

Nr. 55

D. Steinmann

Expertensysteme (ES) in der
Produktionsplanung und -steuerung
(PPS) unter CIM Aspekten 1)

November 1987

1) Beitrag zur Fachtagung "Expertensysteme in der Produktion" 16. und 17. November 1987, München (Veranstalter: gfm - Gesellschaft für Management und Technologie mbH, München)

Expertensysteme (ES) in der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) unter CIM-Aspekten

I. Einführung in die Themenstellung

II. Einsatzbereiche und -voraussetzungen für Expertensysteme in PPS unter CIM-Aspekten

- A. Motivation für die Entwicklung und den Einsatz von Expertensystemen in PPS
- B. Voraussetzungen für den Einsatz von Expertensystemen in PPS
- D. Implementierungskonzept
- E. Integration von Expertensystemen in PPS und CIM-Systeme

III. Aufbau und Realisierungsmöglichkeiten von Expertensystemen

- A. Aufbau von Expertensystemen
 - 1. Wissenskomponente
 - 2. Problemlösungskomponente
- B. Hard- und Software für die Realisierung von Expertensystemen
 - 1. Software
 - 2. Hardware

IV. Ausgewählte Einsatzbereiche für Expertensysteme in PPS

- A. Expertensysteme zur Unterstützung von konventionellen PPS-Funktionen
- B. Expertensysteme als Management - Informationssystem in PPS
- C. Expertensysteme zur Diagnose in PPS-Systemen

V. Expertensysteme am Institut für Wirtschaftsinformatik (IWI)

- A. Wissensbasiertes System zur Auswahl geeigneter Prognoseverfahren
- B. Wissensbasiertes System zur konstruktionsbegleitenden Kalkulation
- C. Wissensbasiertes System zur Unterstützung der Absatzplanung

VI. Resümee und Ausblick

VII. Literaturverzeichnis

Expertensysteme (ES) in der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) unter CIM-Aspekten

I. Einführung in die Themenstellung

Mit der fortschreitenden Entwicklung der Leistungsfähigkeit moderner EDV-Systeme kam es in den letzten Jahren zu einem starken Schub der Weiterentwicklung und des Einsatzes von Methoden und Werkzeugen der künstlichen Intelligenz (KI). Die Systeme schafften den Durchbruch von reinen Forschungsprojekten der Informatik zu ersten Anwendungen in der Praxis. In einigen Unternehmen befinden sich bereits Prototypen von KI-Systemen im Einsatz. Die Grundlagenentwicklung der Informatik ist speziell bei Expertensystemen so weit ausgereift, daß diese Methoden auch für den Einsatz in der Wirtschaftsinformatik einen interessanten Anwendungsbereich darstellen.

Neben Ansätzen des Problemlösens, automatischen Beweissystemen, natürlichsprachlichen Systemen, der Bilderkennung und -verarbeitung und Robotik gewannen speziell Expertensysteme auch aufgrund ihres breiten Anwendungsspektrums stark an Bedeutung. Eine Vielzahl von bisher nur unzureichend abbildbaren Problemstellungen können hiermit gelöst werden. Der Begriff "künstliche" Intelligenz, als direkte Übersetzung des "artificial" aus dem Englischen, erwies sich als ein unglücklich gewählter Begriff. Mit ihm verbunden ist im allgemeinen die Erwartung, menschliche Intelligenz nachbilden zu können. Dies führt dazu, daß aufgrund der momentan doch noch sehr beschränkten Möglichkeiten der Realisierung intelligenter Systeme die Anforderungen zu hoch gesetzt werden und somit nicht erfüllt werden können.

Dieser Effekt tritt auch bei der Entwicklung und dem Einsatz von Expertensystemen auf. Das Expertenwissen eines Menschen kann, entgegen diesen Erwartungen, nur in eng abgegrenzten Bereichen teilweise nachgebildet werden. Der Entwicklungsaufwand ist selbst für solche eng eingegrenzten Systeme zur Zeit noch erheblich. Die Komplexität von Allgemeinwissen oder Wissen aus benachbarten Fachgebieten, das menschliche Experten bei ihren Entscheidungen meist einbeziehen, kann nicht abgebildet werden. Um dieser hohen Erwartungshaltung zu entgehen, wurde der Begriff "wissensbasierte Systeme" geprägt, der sehr viel zutreffender ist, da er die Assoziation zur menschlichen Intelligenz oder Experteneleistungen vermeidet. Trotz der oben dargestellten Einschränkungen gibt es einen breiten Bereich, in dem wissensbasierte Systeme aufgrund ihrer neuartigen

Vorgehensweise, Aufgabenstellungen zu strukturieren und umzusetzen, sinnvoll einzusetzen sind. Sie sind in der Lage, Problemstellungen, eng an das menschliche Vorgehen angelehnt, abzubilden und zu lösen. Die Hauptvorteile liegen in der Möglichkeit, solche Probleme abzubilden, die nicht allein mit streng prozeduralem Vorgehen gelöst werden können, der Verfügbarkeit einer sehr komfortablen Unterstützung des Benutzers und der hohen Flexibilität bei der Ergänzung und Veränderung von Wissen.

Es sollte keine aufreibende Diskussion darüber entstehen, ob ein mit Methoden und Werkzeugen der künstlichen Intelligenz erstelltes System nun wirklich als "Expertensystem" bezeichnet werden darf, oder ob es bestimmte weitere Voraussetzungen erfüllen muß. Eine sinnvolle Beurteilung eines Systems sollte sich auf Eignung für eine Aufgabenstellung beschränken. Die Grundsätze und Tools für das Erstellen von Expertensystemen besitzen Vorteile, die für ausgewählte Aufgabenstellungen besonders gut geeignet sind. Diese Vorteile sollten genutzt werden, ohne darüber nachzudenken, ob das daraus resultierende System auch alle Bedingungen eines Expertensystems erfüllt.

Im Bereich der Produktionsplanung und -steuerung gibt es mehrere unterschiedliche Einsatzbereiche für Expertensysteme. Die wesentlichen Ansatzpunkte sind in Abb. 1 aufgeführt.

- Auswahl eines geeigneten PPS-Systems (in CIM-Systemen)
- Verbesserung und Unterstützung bereits realisierter PPS-Funktionen
- Intelligente Planungssysteme
- Analysesysteme als Ergänzung zu konventionellen PPS-Funktionen
- Auswertung der PPS-Datenbasis
- Management-Informationssystem im PPS-Bereich
- Teile-, Arbeitsplan-, Stücklisten-Informationssystem (Ähnlichkeiten - pattern matching)
- Hilfestellungen und Optimierungen bei der Nutzung von PPS-Systemen
- Analyse und Diagnose von PPS-Systemen
- Intelligentes Schulungssystem
- Intelligentes Kommunikationsinstrument in CIM-Systemen

Abb. 1: Grundsätzliche Einsatzbereiche von Expertensystemen in PPS

II. Einsatzbereiche und -voraussetzungen für Expertensysteme in PPS unter CIM-Aspekten

Es gibt bereits mehrere Veröffentlichungen, die eine Übersicht über Expertensystemprojekte - speziell auch in CIM (1) - an Instituten und in der Praxis bieten (2). Sie geben Hinweise auf potentielle Einsatzbereiche und liefern interessante Erfahrungsberichte. Expertensysteme können Experten selbst bei der Durchführung ihrer Arbeit unterstützen, sie setzen in den meisten Fällen einen qualifizierten Benutzer voraus. Es zeigen sich in Unternehmen verschiedene Stufen der Qualifikation von Experten, was sich auch in der Unternehmenshierarchie abbildet. Bei schwierigen Aufgabenstellungen werden höher qualifizierte Experten bei der Lösungsfindung hinzugezogen. Diese höher qualifizierten Experten sind meist stark überlastet. Ein Expertensystem kann hierbei dazu dienen, einen Großteil der Anfragen an diese Experten zu beantworten, indem es deren Wissen abbildet und den weniger qualifizierten Benutzern zur Lösung ihrer Probleme zur Verfügung stellt. Bei sehr speziellen Fragen wird jedoch nach wie vor der (jetzt entlastete) höher qualifizierte Experte zur Lösung des Problems herangezogen.

Nachfolgend sind die grundsätzlichen Arten von Expertensystemen und Beispiele für Einsatzbereiche in PPS aufgeführt (3):

Analyse- und Diagnosesysteme

- Auswertung der PPS-Datenbasis
- Ursachen von Betriebsmittelstörungen
- Analyse der Betriebsmittelnutzung (MDE)
- Diagnose der Ursachen von Terminüberschreitungen
 - kundenauftragsbezogen
 - fertigungsauftragsbezogen
- Analyse der Durchlaufzeiten und Diagnose der Mängel
 - maschinenbezogen
 - auftragsbezogen
- Analyse von Qualitätsdaten
- Kostenanalyse
 - relative Verteilung der Produktkosten
 - Vergleich der Kosten zwischen Produkten
 - Berechnung von Alternativen (z. B. Fertigungstechnologie)

1 Steinmann, D., *Entscheidungsunterstützungssysteme*, in: Scheer, A.-W., *Computer Integrated Manufacturing (CIM) - Der computergesteuerte Industriebetrieb*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York, Tokyo 1987

2 vgl. Mertens, P., Allgeyer, K., Däs, H., *Betriebliche Expertensysteme in deutschsprachlichen Ländern - Versuch einer Bestandsaufnahme, Arbeitsberichte des Instituts für mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (Informatik), Friedrich Alexander Universität, Erlangen-Nürnberg, Erlangen 1986*; o. V., *The CRI Directory of Expert Systems, Compiled by CRI, Published by Learned Information, o. O. 1985*; Lehmann, E., *Expertensysteme - Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand, interne Studie der Siemens AG (ZT ZIT), München 1983*

3 vgl. Mertens, P., Allgeyer, K., Däs, H., *Betriebliche Expertensysteme in deutschsprachlichen Ländern - Versuch einer Bestandsaufnahme, Arbeitsberichte des Instituts für mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (Informatik), Friedrich Alexander Universität, Erlangen-Nürnberg, Erlangen 1986, S. 6 ff.*

Selektionssysteme

- Datenverwaltungs- und -suchsysteme
 - Stücklisten
 - Arbeitspläne
 - Lieferantendaten u. s. w.
- Datenauswertungs- und Verdichtungssysteme

Intelligente Checklisten

- Termineinhaltung von Kundenaufträgen
- Instandhaltung und vorbeugende Wartung
- Unterstützung der Auftragsabwicklung
 - zeitliche Abwicklung
 - inhaltliche, sachliche Abwicklung

Beratungssysteme

- Entscheidung über Kundenauftragsannahme
- Zuordnung von Fertigungsaufträgen zu Betriebsmitteln
- Fertigungsauftragsfreigabe nach Betriebsmittelauslastung
- Kapazitätsanpassung (mittel- und langfristig)
- Verlagerungsmöglichkeiten

Konfigurierungssysteme

- Anordnung der Betriebsmittel
- Zusammensetzung eines Produktes aus Komponenten (Varianten)
- Arbeitsplanerstellung aus Standardarbeitsplänen
- Layout von Produktionsanlagen (FFS, Inseln, ...)

