe dazu Übersicht 4):

## Übersicht 4: Auswirkungen betrieblicher Expertensystemanwendungen auf Arbeitskräfte

		Anwendungen			nur deutschsprachige Länder		"Nutzeffekte"					
		insgesamt	in deutschsprachigen Ländern		Anwendungen in Tagespraxis		Wissenssicherung	Wissensmultiplikation	Qualifikationsabsenk.	weniger Schulung nötig	Arbeitsintegration	Rationalisierung
Forschung, Entwicklung, Produktgestaltung	Computer Aided Design	214	31	14 %	1	3 %		x	x	x		x
	Softwareerstellung	75	11	15 %	-	-		x	x	x	x	
	Naturwissenschaft, Laborbetrieb	54	14	26 %	3	21 %						x
	Werkstoffauswahl	32	12	38 %	3	25 %	x	x				x
Vertrieb	Marketing	57	21	5 %	1	5 %						x
	Konfiguration	144	92	35 %	32	35 %	x	x	x	x	x	x
	Diagnose und Wartung	136	37	19 %	7	19 %	x	x	x	x	x	x
	Vertriebslogistik	19	9	33 %	3	33 %			x	x		x
Beschaffung, Lagerhaltung		21	11	52 %	2	18 %		x	x			x
Produktion	Betriebsmittel-, Fabrikplanung	43	11	26 %	-	-		x				
	Arbeitsplanerstellung	65	29	45 %	4	14 %					x	x
	PPS-Materialwirtschaft	43	12	28 %	1	8 %						x
	PPS-Zeitwirtschaft	61	24	39 %	5	21 %		x				x
	PPS-Schwachstellendiagnose	17	10	59 %	1	10 %		x	x	x		x
	Fertigungs-/Prozeßleittechnik	93	20	22 %	6	30 %						x
	Diagnose in der Produktion	206	79	38 %	17	22 %		x	x	x	x	x
Finanzierung		41	10	24 %	6	60 %		x			x	
Rechnungswesen, Controlling		17	7	41 %	1	14 %		x				x
Personalwirtschaft	Computer Assisted Instruction	22	6	27 %	-	-		x	x	x		x
	Personalplanung, -disposition	25	8	32 %	2	25 %		x				
Verwaltung	Ablauforganisation	30	14	47 %	1	7 %	x		x		x	
	Dokumentenerstellung und -verw.	34	8	24 %	2	25 %	x					x
	Rechenzentrum, DV-Betrieb	123	40	33 %	10	25 %		x	x	x	x	x
	sonstige Verwaltung	28	11	39 %	1	9 %		x			x	
Planung, Führung		78	25	32 %	8	32 %						
Bankbetriebe	Finanz-, Anlageberatung	61	28	46 %	5	18 %		x	x	x	x	
	Kreditbearbeitung	45	17	38 %	1	6 %		x				x
	Bade-Office-Anwendungen	24	10	42 %	3	30 %		x	x			x
Versicherungsbetriebe		38	27	71 %	5	19 %	x	x	x	x		
Kanzleien	Jahresabschlußanalyse	26	18	69 %	2	11 %		x				x
	Abschlußprüfungen	14	1	7 %	-	-		x	x	x	x	
	Steuerberatung	13	5	38 %	-	-						x
	Rechtsberatung	12	5	42 %	1	20 %	x					x
Handelsbetriebe		27	5	19 %	1	20 %		x				x
Verkehrsbetriebe		52	13	25 %	4	31 %		x	x	x		x
Landwirtschaft	Pflanzenproduktion	33	6	18 %	-	-	x	x	x	x	x	
	Tierproduktion	8	1	13 %	-	-	x	x	x	x		x
	sonstige Landwirtschaft	18	1	6 %	-	-		x				
<b>Insgesamt</b>		<b>2 049</b>	<b>689</b>	<b>34 %</b>	<b>139</b>	<b>20 %</b>	<b>467 23 %</b>	<b>1 490 73 %</b>	<b>1 316 64 %</b>	<b>1 162 57 %</b>	<b>956 47 %</b>	<b>1 565 76 %</b>

Datenquelle: Mertens, P.; Borkowski, V.; Geis, W.; Betriebliche Expertensystemanwendungen. 2. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York 1990

### *Wissenssicherung*

„Wissen eines Fachmanns wird in der Wissensbasis abgelegt und bleibt dem Unternehmen auch erhalten, wenn der Mitarbeiter ausscheidet.“ (Mertens u. a. 1990, S. 12).

Diese Kategorie bestimmt also die Entpersonalisierung des Wissens, wie es in der Literatur über die Beschäftigungseffekte von Expertensystemen immer wieder angesprochen wird. Dieses Phänomen verunsichert insbesondere die Gewerkschaften, die auch von „Enteignung des Fachwissens“ sprechen, da damit die Verhandlungsmacht von Fachleuten reduziert wird. Aus der Sicht der Beschäftigung läßt sich dieser Aspekt als Entpersonalisierung werten, möglicherweise verringert sich die Arbeitsplatzsicherheit für das Individuum, es erhöht sich aber das Potential von Neueinstellungen, da auch Firmenfremde sich der Wissensbasis bedienen können und sie nicht erst für sich individuell neu aufbauen müssen. Wissenssicherung führt also zu einer größeren Flexibilität bei der Besetzung von Arbeitsplätzen, nicht zwangsläufig zu einer quantitativen Veränderung.

Die Wissenssicherung ist als Nutzeffekt nur in 23% aller Fälle angesprochen worden und scheint somit keine dominante Bedeutung zu haben.

### *Wissensmultiplikation*

„Diese Wirkung eines XPS erlaubt es, das Wissen der besten Spezialisten einer größeren Zahl von Mitarbeitern zugänglich zu machen, ohne daß die letzteren jeweils mit den ersteren Kontakt aufnehmen müssen und diese bei der Arbeit stören.“ (Mertens u.a. 1990, S. 13).

Damit liegt die Wissensmultiplikation ganz in der Nähe der Wissenssicherung, auch diese wirkt eher qualitativ, erhöht möglicherweise die Arbeitsteiligkeit, da die Spezialisten sich noch tiefer in ihr Spezialgebiet begeben können, während ihr Kontakt mit anderen aufgrund des von ihnen gelieferten Wissens ohne weitere Einbeziehung erfolgen kann. Eine quantitative Beschäftigungsveränderung ist aus diesem Nutzeffekt kaum zu erwarten. Die Wissensmultiplikation ist bei rund 70% der angegebenen Fälle erwähnt worden, hat also eine hohe Bedeutung.

### *Qualifikationsabsenkung*

„Die XPS-Methodik reduziert den Druck, weniger qualifizierte Mitarbeiter durch höher qualifizierte und oft teurere Kräfte zu ersetzen.“ (Mertens u. a. 1990, S. 13).

Dieser Aspekt, daß durch XPS weniger qualifizierte Mitarbeiter notwendig sind, läuft dem in der Literatur immer wieder erwähnten Trend zur ständigen Höherqualifizierung der Mitarbeiter entgegen. Offenbar werden Expertensysteme bewußt entwickelt, um qualifizierte und teure Mitarbeiter einzusparen und die Aufgaben von weniger qualifizierten und damit möglicherweise weniger anspruchsvollen Mitarbeitern leisten zu lassen. Wird dieser Gedanke konsequent weiter entwickelt, dann ist es denkbar, daß manche Aufgaben dem meist nicht weiter qualifizierten Kunden übertragen werden. Expertensysteme eignen sich durch ihre besondere Struktur offenbar besonders gut für neue Formen von Selbstbedienung.

Bleibt die Arbeitsleistung innerhalb des Erwerbssystems, dann sind also durch dieses Phänomen – Trends zur Höherqualifizierung möglicherweise zu brechen – quantitative Beschäftigungsveränderungen nicht zu erwarten. Werden Aufgaben aus dem Erwerbssystem ausgelagert, dann lassen

sich auch quantitative Beschäftigungsreduzierungen erwarten.

Etwa zwei Drittel der beschriebenen Expertensysteme weisen diesen Nutzeffekt auf. Eine detaillierte Zuweisung zur Qualifikationsabsenkung einerseits und der Auslagerung andererseits kann nach den Angaben dieser Studie nicht vorgenommen werden.

### *Weniger Schulung nötig*

„Es werden kostspielige Schulungsmaßnahmen vermieden, die zudem die Verfügbarkeit (Kapazität) des Personals reduzieren würden.“ (Mertens u.a. 1990, S. 13).

Dieser Aspekt liegt dem vorigen sehr nahe. Bei geringeren Anforderungen an die Qualifikation sinkt auch der Aufwand für die Qualifizierung. Auch die Angabe der Bedeutung dieses Nutzeffekts mit etwa 60% liegt in derselben Größenordnung.

### *Arbeitsintegration*

„Bisher von mehreren Personen arbeitsteilig bewältigte Aufgaben können nun von einer Kraft durchgeführt werden.“ (Mertens u. a. 1990, S. 10).

Diese Tendenz entspricht der derzeit herrschenden Lehre in der deutschen Arbeitssoziologie (siehe dazu Baethge 1986 oder Kern/ Schumann 1984), wird aber seltener angegeben als die Wissensmultiplikation und die Qualifikationsabsenkung. Offensichtlich führen Expertensysteme in beide Richtungen, in die weitere Spezialisierung und in die Integration, doch sind die Spezialisierungsaspekte stärker ausgeprägt.

### *Rationalisierung*

„Das XPS ermöglicht Zeiteinsparungen und damit verbundene Kostensenkungen.“ (Mertens u.a. 1990, S. 12).