Planungssysteme

- Primärbedarfsplanung
- Materialbedarfsplanung
- Kapazitätsbedarfsplanung
- Materialflußplanung

Zugangssysteme

- Auswahl von Methoden
 - Primärbedarfsplanung
 - Materialbedarfsplanung
 - Kapazitätsbedarfsplanung
- Intelligentes Data-Dictionary
- Zuständigkeitsregelung

Hilfesysteme

- Sinnvolle Nutzung des PPS-Systems
 - EDV-Technik
 - PPS-Funktionen
 - PPS-Abläufe
- Auswirkungen und Ursachen von Fehlern, Erkennen von Fehlerursachen

Lehr- und Unterrichtssysteme

- Schulung
 - PPS-Abläufe
 - Hardware/Software

Entscheidungssysteme

- Fremdbeschaffung oder Eigenfertigung
- Materialbedarfsrechnung

Überwachungssysteme

Termineinhaltung

- Kundenaufträge
- Fertigungsaufträge
- Materialverfügbarkeit

Qualitätsauswertungen

Maschinennutzung

Die oben angeführten Punkte stellen natürlich nur Schlagworte dar, die einen meist sehr komplexen Entscheidungsraum umfassen. Die Zusammenfassung mehrerer dieser Punkte ergeben nach Überprüfung des ablauflogischen Zusammenhangs und den Voraussetzungen u. U. den Einsatzbereich für ein Expertensystem. Die Zuordnung einzelner Aufgabenstellungen zu den Klassifikationskategorien ist nicht immer eindeutig möglich. Von daher gibt es Überschneidungen bei der Zuordnung von PPS-Funktionen oder Aufgaben. Im folgenden wird nun erläutert, aus welchen Gründen heraus und unter welchen Bedingungen in den oben angeführten Bereichen Expertensysteme für welche abgegrenzten Aufgabenstellungen eingesetzt werden können.

A. Motivation für die Entwicklung und den Einsatz von Expertensystemen in PPS

Die Motivation für den Einsatz von Expertensystemen ist auf sehr unterschiedliche Faktoren zurückzuführen. Die häufigsten Gründe für die Entwicklung eines Expertensystems sind in Abb. 2 dargestellt.

- Innovationsfreudigkeit (Großunternehmen, EDV-Hersteller und wissenschaftliche Institute)
- Experten sind überlastet
- hoher Anteil von Routinetätigkeiten bei Expertenaufgaben, Ausführung von Expertentätigkeiten von weniger qualifizierten Sachbearbeitern
- Experten scheiden aus (hohe Personalfuktuation)
- Unterstützung des Benutzers eines Produktes (Fehlerdiagnose bei Industrierobotern), ausreichendes Wissen ist nur zentral vorhanden
- Expertenwissen auf hohem Niveau wird dezentral nur selten benötigt (Spezialwissen)
- ein Teil des Wissens ist ständigen Veränderungen unterzogen
- hohe Komplexität von Anweisungen oder Vorschriften (Gesetze, Normen)
- Einflußnahme auf dezentrale Entscheidungen (Firmenpolitik)
- traditionelle Problemlösungsmethoden haben versagt
- Anstieg der verfügbaren Datenmenge - Notwendigkeit einer intelligenten Vorverdichtung
- Vorteile dadurch, daß der Experte sein Wissen und Problemlösungsstrategien explizit formuliert

Abb. 2: Gründe für die Entwicklung von Expertensystemen (4)

4 vgl. Savory, S.E., Expertensysteme: Welchen Nutzen bringen sie für Ihr Unternehmen? in: Savory, S. E., (Hrsg.), Expertensysteme: Nutzen für Ihr Unternehmen, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1987, S. 24 ff.; Silverman, B.G., Should a Manager "Hire" an Expert System, in: Silverman, B.G., (Hrsg.), Expert Systems for Business, Addison-Wesley Publishing Company, Reading u. a., 1987

Die oben angeführten Kriterien begründen das starke Interesse an Expertensystemen und lassen Rückschlüsse auf die weitere Entwicklung in der nächsten Zeit zu. Sie zeigen, wo sich Expertensysteme sinnvoll einsetzen lassen.

B. Voraussetzungen für den Einsatz von Expertensystemen in PPS

Wie bereits ausgeführt, besitzen die Methoden und Werkzeuge für die Erstellung von Systemen der künstlichen Intelligenz im allgemeinen und von Expertensystemen im speziellen besondere Anforderungen an Themenstellungen, die mit ihnen bearbeitet werden können. Die wesentlichen Voraussetzungen, unter denen Expertensysteme sinnvoll einzusetzen sind, werden in Abb. 3 dargestellt.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Es müssen Experten mit Expertenwissen vorhanden sein 2) Mit konventionellen Entwicklungsmethoden sind keine befriedigenden Lösungen möglich 3) Es muß ein Expertenbereich zu definieren und abzugrenzen sein 4) Der Umfang der einzelnen Expertentätigkeiten ist angemessen (nicht zu banal, nicht zu komplex) <ul style="list-style-type: none"> - Die Wissensquellen des Experten sind zu benennen und abzugrenzen - Die Tätigkeitsabläufe der Expertentätigkeit sind klar zu umreißen 5) Es sollte möglichst wenig Allgemeinwissen zur Lösung der Aufgabe notwendig sein 6) Es sollten zur Lösung der Aufgabenstellung möglichst wenig Schnittstellen zu anderen Aufgaben- und Wissensbereichen bestehen 7) Die Experten müssen bereit und in der Lage sein mitzuarbeiten 8) Es müssen Testmöglichkeiten bestehen |
|---|

Abb. 3: Voraussetzungen für den Einsatz von Expertensystemen (5)

(1) Da Expertensysteme aus Regeln und Wissen eines speziellen Expertenbereiches bestehen, ist natürlich die wichtigste Voraussetzung für die Entwicklung eines Expertensystems die Bedingung, daß es überhaupt einen Experten und damit verbunden einen Expertenbereich gibt. Bei der Entwicklung des Systems ist es unbedingt notwendig, daß ein Experte in Person Angaben machen kann, wie er Probleme löst, welches Wissen er dazu verwendet, welche EDV-Systeme mit welchen Methoden er anwendet. So ist z. B. die Arbeitsplanerstellung ein idealer Bereich für den Einsatz von Expertensystemen. Der Arbeitsplaner erhält als Input die Konstruktionszeichnung und die Konstruktionsstückliste. Die Aufgabe ist, mit dem Wissen über vorhandene Arbeitspläne (Ähnlichkeiten-

5 vgl. Lebsanft, E. W., Gill, U., *Expertensysteme in der Praxis-Kriterien für die Verwendung von Expertensystemen zur Problemlösung*, in: Savory, S. (Hrsg.), *Expertensysteme: Nutzen für ihr Unternehmen*, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1987, S. 122

planung) oder der Kombination von Wissen über Fertigungsverfahren, Betriebsmittelpark u. s. w. (vgl. Abschnitt IV.A.) den Arbeitsplan und die weiteren notwendigen Fertigungsunterlagen zu erstellen. Das Wissen eines Arbeitsplaners, der integrierte und vollständige Arbeitsabläufe abwickelt, kann also in ein Expertensystem überführt werden.

(2) Ein Grundsatz muß sein, daß Expertensysteme nur dann eingesetzt werden sollten, wenn konventionelle Software keine befriedigenden Lösungen liefert. Die Verarbeitung großer Datenmengen nach streng vorgegebenen prozeduralen Vorschriften (wenig Datentypen, große Zahl von Instanzen) kann nicht Aufgabe von Expertensystemen sein. Sie finden dort Anwendung, wo die Anzahl und die logischen Verknüpfungen zwischen den Daten sehr groß sind und die Anzahl der Instanzen relativ gering ist. Das bedeutet auch gleichzeitig, daß die Anzahl der möglichen Lösungsalternativen (der Lösungsraum) sehr groß wird. Ein großer Vorteil von Expertensystemen liegt darin, daß logische Verknüpfungen sehr einfach dargestellt werden können. Es muß kein geschlossener Lösungsweg (Problemstellung bis zum Ziel) im voraus angegeben werden. Das System sucht sich diesen Lösungsweg selbst, indem es das vorhandene Wissen kombiniert. Fehlen ihm Informationen, so wendet sich das System mit gezielten Fragen an den Benutzer. Dies steht im Gegensatz zu konventioneller Programmierung, die einen Lösungsweg vollständig explizit abbildet, der dann im nachhinein durchlaufen wird.

(3) Es sollte immer ein Expertenbereich (als Handlungs- oder Aufgabenbereich) abgrenzbar sein, dessen Wissen (Wissensdomäne) nachgebildet werden kann. Der Expertenbereich umfaßt das Aufgaben- oder Problemspektrum und das Expertenwissen, welches zur Ausführung benutzt wird. Für das Beispiel des Arbeitsplaners ist auch diese Voraussetzung erfüllt. Die einzelnen Aufgabenbereiche (Materialplanung, Methoden-/Verfahrensplanung, Investitionsplanung, Qualitätsplanung, Kostenplanung, Stücklistenverarbeitung, Arbeitsplanerstellung, NC-Programmierung u. s. w. (6)) sind eindeutig abgrenzbar und als einzelne Wissenssegmente definierbar (vgl. auch Punkt 4).

(4) Der Zeitraum, den ein Experte benötigt, um eine Aufgabe zu lösen, sollte zwischen einer halben Stunde und einem Tag bis maximal 1,5 Tage (sehr große Systeme) liegen. Bei einer zu einfachen Aufgabe lohnt sich der Entwicklungsaufwand nicht, bei einer zu komplexen Aufgabe wird der Umfang des Systems zur Zeit nicht mehr handhabbar. Auch hier ist am Beispiel der Arbeitsplanung klar zu erkennen, daß diese Bedingung durch Aufteilung in einzelne Problembereiche zu erfüllen ist. Im Bereich der Primärbedarfsplanung müßte man einzelne Aufgabenbereiche isolieren, die über ein Expertensystem zu lösen sind, da der gesamte Arbeitsumfang des Primärbedarfsplaners zu umfangreich wäre.

(5) Der Experte muß seine Aufgaben ohne die Einbeziehung von Allgemeinwissen lösen können. Allgemeinwissen kann von den zur Zeit verfügbaren Systemen nicht abgebildet werden. Das Wissen eines Arbeitsplaners kann in den Wissens- oder Aufgabensegmenten gut über Regeln abgebildet werden und erfordert wenig Allgemeinwissen.

(6) Der Experte sollte möglichst wenig externe Informationen aus anderen Abteilungen einbeziehen müssen. Bei der Einbeziehung von mehreren Experten wird die Abstimmung zwischen den Experten ein unter Umständen sehr schwieriger Prozeß. Auch die Abgrenzung der Wissensbereiche wird sich als schwierig erweisen. Die Arbeitsplanung ist ein abgegrenzter Bereich mit definierten Datenschnittstellen zu vor- und nachgelagerten Bereichen. Dies hängt natürlich stark von der Art der Produkte und der Struktur der Fertigung ab. Ist Wissen notwendig, das nicht in der Wissensbasis des Systems enthalten ist, so wird über die Benutzerschnittstelle der externe Sachbearbeiter einbezogen, und er muß dieses Wissen in das System eingeben.

(7) Der Experte muß im Stande und willens sein mitzuarbeiten. Es ergeben sich für ihn in der Regel erhebliche Belastungen dadurch, daß er oft unbewußt ablaufende Vorgänge sich bewußt machen und beschreiben muß. Ein weiteres Problem besteht darin, eine große Anzahl von "Selbstverständlichkeiten" zu formulieren und als Basis zu definieren.

(8) Entsprechend dem Wissen von menschlichen Experten kann auch ein komplex aufgebautes Expertensystem nicht immer vollständig nachprüfbar absolut richtige Ergebnisse liefern. Der gesamte komplexe Lösungsraum eines größeren Expertensystems wird niemals vollständig überprüft werden können. Vielmehr muß ein Experte zur Überprüfung der angebotenen Lösung mit dem Expertensystem arbeiten und sein Urteil über die Leistungsfähigkeit dieser Lösung fällen. Diese Vorgehensweise wurde bereits bei einigen Systemen in der Praxis durchgeführt. Die Forderung nach einer vollständigen Überprüfung aller möglichen Abläufe widerspricht dem Grundgedanken eines Expertensystems. Meist wird man die Wirkungsweise (z. B. nach dem Einfügen neuer Regeln) mit einigen Musterfällen überprüfen. Ein Expertensystem zur Arbeitsplanerstellung müßte von einem hoch qualifizierten Arbeitsplaner für einige Zeit im Unternehmensalltag benutzt und dabei überprüft werden. Befindet dieser Experte das System für zuverlässig, kann es weniger qualifizierten Sachbearbeitern zur Verfügung gestellt werden.