Dieser Aspekt, der in drei Vierteln der Fälle angegeben wurde, dürfte sich massiv auf die Beschäftigung auswirken. Das Rationalisierungsziel bezieht sich notwendigerweise auf die Mitarbeiter, die als wesentlicher Kostenblock im Unternehmen gelten. Gleichzeitig begründen Angaben über derartige Rationalisierungspotentiale den meist aufwendigen Entwicklungsprozeß. In diesem Zusammenhang ist aber zu berücksichtigen, daß derartige Rationalisierungseffekte häufig zunächst Hoffnungen der Entwickler und Promotoren sind, die nicht immer eingelöst werden können. Der geringe Anteil von nur 20% der in der Tagespraxis angewendeten Expertensysteme in Deutschland läßt vermuten, daß diese Angaben eher Projektionen als Erfahrungen sind.

Die differenzierten Aussagen dieser Materialsammlung dürfen allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, daß eine echte Quantifizierung der Effekte nur in ganz wenigen Fällen erfolgte. Als Beispiele für die quantitativen Nutzeffekte werden bei Mertens u.a. (1990, S. 13 f.) lediglich 12 aus 2049 Meldungen detailliert berichtet.

Insgesamt gesehen ist also die Ausbeute bei der Suche nach durch Fallstudien belegten Beschäftigungseffekten von Expertensystemen mager: Nur sehr wenige Fälle werden aufgeführt, in verschiedenen Quellen sind es oft dieselben, und eine Quantifizierung unterbleibt in den meisten Fällen. Die Absichten bei der Verwirklichung von Expertensystemen zielen aber meist auf Rationalisierung und Wissensmultiplikation bzw. -portabilität.

## 5.6 Die Entwickler von XPS- und KI-Systemen

Bisher sind nur die Beschäftigungseffekte bei den Nutzern beleuchtet worden. Natürlich liefern die XPS-Technik und ihre verwandten Aktivitäten eine Basis für die Beschäftigung von jenen Personen, die XPS entwickeln, d. h. erstellen, testen und implementieren. Die hohe Bedeutung, die die XPS und insgesamt die Aktivitäten im Umfeld der KI in der Informatik haben, dürften hier deutliche positive, gut abgrenzbare Beschäftigungseffekte zeigen.

Die Befassung mit wissensbasierten Systemen, künstlicher Intelligenz und objektorientierter Programmierung ist in Kreisen der Informatiker weit verbreitet. Aus der aktuellen Untersuchung der Gesellschaft für Informatik – GI – (siehe dazu Baber u. a. 1992) lassen sich die folgenden Strukturen erkennen:

Von den 3752 Teilnehmern der Untersuchung haben 229 (= 6,1%) angegeben, daß sie „Spezialisten für Wissensbasierte Systeme/KI-Systeme/OoP“ seien, wobei OoP für Objektorientierte Programmierung steht und somit in das Umfeld der KI verortet werden kann. Es waren Mehrfachnennungen möglich, jeder Teilnehmer der Umfrage hat durchschnittlich 2,1 Nennungen für die dominante Tätigkeit angegeben. Als zusätzliche Tätigkeit haben weitere 11,0% der Teilnehmer auf KI hindeutende Angaben angekreuzt. Insgesamt haben also 17,1% der Befragten angegeben, daß sie sich dominant oder zusätzlich mit diesem Gebiet der Informatik befassen würden. Werden diese Daten auf alle jene bezogen, die einen Ausbildungs- und Tätigkeitsstatus haben, wie ihn die Mitglieder der GI überwiegend zeigen, dann dürfte eine Hochrechnung auf etwa 60 000 Personen insgesamt zulässig sein. Von diesen würden sich dann 3700 dominant und 6600 zusätzlich mit KI befassen. Dies läßt sich als Beschäftigungseffekt zugunsten der KI-Aktivitäten buchen.

Das noch wenig ausgereifte Entwicklungsstadium der KI-Aktivitäten wird dadurch belegt, daß über die Hälfte der dominant mit KI Befassten in Forschung, Lehre, Ausbildung tätig sind, während in der IT-Industrie nur ein Drittel und in der IT-Anwendung nur 11% dieser KI-Spezialisten tätig sind (Tabelle 1).

Als Berufsangaben geben diese KI-Spezialisten vor allem „Informatiker“ an, daneben Bezeichnungen, die auf einen Wissenschaftsberuf hinweisen (Wiss. Angestellte(r), Professor). Bei den Funktionsangaben dominiert die Angabe „Wiss. Angestellte(r)“, während alle anderen Funktionen eher unterdurchschnittlich angesprochen sind (Tabelle 2).

Werden die Erwerbstätigen mit dominanter KI-Orientierung voll und jene mit zusätzlicher KI-Orientierung halb gerechnet, dann ergibt sich eine Gesamtzahl von etwa 7000 Personen, die in Deutschland in diesem Berufsfeld tätig sind, dies sind knapp 2% der Computerfachleute. Ein anderer Hinweis läßt sich aus einer Angabe von Diebold (1991) entnehmen: Für 1991 existiere für KI in Deutschland ein Markt in der Größenordnung von 200 bis 300 Mio. DM. Umgerechnet bedeutet dies eine Zahl von etwa 2000 bis 3000 Fachleuten, die diese Produkte entwickeln und implementieren. Wird unterstellt, daß sehr vieles erst noch entwickelt wird (Forschung), manches zwar bereits produziert wurde, aber noch nicht zur Marktbedeutung geführt hat, dann ist die o.a. Zahl von etwa 7000 Personen in der KI- bzw. XPS-Entwicklung durchaus plausibel.

Aus heutiger Sicht lassen sich also keine besonderen Beschäftigungseffekte der KI ableiten. Die Tatsache, daß

**Tabelle 1: Tätigkeitsbereich**

Tätigkeitsbereich	KI als dominante Tätigkeit	alle Teilnehmer der GI-Umfrage
Forschung, Lehre, Ausbildung	56%	32%
IT-Industrie	34%	46%
IT-Anwender	11%	21%

Datenquelle: GI-Untersuchung 91/92 (siehe Baber u. a. 1992)

**Tabelle 2: Berufs- und Funktionsangaben**

### a) Berufsangaben

Berufe	KI als dominante Tätigkeit	alle Teilnehmer der GI-Umfrage
Informatiker	49%	38%
Wiss. Angestellte	9%	5%
Mathematiker	9%	7%
Ingenieure	9%	10%
Professoren	6%	8%
Sonstige	18%	32%

Datenquelle: GI-Untersuchung 91/92 (siehe Baber u. a. 1992)

### b) Funktionsangaben

Funktionen	KI als dominante Tätigkeit	alle Teilnehmer der GI-Umfrage
Wiss. Angestellte	41%	17%
Führungskräfte	22%	27%
Professoren	7%	8%
Entwickler	7%	16%
Ingenieure	7%	6%
Berater	4%	8%
Sonstige	12%	18%

Datenquelle: GI-Untersuchung 91/92 (siehe Baber u. a. 1992)

nahezu alle diese Personen weitere dominante Tätigkeiten angeben, zeigt, daß hier kaum eine direkte Abhängigkeit von der KI und ihrem Einsatz festgestellt werden kann.

## 5.7 Der Knowledge-Engineer

Über kaum einen Beruf sind sich die Beteiligten in der Szene so einig, wie über den Knowledge Engineer, meist übersetzt als „Wissensingenieur“. Bereits sehr früh wurde er euphorisch beschrieben: „An das heuristische Wissen ist am schwersten heranzukommen, weil Experten – wie alle anderen Menschen auch – es selten selbst als solches erkennen. Es muß also mühsam aus ihren Köpfen herausgeholt werden, ein Juwel nach dem anderen. Die Mineure heißen Wissensingenieure. Wissensingenieure, die sich mit künstlicher Intelligenz befassen, verstehen es, Wissen in einem Computer darzustellen. Sie können Folgerungsprogramme zur Wissensnutzung entwickeln. Und sie denken von Natur aus interdisziplinär. Nachdem sie die kostbaren Juwelen gesammelt haben, bauen sie Wissensbanken auf, den wichtigsten Teil der Expertensysteme.“ (Feigenbaum/McCorduck 1984, S. 95).

Die blumige Metaphorik legt es nahe, an einen Diebstahl zu denken. Es gibt deshalb auch den Vorwurf, der Wissens-

Ingenieur „stehle“ das Expertenwissen anderer, der Wissenserwerb sei eine Form der „Enteignung“.

Die verschiedenen Aufgaben des Wissensingenieurs sind von besonderer Vielfalt. Voss (1990, S. 20 f.) gibt als Umschreibung die folgenden Berufe an:

- Journalist (Recherchen und richtige Fragestellung),
- Psychologe (Einfühlungsvermögen, vertrauensvolle Arbeitsatmosphäre),
- Systemanalytiker (Integration in die übrige EDV-Landschaft),
- Systemarchitekt (Kreative Gestaltungskraft),
- Designer (ansprechende Gestaltung der Benutzerschnittstelle),
- Programmierer (Beherrschung von Software-Werkzeugen und -Sprachen),
- Domänenexperte (Akzeptanz als Gesprächspartner ist nur dann erreichbar, wenn auch Fachwissen des Anwendungsgebietes vorhanden ist).

Schon diese knappe Aufzählung des Berufsinhalts eines Wissensingenieurs zeigt vor allem Wunschvorstellungen, die in der Praxis in dieser Vollkommenheit sicher niemals in einer Person umfassend repräsentiert sind. In besonderen Fällen könnte ein solches Profil möglicherweise existieren. Diese wenigen Fälle rechtfertigen es aber nicht, auf diesem Modell Vorgaben für einen Beruf aufzubauen. Praxisgemäße Berufsdefinitionen müssen immer Spezialisierungsformen und -Varianten enthalten, um den realen Arbeitsteiligungsstrukturen, die immer auch Ergebnis von Strategien der Qualifikationseinsparung bzw. von Stellenbesetzungskompromissen sind, nahezukommen. Eine derartige Spezialisierungsvorgabe (Infovation 1990, S. 7 ff.), wurde in der folgende These vorgelegt: *Das idealtypische Knowledge-Engineering Szenario erfordert „Wissensmodellierung statt KI-Programmierung“. Entsprechend ist strikt zu trennen zwischen zwei Typen von Expertensystem-Experten:*

1. Systementwickler
2. Wissensingenieure

*Die Systementwickler sollten höchst qualifizierte „Hybrid-Genies“ sein, mit Informatik-Fachkenntnissen und KI-Expertise, die Wissensingenieure hingegen sind „Indianer“.* Diese These wurde 30 Experten vorgelegt. Folgendes Antwortspektrum ergab sich:

Nur zwei der Befragten stimmten dieser These zu, viele andere waren der Meinung, daß ein Wissensingenieur höher qualifiziert sein müsse, als dies hier abwertend mit „Indianer“ beschrieben worden sei. Die Aufgabe des Wissensingenieurs sei anspruchsvoller, obwohl sicherlich manche anspruchlosen Aufgaben abgetrennt werden könnten.