Diese genannten Voraussetzungen sind durch den heutigen Entwicklungsstand von Expertensystemen bedingt und werden sich im Laufe der Zeit stark verändern. Mit der fortschreitenden Entwicklung der Werkzeuge werden immer größere Wissensgebiete abbildbar und immer komplexere Problemstellungen lösbar.

C. Unterschied zwischen Expertensystemen und konventioneller Software

Während sich ein konventionelles PPS-System mit der Verarbeitung von Standardabläufen mit großen Datenmengen und streng vorgegebenen Abläufen beschäftigt, hat ein Expertensystem andere Zielsetzungen und andere Aufgaben. Die grundsätzlichen Unterschiede zwischen KI-Vorgehen und konventioneller Software-Entwicklung sind in Abb. 4 dargestellt.

Die in Abb. 4 angeführten Kriterien zeigen, daß Expertensysteme nur eine Ergänzung zu konventioneller Datenverarbeitung darstellen können. So können sie z. B. auf die Datenbestände und auch Teilprogramme von PPS-Systemen zugreifen und bei ereignisgesteuerten Abläufen (Störungen oder Ausnahmesituationen) tätig werden.

Konventionelles Vorgehen:

Die Problemstellung muß vollständig durchdrungen und beschrieben sein
 Systementwickler erstellt mit Wissen über das Anwendungsgebiet ein System
 Systementwickler kann Auskunft über die Verarbeitungsprozesse geben
 Bearbeitung hauptsächlich wohlstrukturierter Massendaten
 Verarbeitung mit relativ wenigen Datentypen und vielen Instanzen
 Typische Programmiersprachen: Cobol, Fortran, C, ...
 Strukturierte Programmierung, bei der der Programmablauf explizit festgelegt wird
 Programm mit strukturierten, wohldefinierten Abläufen und Verfahren
 Der Lösungsweg und der Lösungsraum sind explizit festgelegt
 Die Arbeitsweise des Systems ist absolut und vollständig auf Validität zu überprüfen
 Veränderungen der Umwelt erfordern eine Neuprogrammierung des Systems

KI-Vorgehen:

Unvollständige Teilprobleme können abgebildet und sukzessive ergänzt werden
 Der Wissensträger (Experte) transferiert sein abgegrenztes Fachwissen mit Unterstützung des Wissensingenieurs in das Expertensystem
 Das wissensbasierte System kann die Verarbeitungsprozesse (Inferenzen) begründen und erklären
 Bearbeitung hauptsächlich heterogen strukturierter Wissenseinheiten
 Verarbeitung von relativ vielen symbolischen Ausdrücken mit wenigen Instanzen
 Typische Programmiersprachen: Lisp, Prolog, Smalltalk, ...
 Erstellung des Systems durch exploratives, iteratives und sukzessives Programmieren
 Programmablauf mit komplexen Abläufen und Verfahren, auch mit diffusem Wissen
 Der Lösungsweg, Lösungsraum und die Arbeitsweise sind nur implizit über die Regeln und den Inferenzmechanismus festgelegt
 Die Arbeitsweise des Systems ist ähnlich der Arbeitsweise eines menschlichen Experten nicht absolut und vollständig zu überprüfen
 Veränderungen der Umwelt können über Veränderungen der Regelbasis (u. U. vom Experten selbst) abgebildet werden

Abb. 4: Unterschiede zwischen konventioneller Software-Entwicklung und KI-Methodik (7)

D. Implementierungskonzept

Sind die grundsätzlichen Anforderungen erfüllt, muß ein Implementierungskonzept erarbeitet werden (8). Die Entwicklung und der Einsatz eines Expertensystems erfordern die Beteiligung mehrerer unterschiedlicher Personenkreise. Man unterscheidet zwischen dem Benutzer, dem Experten und einem Wissensingenieur (knowledge engineer). Der Wissensingenieur verfügt über Erfahrungen bei der Entwicklung von Expertensystemen und Tools und entwickelt zusammen mit dem Experten das System. Der Benutzer des Systems muß ebenfalls über Fachwissen verfügen. Anstelle jedoch bei speziellen Fragen einen Experten zu konsultieren, erhält er die Möglichkeit, ein EDV-System zu konsultieren. Die Experten werden somit entlastet, dennoch wird ihr Expertenwissen über das Expertensystem einer großen Anzahl von Benutzern zugänglich gemacht (9). Damit hat das Expertensystem eine erhebliche Multiplikatorwirkung. Die Frage ob und wie stark der spätere Nutzer Fachwissen besitzen muß, kann nicht immer eindeutig geklärt werden. Dabei kommt es auf den speziellen Einsatzfall mit der Schwierigkeit des abzubildenden Problembereichs an. Die Entwicklung des Systems erfolgt in mehreren Stufen. In Abb. 5 ist ein Stufenkonzept für die Entwicklung dargestellt.

E. Integration von Expertensystemen in PPS und CIM-Systeme

Expertensysteme in PPS oder CIM-Bereichen setzen immer eine Schnittstelle zu deren Datenbasis voraus. Nur in wenigen Fällen können isolierte Beratungssysteme eingesetzt werden. Die zentrale Informationsquelle ist nun einmal die Datenbasis. Die sukzessive Weiterentwicklung von Art und Umfang der Schnittstellen kann in mehreren Integrationsstufen beschrieben werden. Ausgehend von einer Insellösung des Expertensystems mit manuellen Schnittstellen zu anderen Systemen, werden sukzessive unter Einsatz von Netzwerken, zunächst einfache Terminalemulationen und schließlich komplexe Programm-zu-Programm-Verbindungen realisiert. Die möglichen Integrationsstufen sind in Abb. 6 dargestellt. Die Hardware reicht hierbei von PC über Workstations bis hin zu großen Host-Systemen.

8 vgl. Karst, M., Konzeption, Implementierung und Integration von Expertensystemen in betrieblichen Anwendungsgebieten, Dissertation, Universität Saarbrücken, Institut für Wirtschaftsinformatik, in Vorbereitung

9 Savory, S., Expertensysteme: Welchen Nutzen bringen sie für Ihr Unternehmen, in: Savory, S. (Hrsg.), Expertensysteme: Nutzen für Ihr Unternehmen, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1987, S. 24

Projektvorbereitung:	Einsatzbereich suchen und bewerten Einsatzbereich auf Eignung beurteilen Aufwands/Leistungsverhältnis beurteilen Projektmitarbeiter benennen Wissensingenieur (Knowledge Engineer) benennen oder ausbilden
Konzeption erstellen:	Problembeschreibung durch Experten und Wissensingenieur Ablaufkonzepte erstellen, formalisieren Validierungskonzept erstellen, Testläufe planen Hard- und Softwareauswahl
Wissenserhebung:	Identifizierung des Wissens Auswahl der Repräsentationsform Formalisierung des Wissens
Erhebung des Problemlösungsverhaltens:	Beschreiben des Problemlösungsverhaltens Auswahl der Problemlösungsstrategie Formalisierung des Problemlösungsverhaltens
Prototyp erstellen:	Implementierung der Wissensbank Implementierung des Inferenzsystems Erster Systemtest des Prototypen
Systemintegration:	Integration in die Umwelt des Systems, den betrieblichen Alltag des Experten Erster Praxistest
Systemerweiterung:	Bewertung und Überarbeitung Wissensbasis Bewertung und Überarbeitung Inferenzsystem Praxiseinsatz und Weiterentwicklung

Abb. 5: Stufenkonzept zur Entwicklung und Implementierung eines Expertensystems (10)

10 vgl. Buchanan, B. G., u. a., *Constructing an Expert Systemem*, in: Hayes-Roth, F., Waterman, D.A., Lenat, D.B., *Building Expert Systems*, Addison-Wesley Publishing Company, London, Amsterdam, Don Mills, Ontario, Tokyo 1983; Noelke, U., *Das Wesen des Knowledge Engineering*, in: Savory, S. (Hrsg.), *Expertensysteme: Nutzen für ihr Unternehmen*, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1987

Neben der technischen Integrationsfähigkeit, der Möglichkeit des Datentransfers auf mehreren Hierarchiestufen, sind verschiedene logische Integrationsstufen anzustreben. Diese müssen sich in die im Unternehmen befindliche Rechner- und Funktionshierarchie integrieren. Einige Expertensystem-Tools besitzen bereits Schnittstellen zu konventionellen Programmiersprachen und Datenbanken.

Isolierte Insellösung als Einstieg, um Erfahrungen zu sammeln oder für spezielle Lösungen, in denen keine Schnittstellen notwendig sind - logische und technische Inseln (z. B. PC oder Workstation)

Manuelle Verbindung zu konventionellen Systemen, logische Integration in konventionelle Systeme

Kopplung über Standard-Netzwerke und Dateitransfer, Überspielen von Daten über Diskette oder Magnetband in KI-Workstations

Intelligentes Programm zur Umwandlung von Daten in Wissen oder zur Extraktion von Daten aus konventionellen Datenbanken und Speicherung in KI-Formaten

Integration von Standard-Programmen in KI-Anwendungen oder umgekehrt

KI-System als intelligentes Integrations-Tool, das alle Subsysteme verknüpft

Standard-Software mit KI-Sprachen und KI-Tools. Möglichst weitgehende Integration von Anwendungen auf einer Host-Anlage mit einem Betriebssystem und einer Programmiersprache

Abb. 6: Integrationsstufen von Expertensystemen

Die Shell Twice besitzt eine Prolog-Schnittstelle, die über einen Prozeduraufruf mittels einer Regel ein ausführbares Programm in den Inferenzprozeß integrieren kann. Die Prolog-Schnittstelle wiederum verfügt über eine C-Schnittstelle. Mit dieser kann man z. B. auf einer Targon /35 auf Daten der Datenbank Reflex zugreifen. Die Shell ESE besitzt eine Schnittstelle zu SQL und damit eine Kopplung an Datenbanken. Da die Shell Hexe (11) in Cobol programmiert ist, bestehen hier geringere Schnittstellenprobleme. Bei der in Abb. 7 dargestellten Funktions- und Rechnerhierarchie kann ein Expertensystem bei der Datenübergabe die inhaltliche Auf- und Verarbeitung der Daten unterstützen (12). Hierzu ist eine technische und logische Integration von Expertensystemanwendungen notwendig.

11 Rose, H., Allgeyer, K., Schumann, M., Benutzerhandbuch zum Expertensystemtool HEXE, in: Mertens, P., (Hrsg.), Arbeitspapiere Informatik-Forschungsgruppe VIII der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen 1985
12 vgl. Roth, R., Data Bridges, in: Silverman, B.G. (Hrsg.), Expert Systems for Business, Addison-Wesley Publishing Company, Reading u. a., 1987

III. Aufbau und Realisierungsmöglichkeiten von Expertensystemen

Ein Expertensystem unterscheidet sich von konventioneller Software auch dadurch, daß der Hauptbestandteil eine Wissensbasis ist, die meist in der Form von Regeln strukturiert ist, die durch einen Problemlösungsmechanismus (Inferenzmechanismus) miteinander verknüpft werden. Ergänzend können auch Daten (z. B. in einer Datenbank oder in speziellen Tabellen) abgelegt sein, auf die das Expertensystem zugreift. Ebenso können einige Systeme bereits auf Datenbasen anderer Software (konventionelle Standardanwendungen) zugreifen. Dieser Datenzugriff erfolgt bisher nicht interaktiv, d. h. es werden keine Daten in die Datenbank zurückgeschrieben. Eine Erklärungskomponente als weiteres wesentliches Merkmal für ein Expertensystem gibt dem Benutzer Auskunft über die Wirkungsweise des Systems sowie Hilfestellungen, wie Fragen des Systems zu beantworten sind.