Trotz aller Vorstellungen konnte sich aber bis heute der Wissensingenieur nicht etablieren und überhaupt nicht durchsetzen (siehe dazu auch Crasemann/Krasemann 1988). Offenbar gibt es für die heutigen Expertensysteme noch keinen durchorganisierten Routinebetrieb. Bei den noch im Versuchsstadium befindlichen Expertensystemen ist eine systematische Arbeitsteiligkeit noch nicht vorgenommen worden und eine detaillierte Berufszuordnung noch nicht erfolgt. Speziellen Ausbildungen steht man mit Vorbehalt gegenüber, insbesondere wenn es sich um Umschulungsmaßnahmen mit hohem Anspruch handelt (siehe dazu Diebold 1990, S. 16 f.). Eine Aktivität eines privaten Bildungsträgers mußte aufgegeben werden, weil

die fertigen Wissensingenieure keine adäquaten Positionen im Arbeitsmarkt fanden.

Bei den Teilnehmern der GI-Umfrage 91/92 haben lediglich zwei Personen die Funktion „Knowledge-Engineer“ angegeben, als Berufsbezeichnung haben diese beiden Fachleute „Informatiker“ angegeben. Sie kamen also offenbar aus dem Gebiet der Systementwicklung und nicht aus dem Fachgebiet, für das das XPS möglicherweise genutzt wird bzw. werden soll.

Zukünftig dürfte es wohl sinnvoller sein, die Aufgabe der Wissensakquisition und -pflege einer „Fachkraft mit Domänenbezug“ (siehe dazu Metzger in Infovation 1990, S. 11) zu übertragen. Begriffe wie „Wissen“ und noch mehr „Ingenieur“ sind in diesem Zusammenhang recht unpassend. Es wäre voreilig, in dieser frühen Phase eine spezialisierte Berufstätigkeit für die Zukunft abzugrenzen. Sicherlich läßt sich noch keine klare Arbeitsteiligkeit erkennen, noch weniger vorgeben.

Der Wissensingenieur ist somit lediglich ein Denkmodell und keine in der Praxis breit anzutreffende Bezeichnung für einen neuen integrativen Beruf. Es ist durchaus denkbar, daß sich im Zuge einer weiteren Ausdifferenzierung heute nicht sichtbare Arbeitsteiligungsformen entwickeln, die einerseits die Aufgabenlösung ermöglichen bzw. verbessern, andererseits besser auf die vorhandenen Ausbildungs- und Berufstätigkeitsmuster aufzusetzen sind.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Beschäftigungseffekte der Künstlichen Intelligenz sind derzeit nicht zu ermitteln. Dies hat die folgenden Gründe:

1. KI-Systeme treten nicht pur auf, sondern als Teil- und Zwischenlösungen in bereits bekannten Produkten und Problemlösungen und verbessern deren Wirksamkeit, erleichtern die Bedienung und beschleunigen den Entwicklungsprozeß.
2. KI-Systeme, insbesondere die am weitesten entwickelten Teilsysteme, die Expertensysteme, lassen sich auch für jene Aufgaben entwickeln, die heute noch zu komplex und zu wenig fixiert für eine konventionelle Computerbehandlung sind.
3. Da diese Systeme erst in der Entwicklung und noch kaum im praktischen Einsatz sind, lassen sich Substitutionen von menschlicher Arbeit nur in Einzelfällen feststellen.
4. Lediglich die Zahl derjenigen, die heute mit der Entwicklung derartiger Systeme betraut sind, läßt sich annähernd schätzen.
5. Neue Berufe, wie der immer wieder erwähnte „Wissensingenieur“ mögen zwar für eine spezielle Gesamtaufgabe sinnvoll sein, in der Praxis sind die Arbeitsteiligungsformen aber anders und wegen der derzeit geringen Zahl von praktischen Anwendungen noch nicht verallgemeinerbar.

Die Technologiefolgenabschätzung im Bereich der KI hat sich kaum mit den Beschäftigungsaspekten befaßt. Im Vordergrund standen und stehen das Menschenbild, das die KI-Forscher und -Promotoren haben, die Fragen der Sinnhaftigkeit der Anwendung derartiger Systeme ohne Kontrolle durch Menschen und die Gefahren, die aus der Überschätzung derartiger Systeme resultieren.

Beschäftigungseffekte werden sich erst in einer späteren Phase des Entwicklungs- und Diffusionsprozesses herauskristallisieren. Dabei wird es aber kaum möglich sein, die Effekte, seien es Arbeitsplatzverluste oder Arbeitsplatzgewinne, vollständig den KI-Systemen zuzurechnen. Immer werden auch andere Techniken zu diesen Arbeitsplatzveränderungen beigetragen haben. Es ist also nicht sinnvoll, den Blickwinkel auf die Beschäftigungseffekte der KI einzugrenzen. Konkrete und sinnvolle Ergebnisse lassen sich nur erzielen, wenn die maschinelle Informationsverarbeitung mit Computern insgesamt betrachtet wird.

Sicherlich werden sich in den nächsten Jahren die intensiven Forschungsarbeiten auch in praktisch nutzbaren Systemen niederschlagen. Es ist damit zu rechnen, daß die KI-Systeme einerseits die Entwicklung von informationsverarbeitenden Systemen erleichtern und verbessern, andererseits können auch komplexe und bisher nicht maschinell lösbare Probleme durch derartige Systeme behandelt und möglicherweise einer Lösung nähergebracht werden. Vor allzu großer Euphorie – oder Furcht – ist aber zu warnen. Die zukünftig möglicherweise ableitbaren und isolierbaren Beschäftigungseffekte werden durch globalere Techniken und durch ökonomische und soziale Veränderungen soweit überdeckt werden, daß sie auch zukünftig keine Dominanz haben werden. Beschäftigungswirkungen der KI sind also im Geflecht technischer, wirtschaftlicher und sozialer Veränderungen versteckt und nur in Ausnahmefällen zu erkennen, aber nicht eindeutig abzugrenzen und zu belegen.

## 7 Literatur

- Baber, Robert L.; Dostal, Werner; Rohlfing, Dieter; Rotermund, Jens-Peter; Schwarz, Ernst; Wix, Barbara (1992): Zur Berufssituation der Informatiker 1991. Ergebnisse der Mitgliederbefragung der GI 1991/92. Informatik-Spektrum 15, S. 335-351.
- Baethge, Martin; Oberbeck, Herbert (1986): Zukunft der Angestellten. Frankfurt u.a.
- Barth, G.; Christaller, T.; Cremers, A. B.; Neumann, B.; Radermacher, F. J.; Radig, B.; Richter, M.; Siekmann, J.; von Seelen, W. (Arbeitsgemeinschaft der Deutschen KI-Institute) (1991): Künstliche Intelligenz. Perspektive einer wissenschaftlichen Disziplin und Realisierungsmöglichkeiten. Informatik-Spektrum 14, S. 201-206.
- Becker-Töpfer, Elisabeth; Rödiger, Karl-Heinz (1990): Expertensysteme und Mitbestimmung. WSI-Mitteilungen 10, S. 660-667.
- Becker-Töpfer, Elisabeth (1991): Gewerkschaftliche Gestaltungskriterien für Expertensysteme und Künstliche Intelligenz. In: Fricke 1991, S. 164-172.
- Behrendt, Reinhardt (Hg.) (1990): Angewandte Wissensverarbeitung. Die Expertensystemtechnologie erobert die Informationsverarbeitung. München, Wien.
- Bernold, Thomas; Hillenkamp, Ulrich (Hg.) (1988): Expert Systems in Production and Services. Impact on Qualifications and Working Life. Amsterdam, New York, Oxford, Tokyo.
- Bernold, Thomas; Hillenkamp, Ulrich (Hg.) (1989): Expert Systems in Production and Services II. From Assessment to Action? Amsterdam, New York, Oxford, Tokyo.
- Beuschel, Werner (1988): Expertensysteme auf dem Weg in die Arbeitswelt – zur Untersuchung betrieblicher Veränderungen beim Einsatz „Künstlicher Intelligenz“. WZB discussion papers FS I 88 – 15, Berlin.
- Bibel, Wolfgang; Eisinger, Norbert; Schneeberger, Josef; Siekmann, Jörg (Hg.) (1987): Studien- und Forschungsführer Künstliche Intelligenz.