Es ist unerheblich für die Einschätzung eines Systems, ob alle Komponenten eines solchen Systems vorhanden sind. Vielmehr ist wichtig, daß die Grundphilosophie, nämlich die Definition des Wissens in speziellen Strukturen (z. B. Regeln) und die Verknüpfung dieses Wissens über eine Problemlösungskomponente, realisiert wird. Es ist ebenso ohne Bedeutung, ob ein System in einer konventionellen Programmiersprache (C, Pascal, Cobol) geschrieben ist, oder ob die speziellen Sprachen der künstlichen Intelligenz (Lisp, Prolog, Smalltalk) verwendet werden. Die wesentlichen Komponenten eines Expertensystems werden nachfolgend erläutert.

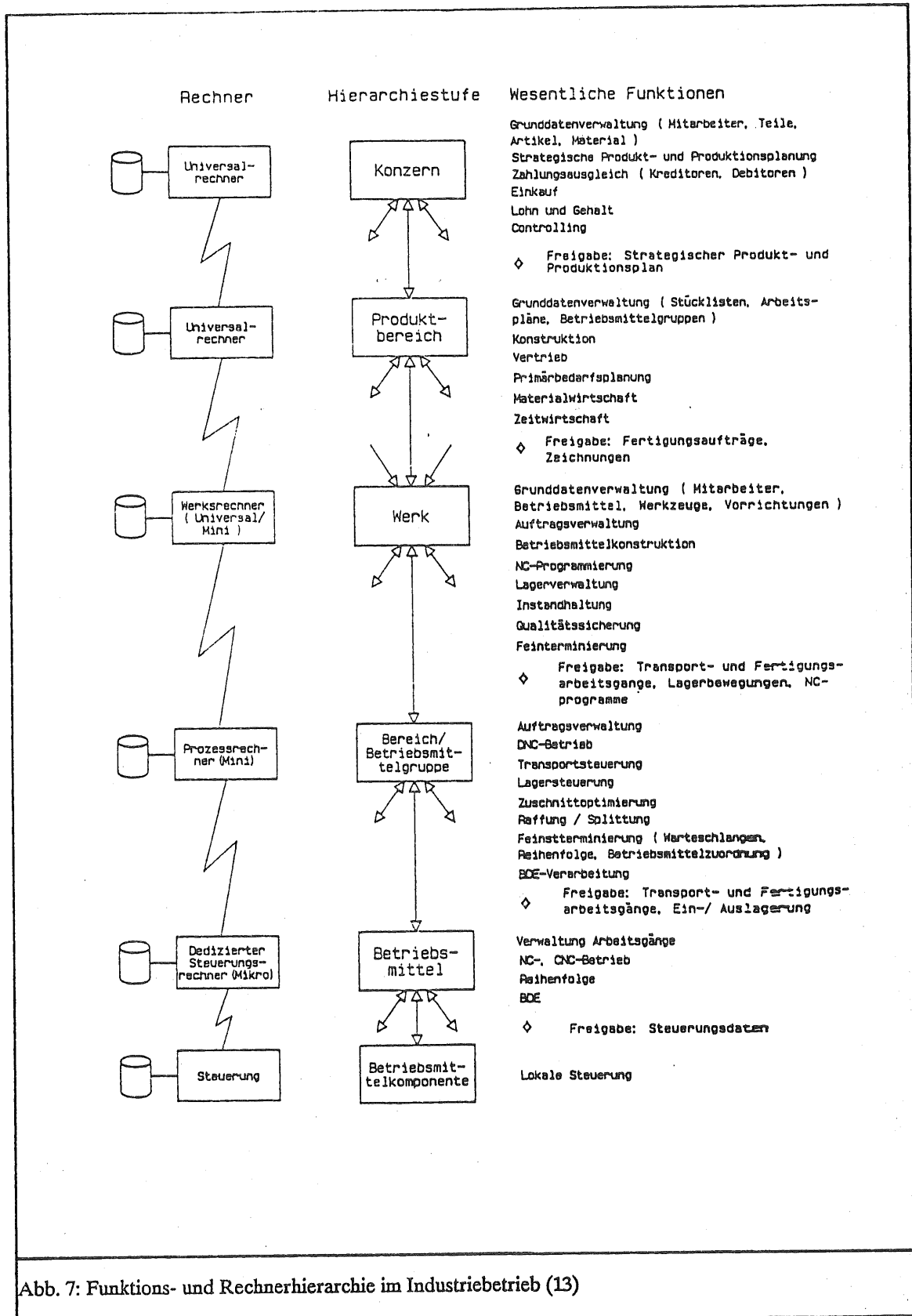


Abb. 7: Funktions- und Rechnerhierarchie im Industriebetrieb (13)

A. Aufbau von Expertensystemen

Da die Grundidee der Künstlichen Intelligenz darin besteht, die Abläufe intelligenten menschlichen Verhaltens nachzubilden, basieren auch die Methoden der Wissensrepräsentation und des Inferenzmechanismus im Ansatz auf den Strukturen und Modellen des menschlichen Körpers und Verhaltens (14). Der grundsätzliche Aufbau eines Expertensystems ist in Abb. 8 dargestellt.

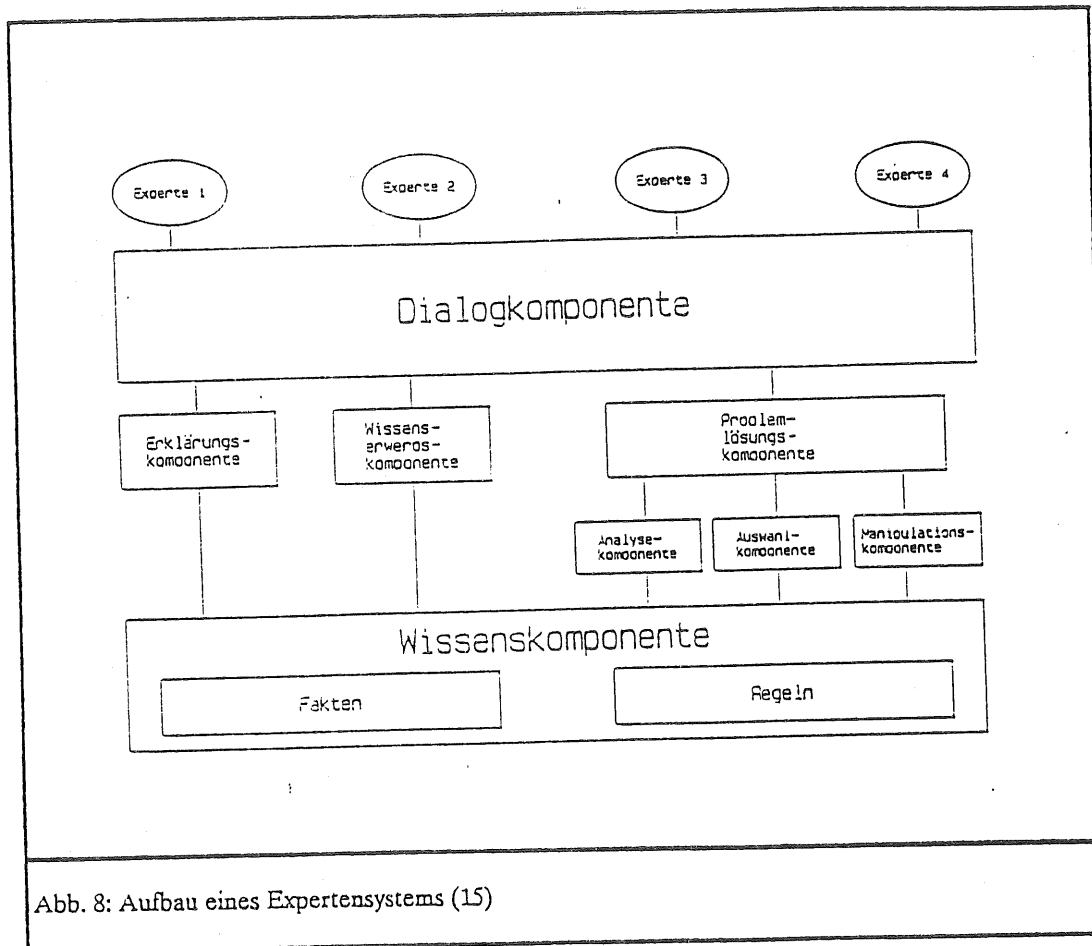


Abb. 8: Aufbau eines Expertensystems (15)

Das in einem Expertensystem enthaltene Wissen ist in der Wissensbasis abgespeichert und wird über den Inferenzmechanismus verknüpft. Durch diese Verknüpfung von z. B. Regeln als Wissensrepräsentationsform mit der Inferenzkomponente, wird der Lösungsraum gebildet. Der Benutzer hat mit der Erklärungskomponente die Möglichkeit, Erläuterungen zur Beantwortung der Fragen, die ihm das System stellt, oder über die ausgeführten Inferenzen oder die verfolgte

14 vgl. Harmon, P., King, D., *Expertensysteme in der Praxis*, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1986, S. 26 ff.
 15 Steinmann, D., *Entscheidungsunterstützungssysteme*, in: Scheer, A.-W., *Computer Integrated Manufacturing (CIM) - Der computergesteuerte Industriebetrieb*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1987, S. 167

Lösungsstrategie, geben zu können. Man kann dies mit den Schlüsselfragen "wieso?", "warum?", "warum nicht?", "wie?" beschreiben. Eine weitere Komponente, die in den meisten Systemen jedoch wenig ausgeprägt ist, ist die Wissenserwerbskomponente. Hier ist das Spektrum der Anforderungen sehr breit. Von einfachen Texteditoren zum Editieren der Regelbasis ausgehend, reichen die Forderungen so weit, daß sie automatisch neues Wissen ableiten und in die Wissensbasis einstellen soll (16). Die beiden wichtigsten Komponenten eines Expertensystems, die Wissenskomponente und die Problemlösungskomponente, werden im folgenden kurz erläutert.

Die Problembereiche, die von Expertensystemen bearbeitet werden können, sind natürlich sehr klein im Verhältnis zur menschlichen Verarbeitungskapazität. Menschen verwenden zur Lösung der ihnen gestellten Probleme u. a. Sach- und Erfahrungswissen, Intuition, Assoziationsvermögen, Problemlösungsstrategien, Emotionen, die in einem Expertensystem nur teilweise abgebildet werden können.

1. Wissenskomponente

Eine Modellvorstellung, wie Wissen im menschlichen Gehirn abgespeichert ist, ist die der semantischen Netze. Dieses Modell ist gleichzeitig eine Darstellungsform von Wissen für Anwendungen der künstlichen Intelligenz. Sie ist eine statische Form von Wissen. Eine dynamische Form, nämlich das Abspeichern von wenn-dann-Folgerungen sind Regeln. Im folgenden sind die wichtigsten Darstellungsformen von Wissen systematisch dargestellt (17), Man unterscheidet die Wissensrepräsentationsformen nach folgenden Kriterien:

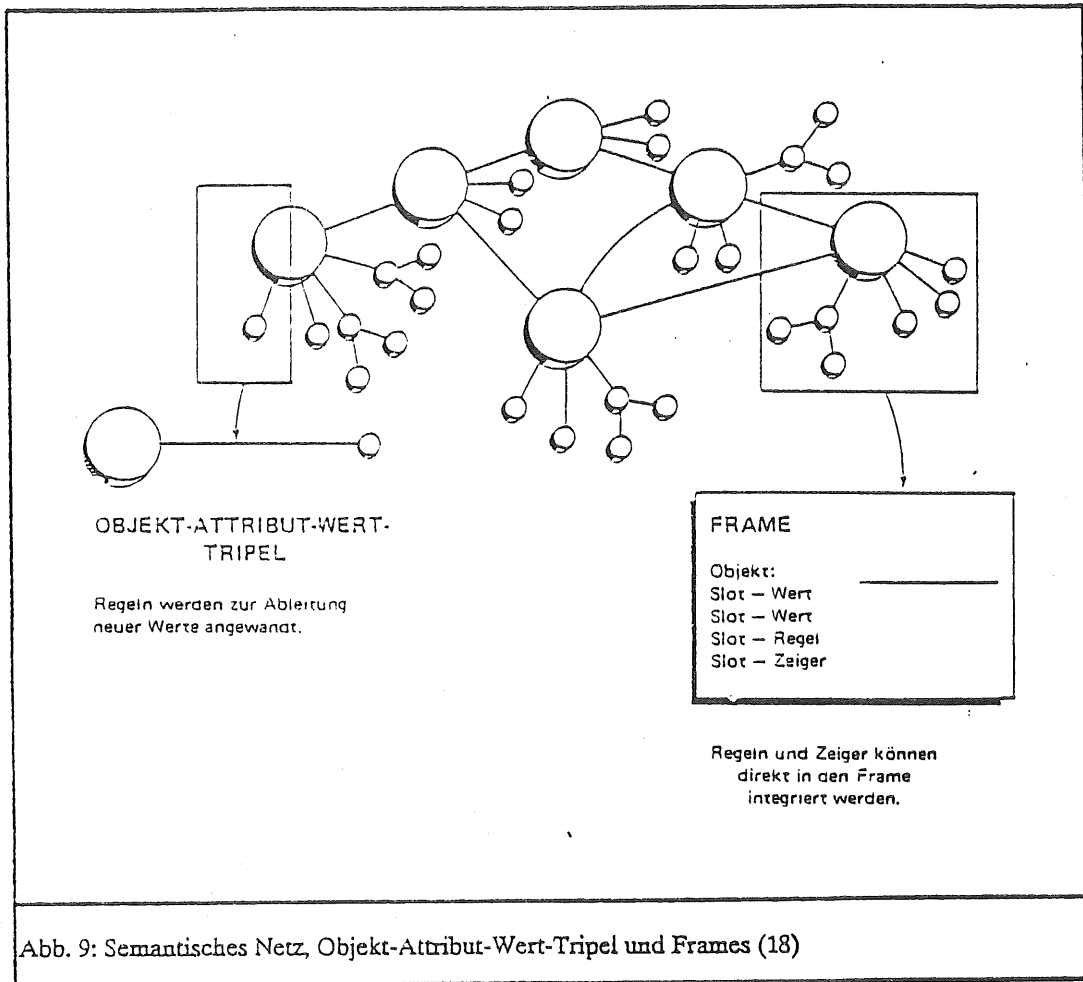
- prozedural (z. B. Produktionssysteme, regelbasierte Ansätze)
- deklarativ (z. B. semantische Netze, Objekt-Attribut-Wert-Tripel, Prädikatenlogik)
- Frames (Verbindung von deklarativen und prozeduralen Ansätzen)

Regeln bestehen aus einem Bedingungsteil und aus einem Ausführungsteil. Wenn der Bedingungsteil erfüllt ist, wird eine Aktion (wie im Ausführungsteil spezifiziert) ausgeführt. Sie dienen der Beschreibung von Beziehungen und stehen daher meist in Verbindung mit anderen Formen der Wis-

16 Bonn, H., Bodendorf, F., Mertens, P., *Konzeption und Realisierung einer Erklärungskomponente für das Expertensystem-tool Hexe*, in: Mertens, P. (Hrsg.), *Arbeitspapiere Informatik-Forschungsgruppe VIII der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*, Erlangen 1986

17 vgl. Harmon, P., Kling, D., *Expertensysteme in der Praxis*, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1986, S. 40 ff.; Trost, H., *Wissensrepräsentation in der AI am Beispiel semantischer Netze*, in: Fetti, J., u. a., *Artificial Intelligence*, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 1984, S. 47 - 70; Watermann, D. A., *A Guide to Expert Systems*, Addison Wesley publishing Company, Reading et al, 1985, S. 63-80; Fikes, R., Kehler, T., *The Role of Frame-based Representation in Reasoning*, in: *Communications of the ACM*, September 1985, Volume 28, Number 9, S. 904-920; Hayes-Roth, F., *Rule-based Systems*, in: *Communications of the ACM*, September 1985, Volume 28, Number 9, S. 921-932

sensrepräsentation. Semantische Netze bestehen aus Objekten (Knoten) und Kanten (Deskriptoren, Verbindungen zwischen den Kanten). Die Objekte können Gegenstände oder auch gedankliche Gebilde sein, die durch Deskriptoren der Art "ist ein", "hat ein" oder "besteht aus" verbunden werden. Objekt-Attribut-Wert-Tripel bestehen aus einem Objekt (z. B. einer Drehmaschine), die ein Attribut hat (z. B. für eine maximale Werkstückabmessung) und dieses hat einen Wert (z. B. Durchmesser < 200 mm). Die Grundelemente der Prädikatenlogik sind Objekte mit Aussagen über diese Objekte wie z. B. "ist-ein-Drehstahl(Werkzeug)". Diese Aussagen können "wahr" oder "falsch" sein und durch "und", "oder", "nicht", "impliziert", "=" verbunden werden. Frames beinhalten beide Methoden der Wissensrepräsentation (vgl. Abb. 9).



Die Darstellung unsicheren Wissens durch Sicherheitsfaktoren (certainty factors) und die damit verbundenen Problembereiche sollen hier unberücksichtigt bleiben.

18 vgl. Harmon, P., King, D., *Expertensysteme in der Praxis*, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1986, S. 53

2. Problemlösungskomponente

Man unterscheidet bei der Einteilung von Problemlösungs- oder Inferenzstrategien grundsätzlich nach (19)

- dem Umfang der Lösungssuche
- der Steuerung der Lösungssuche
- den Konfliktlösungsmechanismen

Beim Umfang der Lösungssuche unterscheidet man nach Tiefen- und Breitensuche. Tiefensuche bedeutet, daß die erste befriedigende Lösung erarbeitet wird, Breitensuche führt alle möglichen Lösungen aus. Die Steuerung der Lösungssuche teilt sich in Vorwärtsverkettung (forward chaining, bottom up, von den Regeln zum Ziel) oder Rückwärtsverkettung (backward chaining, top down, welche Regel hat in ihrem Ausführungsteil die Zielbedingung enthalten). Bei den meisten Systemen ist eine Kombination beider Vorgehensweisen sinnvoll. Vorwärtsverkettung bedeutet, daß die Bedingungs- teile der Regeln untersucht werden und die Regel zur Ausführung ausgewählt wird, deren Bedingungs- teil erfüllt ist. Rückwärtsverkettung bedeutet, daß der Ausführungsteil (Aktionsteil) darüber entscheidet, ob eine Regel angewendet wird. Ist der Zielzustand (Subziel) als Ergebnis in einer Regel enthalten, wird diese aktiviert oder sie "feuert", wie man dies in der KI bezeichnet. Das Zusammenwirken von Vorwärtsverkettung, Rückwärtsverkettung, Tiefensuche und Breitensuche ist in Abb. 10 dargestellt.

Der Konfliktlösungsmechanismus entscheidet z. B. darüber, welche Regel angewendet wird, wenn mehrere Regeln zur Auswahl anstehen. Durch verschiedene Verfahren (z. B. die Einführung von Wahrscheinlichkeitsfaktoren - certainty factors) wird nicht der gesamte Lösungsraum abgearbeitet, sondern der Lösungsweg mit der größten Aussicht auf Erfolg ausgesucht. Hiermit läßt sich der Lösungsraum erheblich reduzieren. Oft wären Probleme auch mit konventionellen Programmen zu lösen, wenn sich nicht durch die Komplexität des Lösungsraums das Antwortzeitverhalten verschlechtern würde.

19 vgl. Puppe, F., *Expertensysteme*, in: *Informatik Spektrum* 9 (1986), S. 1-13; Charniak, E., McDermott, D., Addison-Wesley, Reading et al, 1985, S. 255 ff.; Bibel, W., *Automatische Inferenz*, in: Rottl, J., u. a., *Artificial Intelligence*, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 1984

Entwicklungsumgebung auf einer speziellen KI-Workstation zur Entwicklung des Systems zu verwenden und eine Runtime-Version zu erstellen, die keine so hohen Anforderungen an die Hardware besitzt, da sie ohne die komfortablen Eigenschaften der Entwicklungsumgebung auskommt. Ein Beispiel hierfür ist ein Diagnosesystem für Industrieroboter, das auf einem IBM-PC mit sehr gutem Zeitverhalten lauffähig ist.

1. Software

An Werkzeugen für die Entwicklung von Expertensystemen unterscheidet man die Programmiersprachen wie Lisp, Prolog und Smalltalk; spezielle Entwicklungsumgebungen wie zum Beispiel: OPS 5 (Regelinterpreter), FRL (Frame Representing Language), Loops und komplette Shells wie S1, KEE, ART, Twice, ESE. Shells, die ursprünglich nur auf spezieller Hardware wie Symbolics verfügbar waren, sind bereits auf UNIX-Systeme portiert worden (IBM 6150, Sun, Apollo, ...). Auch Twice als Nixdorf Produkt, ist außer auf Nixdorf Rechnern auf einigen UNIX-Systemen anderer Hersteller verfügbar. In Abb. 11 ist eine kurze Übersicht über vorhandene Shells für die 3 Rechnerklassen gegeben.

Mikro Rechner PC Lösungen	Mini Rechner, Workstations dedizierte Systeme	Kommerzielle, größere Systeme
Xi Plus Nexpert Personal Consultant S1 Insight1, 2 GoldWorks	KEE ART Knowledge Craft S1 Babylon	ESE Hexe Twice
Abb. 11: Übersicht über Shells		

Wichtige Softwareanbieter für Tools der KI sind Danet, Brainware, Intellicorp, Ferranti, Interface und Experteam.

2. Hardware

Man kann zwischen 3 Klassen von Expertensystemwerkzeugen unterscheiden (22): Anwendungen auf Personal Computern (DOS, UNIX), Workstations (Standard-, LISP-Betriebssysteme) und Anwendungen auf Host-Rechnern. Abb. 12 gibt einen systematischen Überblick über die Systeme. Das Spektrum für PC-Anwendungen reicht von den Programmiersprachen der künstlichen Intelligenz (z. B. IF-Prolog, Turbo Prolog, Common LISP) bis zu einem reichhaltigen Angebot an Entwicklungstools (z. B. OPS 5, Fuzzy, Frame Representing Language-FRL) bis hin zu Shells (z. B. Xi-Plus, S1, ExpertEase, Nexpert, Insight, Personal Consultant Plus, MicroExpert, APES, ES/P Advisor, ExpertEase). Der Einsatz der PC-Shells ist durch den für ES-Anwendungen bei akzeptablen Antwortzeiten notwendigen großen Hauptspeicher und die begrenzte Plattenspeicherkapazitäten beschränkt. Es können meist nur Systeme mit überschaubarer und eng abgegrenzter Wissensbasis entwickelt werden. Eine weitere Möglichkeit des Einsatzes ist die Entwicklung von Expertensystemen auf speziellen Rechnern und das Anfertigen einer Runtime Version, die den Nutzern zur Verfügung steht. Realisierte Anwendungsbeispiele sind Diagnosesysteme wie z. B. zur Fehleranalyse bei Industrierobotern. Die Anwendungen auf Workstations konzentrieren sich zum einen auf moderne UNIX-Systeme (z. B. HP 9000, SUN, Apollo, IBM 6150), solche mit herstellereigenen, konventionellen Betriebssystemen oder solchen mit speziellen LISP-Betriebssystemen (z. B. Symbolics, XEROX, Texas Instruments). Für alle oben angesprochenen Workstations sind sowohl die Standard-Programmiersprachen der KI (LISP, Prolog) als auch sehr komfortable Shells (z. B. KEE, ART, Babylon, S1, Loops, Knowledge Craft) verwendbar. Eine Übersicht über die wichtigsten Workstations geben Rome und Uthmann (23).