- Bürgi-Schmelz, A.; Bürgisser, M.; Schwarzenbach, F. H.; von Arb, Ch. (1990): Künstliche Intelligenz im menschlichen Umfeld. Bern.
- Bullinger, H.-J.; Kornwachs, K. (Projektleitung) (1988): Abschätzung möglicher Anwendungen und Auswirkungen von Expertensystemen im Produktionsbetrieb. Gutachten im Auftrag der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Technikfolgenabschätzung und Bewertung“. Manuskript (Stuttgart).
- Christaller, Thomas (1986): Künstliche Intelligenz-eine zukunftsorientierte Forschungsperspektive in der Informatik. GMD-Spiegel 3/4-86, S. 45-53.
- Coy, Wolfgang (1989): Probleme und Perspektiven der Expertensystemtechnik. Manuskript. Bremen.
- Coy, Wolfgang (1991): Expertensysteme – eine Episode aus der fortschreitenden Maschinisierung der Facharbeit. In: Fricke 1991, S. 141-151.
- Coy, Wolfgang; Bonsiepen, Lena (1989): Erfahrung und Berechnung. Kritik der Expertensystemtechnik. Berlin u. a.
- Crasemann, C; Krasemann, H. (1988): Der Wissensingenieur-ein neuer Hut auf altem Kopf. Informatik-Spektrum 11, S. 43-48.
- Cross, Michael (1989): Japan's fifth generation Computer project. Successes and failures. Futures August, S. 401-403.
- Dateki, Sei (1989 a): Expert Systems and Their Impact on Labor-Japanese Experience. In: Bernold/Hillenkamp 1989, S. 96-113.
- Dateki, Sei (1989 b): Expert Systems and its Impact on Labor - Japanese Experience of Advanced Information Technology Based on Artificial Intelligence. NIEVR Report No. 5, Tokyo.
- Deutscher Bundestag (1990): Bericht der Enquete-Kommission „Gestaltung der technischen Entwicklung; Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung“ gemäß Beschluß des Deutschen Bundestages vom 5. November 1987: Chancen und Risiken des Einsatzes von Expertensystemen in Produktion und Medizin. Bonn.
- Diebold (1990): Knowledge-Engineer: Schon wieder out. Diebold Management Report 8/9-90, S. 16-17.
- Dostal, Werner; Köstner, Klaus (1977): Mikroprozessoren – Auswirkungen auf Arbeitskräfte? In: MittAB 2, S. 243-251.
- Dostal, Werner (1982): Fünf Jahre Mikroelektronik-Diskussion. In: MittAB 2, S. 151-166.
- Dostal, Werner (1988 a): Changes in Tasks and Functions. In: Bernold/Hillenkamp 1988, S. 123-132.
- Dostal, Werner (1988 b): Der Informationsbereich. In: Mertens, Dieter (Hg.): Konzepte der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. BeitrAB 70, 3. Aufl. Nürnberg, S. 858-880.
- Dostal, Werner (1990): Expertensysteme in der Technikfolgenabschätzung und -bewertung. In: Behrendt 1990, S. 357-381.
- Edler, Dietmar (1989): Beschäftigungswirkungen des Einsatzes von Industrierobotern bis zum Jahr 1995 – Modellrechnung auf der Basis eines dynamischen Input-Output-Ansatzes. In: Meyer-Krahmer 1989, S. 111-163.
- Feigenbaum, Edward A.; McCorduck, Pamela (1984): Die Fünfte Computer-Generation. Künstliche Intelligenz und die Herausforderung Japans an die Welt. Basel, Boston, Stuttgart.
- Frank, Ulrich (1988): Expertensysteme: Neue Automatisierungspotentiale im Büro- und Verwaltungsbereich? Wiesbaden.
- Fricke, Werner (Hg.) (1991): Jahrbuch Arbeit und Technik 1991. Bonn.
- Friedrichs, Günter; Schaff, Adam (Hg.) (1982): Auf Gedeih und Verderb. Mikroelektronik und Gesellschaft. Bericht an den Club of Rome. Wien, München, Zürich.