PC Lösungen	Workstations		Host-Systeme
IBM-PC (kompatible, DOS)	LISP-Maschinen	UNIX-Maschinen	Targon /35 IBM mit VM
Siemens MX2 (andere UNIX-PC)	Symbolics Texas Instr. Rank Xerox MAD	SUN Apollo Domain DEC HP 9000 IBM 6150	
Abb. 12: Überblick über das Hardwareangebot für Expertensystem-Entwicklungen			

22 vgl. Savory, S., *Werkzeuge zur Erstellung von Expertensystemen*, in: Savory, S. (Hrsg.), *Expertensysteme: Nutzen für ihr Unternehmen*, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1987, S. 122

23 Rome, E., Uthmann, T., in: *GMD-Studien, Nr. 118, KI-Workstations: Überblick, Marktsituation, Entwicklungstrends*, St. Augustin, Darmstadt 1987

KI-Anwendungen auf Host-Systemen sind wegen des sehr hohen Entwicklungsaufwandes, der bei der Erstellung eines Systems auf der Ebene von Programmiersprachen entsteht, meist an die Verfügbarkeit einer Shell gebunden. Als Shells stehen zur Verfügung: ESE auf IBM Rechnern der /370 Architektur hauptsächlich unter den Betriebssystemen VM und MVS, Twice unter den UNIX-Betriebssystem auch auf Host-Rechnern. Die bekanntesten Hersteller für Hardwarekomponenten für professionelle KI-Anwendungen sind für PC: IBM und kompatible, für LISP-Workstations: Symbolics, Xerox, Texas Instruments, UNIX-Workstations: Nixdorf, Sun Microsystems, Apollo Domain, DEC, HP, MAD, PCS, Texas Instruments. Die bekanntesten Shells auf größeren Systemen sind Expert System Environment (ESE) von IBM, TWAICE auf Nixdorf Targon und anderen UNIX-Systemen. An der Universität Erlangen-Nürnberg wurde die Shell Hexe in Cobol auf IBM-Hosts mit der Betriebssystemumgebung VM/CMS entwickelt und durch die Erfahrungen aus mehreren Expertensystem-Projekten verbessert (24). Nach der grundsätzlichen Darstellung, mit welchen Tools und auf welcher Hardware Expertensysteme prinzipiell im PPS-Bereich eingesetzt werden können, erfolgt im nächsten Abschnitt die Diskussion konkreter Aufgabenstellungen.

IV. Ausgewählte Einsatzbereiche für Expertensysteme in PPS

Expertensysteme können in PPS zur Unterstützung und Ergänzung von konventionellen Funktionen eingesetzt werden, die mit bisherigen Methoden nicht oder nur unzureichend gelöst werden konnten, für zusätzliche Auswertungen und Verdichtungen von Daten und Abläufen im Sinne von Management-Informationssystemen sowie zur Diagnose von PPS-Systemen und zu Schulungszwecken. Das Expertensystem kann konventionelle Anwendungssysteme integrieren, indem z. B. innerhalb eines Inferenzprozesses ein Modul eines PPS-Pakets aufgerufen wird, Operationen ausgeführt und definierte Werte an das Expertensystem zurückgegeben werden, die den weiteren Inferenzprozeß beeinflussen. Wie in Abschnitt II.B. ausgeführt, ist es nicht dazu geeignet, große Datenmengen (große Zahl von Instanzen eines Datentyps) zu verarbeiten, wie das die Aufgabe von PPS-Systemen ist. Der Benutzer eines konventionellen PPS-Systems soll bei dessen Benutzung unterstützt werden, indem ihm Entscheidungen innerhalb gewisser Toleranzbereiche abgenommen werden, er Vorschläge über mögliche Entscheidungsalternativen bekommt, oder es sollen zusätzliche Auswertungen (z. B. als Management-Information) generiert werden. Grundsätzlich sollte ein Expertensystem nicht dazu verwendet werden, Standardfunktionen zu ersetzen, die bereits zufriedenstellend gelöst wurden. Viele Funktionen, lassen sich prinzipiell auch mit konventionellen

24 vgl. Mertens, P., Allgeyer, K., Däs, H., *Betriebliche Expertensysteme in deutschsprachlichen Ländern - Versuch einer Bestandsaufnahme, Arbeitsberichte des Instituts für mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (Informatik), Friedrich Alexander Universität, Erlangen-Nürnberg, Erlangen 1986, S. 29 ff.*

Methoden lösen, der dafür notwendige Aufwand oder das Zeitverhalten bei der Auswertung von komplexen Zusammenhängen verbieten dies aber (z. B. simultane Material- und Kapazitätsplanung). Nur anhand der Einbeziehung von "vagem Wissen", "Vermutungen" oder "Erfahrungswerten" lassen sich diese Probleme lösen, indem der Lösungsraum reduziert wird. Es werden nicht alle Lösungsmöglichkeiten abgearbeitet, sondern nur die mit der größten Aussicht auf Erfolg (vgl. Abschnitt III.2.). Der Einsatz von Expertensystemen in PPS kann zyklisch (zeitgesteuert), ereignisgesteuert oder interaktiv erfolgen. Ein Expertensystem kann z. B. als Analysesystem zyklisch die Datenbasis des PPS-Systems analysieren und komplexe Zusammenhänge aufzeigen. So könnte anhand der Rückmeldungen jeden Abend überprüft werden, welche Aufträge (Kunden- und Fertigungsaufträge) mit welchem Status zu Terminverzögerungen führen. Erkennt das System, daß sich ein Fertigungsauftrag verzögert, muß es "ereignisgesteuert" die Auswirkungen (z. B. auf Kundenaufträge, Interdependenzen durch Auswirkungen auf weitere Aufträge) erarbeiten, in gewissen Toleranzbereichen Aufträge verschieben oder einen Report für den entsprechenden Entscheidungsträger generieren. Dies ist natürlich auch mittels eines konventionellen Programmes zu lösen. Die Flexibilität eines Expertensystems und die Möglichkeit, den Lösungsraum abzugrenzen indem mittels Regeln auch Erfahrungswerte und Wahrscheinlichkeiten des Zutreffens von Aussagen eingegeben werden können, lassen ein Expertensystem hier geeigneter erscheinen.

Bei der Auftragseinlastung könnte es den Sachbearbeiter interaktiv beraten, welche Möglichkeiten unter welchen Zielsetzungen und Restriktionen bestehen. Es müßte mittels Zugriff auf die PPS-Datenbasis, der Einbeziehung von Regeln über die Nutzung der zur Verfügung stehenden Kapazitäten und Informationen über die Prioritäten der einzelnen bestehenden Aufträge, verfügbaren Kapazitäten, möglichen Terminverschiebungen u. s. w. interaktiv den Sachbearbeiter beraten. Der Benutzer muß also Hilfestellungen für die optimale Nutzung des PPS-Systems bekommen, ergänzende Auswertungen über den Status von Kundenaufträgen, Fertigungsaufträgen, den Status der Betriebsmittel u. s. w. erhalten.

Ein weiteres Einsatzpotential basiert auf der Informationsüberlastung durch die fortschreitende EDV-Technologie. Auch im PPS-Bereich steigt durch die zeitnahe Betriebsdatenerfassung und die zunehmende Vernetzung von Rechnern mehrerer Ebenen (vgl. Abschnitt II.E.) die Anzahl der verfügbaren Daten sehr stark an. Es ist für die meisten Mitarbeiter unmöglich, alle ihnen zur Verfügung stehenden Informationen zu nutzen. Nur die wesentlichen Informationen aus der Vielzahl der zeitnah zur Verfügung stehenden herauszusuchen, ist für den Sachbearbeiter meist unmöglich. Von daher besteht ein erheblicher Zwang, intelligente Systeme einzusetzen, die eine Vorauswertung der Daten übernehmen. Auch dies kann interaktiv geschehen (als intelligentes Data Dictionary: welche Daten sind wo verfügbar, welche Kombinationen von Daten sind möglich, statistische Verfahren) oder im Sinne von Vorverdichtung der Daten im Rahmen von zyklischen Auswertungen. Hier sind auch intelligente Management-Informationssysteme im PPS-Bereich anzusiedeln.

Methoden lösen, der dafür notwendige Aufwand oder das Zeitverhalten bei der Auswertung von komplexen Zusammenhängen verbieten dies aber (z. B. simultane Material- und Kapazitätsplanung). Nur anhand der Einbeziehung von "vagem Wissen", "Vermutungen" oder "Erfahrungswerten" lassen sich diese Probleme lösen, indem der Lösungsraum reduziert wird. Es werden nicht alle Lösungsmöglichkeiten abgearbeitet, sondern nur die mit der größten Aussicht auf Erfolg (vgl. Abschnitt III.2.). Der Einsatz von Expertensystemen in PPS kann zyklisch (zeitgesteuert), ereignisgesteuert oder interaktiv erfolgen. Ein Expertensystem kann z. B. als Analysesystem zyklisch die Datenbasis des PPS-Systems analysieren und komplexe Zusammenhänge aufzeigen. So könnte anhand der Rückmeldungen jeden Abend überprüft werden, welche Aufträge (Kunden- und Fertigungsaufträge) mit welchem Status zu Terminverzögerungen führen. Erkennt das System, daß sich ein Fertigungsauftrag verzögert, muß es "ereignisgesteuert" die Auswirkungen (z. B. auf Kundenaufträge, Interdependenzen durch Auswirkungen auf weitere Aufträge) erarbeiten, in gewissen Toleranzbereichen Aufträge verschieben oder einen Report für den entsprechenden Entscheidungsträger generieren. Dies ist natürlich auch mittels eines konventionellen Programmes zu lösen. Die Flexibilität eines Expertensystems und die Möglichkeit, den Lösungsraum abzugrenzen indem mittels Regeln auch Erfahrungswerte und Wahrscheinlichkeiten des Zutreffens von Aussagen eingegeben werden können, lassen ein Expertensystem hier geeigneter erscheinen.

Bei der Auftragseinlastung könnte es den Sachbearbeiter interaktiv beraten, welche Möglichkeiten unter welchen Zielsetzungen und Restriktionen bestehen. Es müßte mittels Zugriff auf die PPS-Datenbasis, der Einbeziehung von Regeln über die Nutzung der zur Verfügung stehenden Kapazitäten und Informationen über die Prioritäten der einzelnen bestehenden Aufträge, verfügbaren Kapazitäten, möglichen Terminverschiebungen u. s. w. interaktiv den Sachbearbeiter beraten. Der Benutzer muß also Hilfestellungen für die optimale Nutzung des PPS-Systems bekommen, ergänzende Auswertungen über den Status von Kundenaufträgen, Fertigungsaufträgen, den Status der Betriebsmittel u. s. w. erhalten.

Ein weiteres Einsatzpotential basiert auf der Informationsüberlastung durch die fortschreitende EDV-Technologie. Auch im PPS-Bereich steigt durch die zeitnahe Betriebsdatenerfassung und die zunehmende Vernetzung von Rechnern mehrerer Ebenen (vgl. Abschnitt II.E.) die Anzahl der verfügbaren Daten sehr stark an. Es ist für die meisten Mitarbeiter unmöglich, alle ihnen zur Verfügung stehenden Informationen zu nutzen. Nur die wesentlichen Informationen aus der Vielzahl der zeitnah zur Verfügung stehenden herauszusuchen, ist für den Sachbearbeiter meist unmöglich. Von daher besteht ein erheblicher Zwang, intelligente Systeme einzusetzen, die eine Vorauswertung der Daten übernehmen. Auch dies kann interaktiv geschehen (als intelligentes Data Dictionary: welche Daten sind wo verfügbar, welche Kombinationen von Daten sind möglich, statistische Verfahren) oder im Sinne von Vorverdichtung der Daten im Rahmen von zyklischen Auswertungen. Hier sind auch intelligente Management-Informationssysteme im PPS-Bereich anzusiedeln.

Ein zentrales Problem ist die effiziente Verwaltung von Teilen, Stücklisten und Strukturen, Adressen und die Suche nach beschreibenden Merkmalen dieser unterschiedlichen Objekte. Es sollte möglich sein, z. B. über pattern matching Systeme auf ähnliche Objekte zugreifen zu können (25). Einsatzgebiet für diese Ähnlichkeitssuche sind z. B. Konstruktion, Kalkulation und Arbeitsplanung.

A. Expertensysteme zur Unterstützung von konventionellen PPS-Funktionen

Im folgenden werden einige PPS-Funktionsbereiche (orientiert am Auftragsdurchlauf) auf geeignete Einsatzbereiche untersucht. Stellvertretend für das Expertensystem ist jeweils der abzubildende "Experte" durch Fettdruck hervorgehoben. Das Herausheben des menschlichen Experten soll noch einmal betonen, daß immer ein Experte vorhanden sein muß, von dem Teile seines Tätigkeitsspektrums (abgegrenzte Aufgabengebiete) abgebildet werden. Entweder wird der Experte selbst durch das System unterstützt oder er stellt es anderen qualifizierten Mitarbeitern zur Verfügung. Ebenso ist denkbar, daß er sein Wissen anderen Abteilungen und Bereichen im Sinne eines Informationssystems zugänglich macht.

Zur Unterstützung der Primärbedarfsplanung wurden am Institut für Wirtschaftsinformatik bereits zwei Expertensystem-Prototypen entwickelt (siehe Abschnitt V.). Sie sollen den Primärbedarfsplanungsexperten beim Erkennen der absatzbestimmenden Faktoren unterstützen und ihm helfen, das für seine Planung geeignete Prognoseverfahren auszuwählen. Die erzielten Prognoseergebnisse werden dann u. U. mit Hilfe von qualitativen Faktoren bereinigt. Die Stärke jedes Einflußfaktors muß unter Umständen für jede Produktgruppe unterschiedlich von dem Planungsexperten in das System eingegeben werden. Hierbei besteht die Möglichkeit, explizit eine Marktstrategie zu definieren und mit einzubeziehen. Die Primärbedarfsplanung wird mit unterschiedlichem Zeithorizont durchgeführt. Hier ist eine Abstimmung der Planungshorizonte notwendig.

Die Überprüfung und Abstimmung der Planungsebenen und -stufen (langfristig, mittelfristig, kurzfristig) Grobplanung, Feinplanung, Wochenplanung, Tagesplanung auf ihre Konsistenz und Realisierbarkeit (Abstimmung des kurz-, mittel- und langfristigen Zielsystems) ist ein weiterer Einsatzbereich für ein Expertensystem. Hier ist ebenso die mittel- und langfristige Kapazitätsplanung zu integrieren. Die Funktionsgruppe "Produktionsprogrammplanung" untergliedert sich z. B. in die in Abb. 13 dargestellten Einzelfunktionen.

25 Schnupp, P., Nguyen Huu, C.T., *Expertensystem-Praktikum*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Springer Verlag 1987

1. Prognoserechnung für Erzeugnisse
2. Prognoserechnung für Teile und Gruppen
3. Grobplanung des Produktionsprogramms
4. Grobplanung von Konstruktionserzeugnissen
5. Grobplanung von Standarderzeugnissen
6. Lieferterminbestimmung
7. Kundenauftragsverwaltung
8. Vorlaufsteuerung der Konstruktion
9. Vorlaufsteuerung der Arbeitsplanung

Abb. 13: Funktionsgruppe Produktionsprogrammplanung (26)

Jeder dieser Aufgabenbereiche kann als Expertenwissen in einem Expertensystem abgebildet werden. Im nächsten Schritt können diese unterschiedlichen Regelbasen miteinander verknüpft werden. So hat man zunächst ein System, welches überschaubare, kleine Expertenbereiche abbildet, die später zu einem komplexeren System zusammengefügt werden können. Im Anschluß daran werden die Mengenplanung und die Terminplanung durchgeführt (Abb. 14).

Mengenplanung

1. Bruttobedarfsermittlung
2. Nettobedarfsermittlung
3. Beschaffungsrechnung
4. Verbrauchsgest. Bed.ermittlung
5. Bestandsführung
6. Bestandsreservierung
7. Bestellschreibung
8. Lieferantenauswahl
9. Bestellüberwachung

Terminplanung

1. Durchlaufterminierung
2. Kapazitätsbedarfsrechnung
3. Kapazitätsabstimmung
4. Reihenfolgeplanung
5. Kapazitätsangebotsermittlung

Abb. 14: Funktionsgruppen Mengenplanung und Termin- und Kapazitätsplanung (27)

Anhand dieses Beispiels kann man den Gedankengang fortsetzen. Auch die auf die Produktionsprogrammplanung aufsetzenden Schritte der Mengen- und Terminplanung können zunächst als abgegrenzte Wissensbereiche gesehen und später miteinander verknüpft werden. Ebenso können jeweils logische und in sich geschlossenen Ablaufketten aus mehreren der dargestellten Teilfunktionen gebildet werden. Man muß hierbei darauf achten, daß es keine sich widersprechenden Expertenaussagen aufgrund unterschiedlicher Interessenlagen gibt.

26 Hackstein, R., *Produktionsplanung und -steuerung (PPS)*, VDI Verlag, Düsseldorf 1984, S. 11

27 Hackstein, R., *Produktionsplanung und -steuerung (PPS)*, VDI Verlag, Düsseldorf 1984, S.12, 13

Im Bereich der mittel- bis kurzfristigen Einplanung und Freigabe von Fertigungsaufträgen sind bereits einige Expertensysteme entwickelt worden: so z. B. ISIS (Intelligent Scheduling and Information System) und PEPS (The Prototype Expert Priority Scheduler) (28).

Im Vertriebsbereich bietet sich ein breites Einsatzspektrum von Aufgabenbereichen. Ausgehend von technischen Realisierungsmöglichkeiten über die Suche nach Ähnlichkeiten, die Durchführung einer ersten Kalkulation bis hin zur Terminplanung und Auftragsverfolgung kann der Vertriebsexperte durch Beratungs-, Analyse- und Planungssysteme unterstützt werden. Bei speziellen Fragen wie Einfuhr-, Ausfuhrbestimmungen, Verpackungsproblemen u. s. w. können spezielle Beratungssysteme (u. U. in einem dezentralen, dedizierten System) eingesetzt werden, die in ihrem Regelwerk technische oder administrative Vorschriften abbilden.

Im Bereich der Einzel- und Kleinserienfertigung kann ein Expertensystem die Kommunikation zwischen Vertrieb und Konstruktion verbessern. Die Definition von Produkten durch Zugriff auf eine gemeinsame Datenbasis kann durch ein intelligentes Suchsystem für Produkte, Baugruppen, Stücklisten, Arbeitspläne u. s. w. optimiert werden. Der Anteil der Neuteile würde erheblich zurückgehen, was erhebliche Kosteneinsparungen zur Folge hätte. Auch der Vertrieb könnte mit Hilfe eines solchen Systems bereits im Stadium der Angebotserstellung wesentlich exaktere Kalkulationen mit erheblich geringerem Aufwand durchführen.

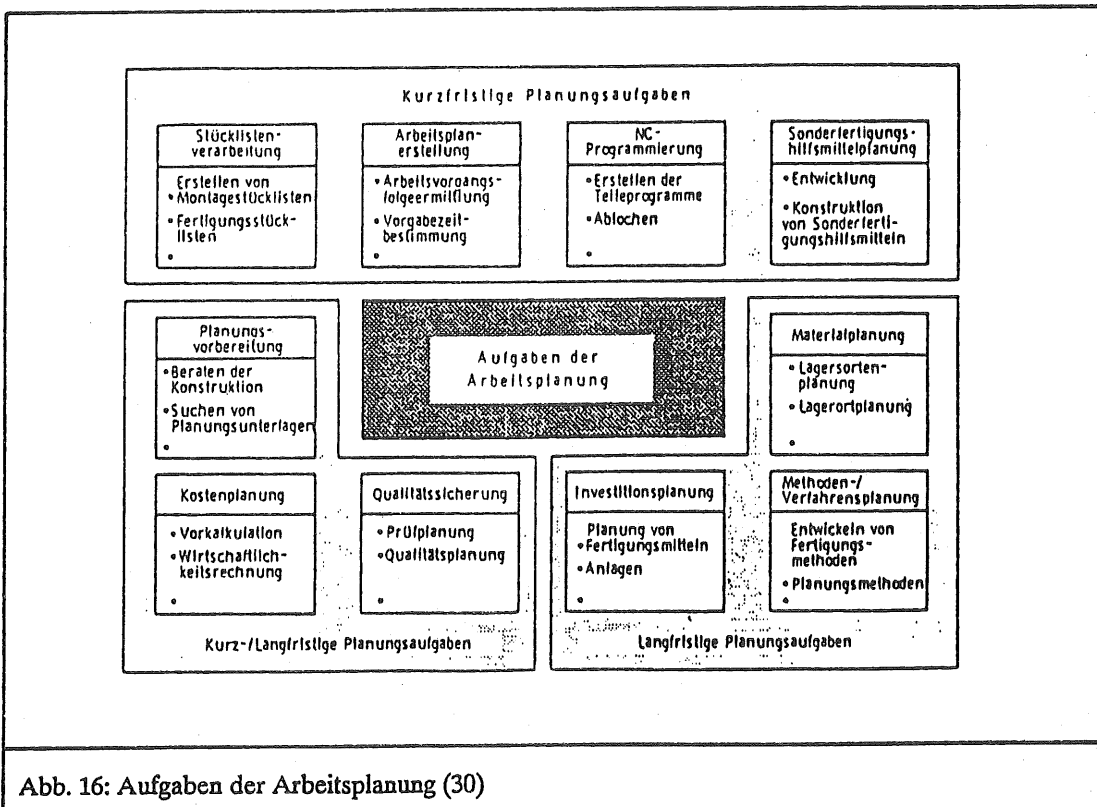
Nach dem Abschluß der Konstruktionstätigkeiten werden von dem Arbeitsvorbereiter anhand der Konstruktionszeichnungen und Konstruktionsstücklisten Arbeitspläne, Fertigungsstücklisten, Fertigungs- und Montagezeichnungen erstellt. Die Aufspaltung der einzelnen Funktionen der Arbeitsvorbereitung sind in Abb. 15 dargestellt. Auch hier kann man sehen, daß es eine Vielzahl von Expertenbereichen gibt, in denen die Anforderungen aus Abschnitt II.B. erfüllt sind. Ebenso wie in der Materialwirtschaft gibt es einzelne Wissensbereiche, die zunächst isoliert abgebildet und später zu einem komplexeren System verknüpft werden können. Man kann zunächst mit der Methodenplanung beginnen und im nächsten Schritt die Kostenplanung und Betriebsmittelplanung einbeziehen. Die Vielzahl der Entscheidungsalternativen des Arbeitsplaners macht die Berechtigung für ein Expertensystems deutlich.