- Grüninger, Christoph (1989): Kleines KI-Lexikon. Begriffserklärungen und Literaturhinweise für Einsteiger. GhK. Kassel.
- Haefner, Klaus (1987): Statement auf einer öffentlichen Anhörung zum Thema „Menschliche Kreativität und Künstliche Intelligenz“. In: Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages, Materialien zu Drucksache 10/6801, Band II, Bonn, S. 100-105.
- Heinz, Klaus; Gosmann, Reiner (1990): Künstliche Intelligenz und Expertensysteme. Die berufsbildende Schule, Heft 6.
- Hillenkamp, Ulrich (1989): Expert Systems. Present state and future trends: Impact on employment, working life and qualifications of skilled workers and clerks. Project Report and Bibliography. ILO Genf.
- Hirai, Yoshimitsu (1989): Trends in the Development and Application of Expert Systems in Japan: April 1986 to February 1988. In: Bernold/Hillenkamp 1989, S. 85-95.
- Industriegewerkschaft Metall – Vorstand (1988): Künstliche Intelligenz. Kontroversen um eine neue Technologie. Werkstattbericht. Frankfurt/Main.
- Infovation (1989): Expertensystem-Software-Markt 89. Auszüge aus einer Studie im Auftrag der GMD. Bonn.
- Infovation (1990): Berufsbild „Wissensingenieur“ – Expertenbefragung zu 18 Thesen. Bonn.
- Jahoda, Marie; Guy, Ken; Evans, Ben (1988): Expert Systems. Present state and future trends: Impact on employment and skill requirements (Literature review). ILO Genf.
- Kern, Horst; Schumann, Michael (1984): Das Ende der Arbeitsteilung? München.
- King, Alexander (1982): Neue Industrielle Revolution oder bloß eine neue Technologie. In: Friedrichs/Schaff 1982, S. 11-47.
- Klawitter, Jörg: „Künstliche Intelligenz“ (KI) – Technologischer Traum und/oder gesamtgesellschaftliches Trauma. In: Schmidt 1992, S. 9-56.
- Koenemann, Jürgen (1986): Auswirkungen von Expertensystemen. Ansätze einer Technologiefolgenabschätzung auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz. Bericht 123 des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg (FBI-HH-B-123-86).
- Kornwachs, Klaus; Bullinger, Hans-Jörg (1989): Expert Systems. Present state and future trends: Impact on employment and skill requirements (Two German case studies). ILO Genf.
- Kurbel, K. (1989): Entwicklung und Einsatz von Expertensystemen – Eine anwendungsorientierte Einführung in Wissensbasierte Systeme. Berlin, Heidelberg.
- Kurbel, K.; Pietsch, W. (1989): Expertensystem-Projekte: Entwicklungsmethodik, Organisation und Management. Informatik-Spektrum 12, S. 133-146.
- Lutz, Burkart; Moldaschl, Manfred (1989): Expertensysteme und Industrielle Facharbeit. Ein Gutachten über denkbare qualifikatorische Auswirkungen von Expertensystemen in der fertigen Industrie. Frankfurt, New York.
- Mertens, Peter; Borkowski, Volker; Geis, Wolfgang (1988): Betriebliche Expertensystem-Anwendungen. Eine Materialsammlung. Berlin, Heidelberg.
- Mertens, Peter; Borkowski, Volker; Geis, Wolfgang (1990): Betriebliche Expertensystem-Anwendungen. 2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin.
- Mcyer-Krahmer, Frieder (Hg.) (1989): Sektorale und gesamtwirtschaftliche Beschäftigungswirkungen moderner Technologien. Berlin.
- Minsky, Marvin (1968): Semantic Information Processing. Cambridge.
- Moto-Oka, Tohru (1984): Rechner der fünften Generation. Höchstintegrierte Schaltungen sind der Schlüssel zum Erfolg. Umschau 3, S. 82-87.
- Nii, H. Penny (1988): Impact on Expert Systems: Some Observations in 1987. In: Bernold/Hillenkamp 1988, S. 47-54.
- Radermacher, F. J. (1991): Arbeitsgemeinschaft der deutschen KI-Institute (AKI) gegründet. Informatik-Spektrum 14, S. 40.
- Schaff, Adam (1982): Beschäftigung kontra Arbeit. In: Friedrichs/Schaff 1982, S. 353-366.
- Schefe, Peter (1988): Expert Systems. Present state and future trends: Impact on employment and skill requirements (An assessment). ILO Genf.
- Schmidt, Joachim (Hg.) (1992): Denken und denken lassen. Künstliche Intelligenz – Möglichkeiten, Folgen, Herausforderungen. Neuwied, Kriftel, Berlin.
- Schubert, Ingrid; Krebsbach-Gnath, Camilla (1987): Chancen und Risiken des Einsatzes von Expertensystemen. München.
- Seetzen, Jürgen; Stransfeld, Reinhard (1989): Perspektiven der Expertensystemanwendungen und Begründung für eine Technikfolgenabschätzung. Manuskript, Berlin.
- Senker, Peter; Buckingham, Joanna; Townsend, Joe (1988): Expert Systems. Present state and future trends: Impact on employment and skill requirements (Three case studies). ILO Genf.
- Siekmann (1988): „Wir sind von der Entwicklung bereits überrollt worden.“ Interview, Die Welt 261 vom 7. 11. 1988, S. 21.
- Specht, Dieter (1989): Wissensbasierte Systeme im Produktionsbetrieb. München, Wien.
- Toth, Kaiman A. (1990): The Workless Society. How Machine Intelligence Will Bring Ease and Abundance. The Futurist 5/6, S. 33-37.
- Turkle, Sherry (1984): Die Wunschmaschine. Von Entstehen der Computerkultur. Hamburg.
- VDI (1991): Künstliche Intelligenz lernt hinzu. VDI-Nachrichten 39 vom 27. September 1991, S. 25-27.
- Volpert, Walter (1985): Zauberlehrlinge. Die gefährliche Liebe zum Computer. Weinheim, Basel.
- Voss, Andreas (1990): Berufsbild „Wissensingenieur“. Entwicklung eines Berufsbildes für das Tätigkeitsfeld eines Wissensingenieurs (Knowledge Engineer). Diplomarbeit München.
- Weizenbaum, Joseph (1977): Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft. Frankfurt.
- Wiig, Karl M. (1988): Commercial Applications. In: Bernold/Hillenkamp 1988, S. 13-35.
- Wheldon, A. (1989): Von Expertensystemen können Gefahren ausgehen. Bericht über eine britische Studie des Council of Science and Society Blick durch die Wirtschaft, 7. 6. 1989, S. 8.
- Wolters, Martin F. (1984): Die fünfte Generation. Der Schlüssel zum Wohlstand durch Industrieroboter und intelligente Computer. München.
- Zelewski, Stephan (1988): Betriebswirtschaftliche Aspekte des industriellen Einsatzes von Expertensystemen – Anwendungsmöglichkeiten und Bewertung. Arbeitsbericht 21 des Seminars für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Industriebetriebslehre und Produktionswirtschaft. Köln.