28 Fox, M.S., Smith, S.F., *ISIS - a Knowledge-Based System for Factory Scheduling*, in: *Expert Systems, the International Journal of Knowledge Engineering*, Vol. 1, July 1984, Learned Information Inc., Medford NJ; Robbins, J.H., *PEPS - The Prototype Expert Priority Scheduler*, in: *Proceedings Autofact 5*, 4.-7. Nov., Detroit 1985; Duchessi, P., *The Conceptual Design for a Knowledge-Based System as Applied to the Production Planning Process*, in: Silverman, B.G. (Hrsg.), *Expert Systems for Business*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading u. a. 1987

Arbeitsvorbereitung	
Arbeitsplanung	Arbeitssteuerung
Methodenplanung Kostenplanung Betriebsmittelplanung Personalplanung Ablauf- und Zeitplanung Materialplanung	Produktionsprogrammplanung Mengenplanung Terminplanung Kapazitätsplanung Auftragsveranlassung Auftragsüberwachung

Abb.: 15 Funktionen der Arbeitsvorbereitung (29)

Es wurden bereits Systeme zur automatischen Arbeitsplangenerierung aus CAD entwickelt. Hier könnte eine Unterstützung des Arbeitsplanungsexperten durch Suche nach ähnlichen Objekten erfolgen. Oft wäre auch eine Beratung beim Erstellen des Arbeitsplanes über technologische Alternativen (Material, Fertigungsverfahren, Fertigungs-, Montagevor- und -nachteile und deren Auswirkungen u. s. w.) sinnvoll. Das automatische Generieren der Fertigungsstücklisten ist ein weiterer geeigneter Einsatz (vgl. Abb. 16).



29 Hackstein, R., *Produktionsplanung und -steuerung (PPS)*, VDI Verlag, Düsseldorf 1984, S. 3

30 Eversheim, W., *Organisation in der Produktionstechnik, Band 3: Arbeitsvorbereitung*, Düsseldorf 1980, S. 5

Bei einer weiteren Untergliederung der einzelnen Funktionsbereiche entstehen abgrenzbare Expertenaufgaben als geschlossene Handlungs- oder Problemlösungsabläufe. Je nach Unternehmenstyp kann man unternehmensspezifisch sinnvolle Einsatzbereiche für Expertensysteme finden. Die Variantenproblematik ist über die Formulierung von Regeln sehr komfortabel zu lösen. Natürlich gibt es hier bereits konventionelle Systeme, deren Funktionsweise kann aber durch den Einsatz von Expertensystemen in bezug auf Flexibilität, Benutzerfreundlichkeit und Zeitverhalten übertroffen werden. Hier steht natürlich Zeitverhalten immer im Verhältnis zu der Leistungsfähigkeit der Systeme. Mit entsprechender Unterstützung durch ein System könnte bereits der Arbeitsplaner die spätere Losbildung in der Produktion unterstützen. Ein weiteres Problem ist die Entscheidung über Eigenfertigung oder Fremdbezug. Je mehr Faktoren und Zusammenhänge hier mit einbezogen werden, desto effizienter wird die Entscheidung. Ein weiterer, oben bereits angesprochener Punkt ist die simultane Zeit- und Materialwirtschaft. Hier bereitet momentan die Komplexität der abzuarbeitenden Einflußfaktoren und Alternativen Schwierigkeiten.

Dies gilt ebenso für den Bereich der Simulation unterschiedlicher Einplanung von Aufträgen im Bereich der Produktionsprogrammplanung. Durch den Einsatz von Heuristiken kann der abzuarbeitende Lösungsraum eingeschränkt werden. Im Rahmen der Zeitwirtschaft kann die Kapazitätsnutzung optimiert werden. Mit Regeln über die verfügbaren Kapazitäten, alternativen Fertigungseinrichtungen und -verfahren und Verlagerungsmöglichkeiten könnten gute Erfolge erzielt werden.

In Abb. 17 ist beispielhaft ein vom Battelle Institut entwickeltes Expertensystem aus dem Bereich der Arbeitsplanung dargestellt. Es beschreibt die Erzeugung eines Arbeitsplans aus den CAD-Daten heraus.

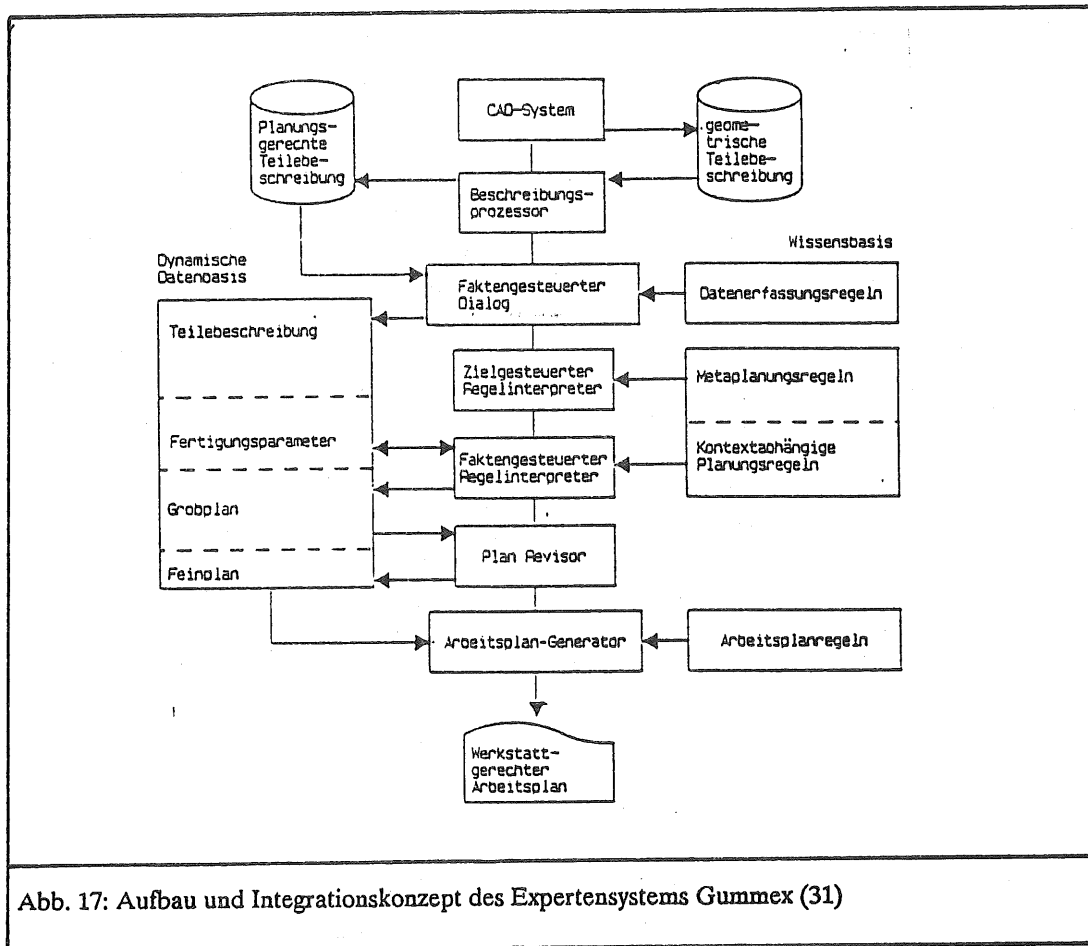


Abb. 17: Aufbau und Integrationskonzept des Expertensystems Gummex (31)

In der Materialwirtschaft bilden die Probleme der Materialflußsteuerung (32) einen Ansatz für Expertensysteme. Zu den Problembereichen des Experten in der Materialwirtschaft gehören:

- Reservierungen
- Bestandsanalysen
- Bestellmengen, -punkt,
- Lagerreichweiten,
- Bewertungen, Berechnen von Zuschlägen,
- Erkennen von Lagerhütern

An der Universität Berlin wurde bereits ein Expertensystem zur Unterstützung der Einkaufsfunktionen entwickelt (33). Hier gibt es u. a. mehrere Expertenbereiche, die abgedeckt werden können.

31 Trum, P., *Automatische Generierung von Arbeitsplänen*, in: *State of the Art: Expertensysteme*, Heft 1/1986, Oldenbourg Verlag, S. 69-72

32 vgl. Becker, J., *Architektur eines EDV-Systems zur Materialflußsteuerung*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1987

33 vgl. Krallmann, H., *EES - das Expertensystem für den Einkauf*, in: *BFuP* 6, 1986, S. 565-583

Dies sind zum einen die Lieferantenauswahl und -bewertung und zum anderen das Zusammenfassen von Einkaufslosen aufgrund unterschiedlicher Mengen, Termine und Qualitäten.

Bei der Durchführung des Kapazitätsabgleichs ergibt sich durch die Möglichkeiten, Verlagerungen durchzuführen, alternative Maschinen zu nutzen u. s. w. ein großer Entscheidungsraum, bei dem der Sachbearbeiter sinnvoll unterstützt werden kann. Die bereits angesprochene Optimierung des Rüst- und Umrüstaufwandes bildet eine weitere Aufgabenstellung. Bei der Auftragsfreigabe könnten grundsätzliche Analysen durchgeführt werden:

- Welche Engpaßfaktoren bestehen?
- Gibt es systematische Komponenten bei den Engpässen?
- Welche Ursachen hatten Terminverzögerungen?
- Wie hoch sind die Rüstzeiten pro Auftrag, pro Maschine, pro Maschinengruppe?

Zusätzlich könnten über Regeln unterschiedliche Optimierungsstrategien abgebildet werden (z. B. belastungsorientierte Auftragsfreigabe).

Expertensysteme zur Auswertung der PPS-Datenbasis könnten von den Softwareherstellern geliefert werden, da es allgemeingültige Verfahren der Datenauswertung unabhängig von dem einzusetzenden Unternehmen gibt.

Durch die fortschreitende Automatisierung in der Produktion und die weite Einführung der Betriebsdatenerfassung (BDE) ist eine Unterstützung des Rückmeldewesen zur zeitnahen Auswertung der Daten sinnvoll. Auch hier geht es um eine schnelle Vorauswertung der Daten, um den Umfang und die Komplexität der Zusammenhänge zu reduzieren. Man kann das System hier integriert über Lager-, Logistikdaten und BDE, MDE sehen. Systeme der vorbeugenden Instandhaltung, die Maschinenlaufzeiten und Qualitätsdaten verarbeiten, wären ebenso sinnvoll.

Gerade im PPS-Bereich ist eine Unterstützung beim Treffen von komplexen Routineentscheidungen notwendig, da sie von einem konventionellen EDV-System nicht ausreichend unterstützt werden. Ebenso gibt es einen sinnvollen Einsatzbereich für Diagnosesysteme, die den Status von Kundenaufträgen, der Fertigung, der Materialwirtschaft u. s. w. übergreifend analysieren. Zur Zeit können viele CIM-Funktionen nicht wahrgenommen werden, weil das Expertenwissen für jeweils andere Aufgabenbereiche nicht ausreicht, um eine Situation richtig zu interpretieren. Ein System könnte hier die Aufbereitung von Daten übernehmen bzw. Hilfestellungen und Erklärungen bei Anfragen (über Zusammenhänge und Auswirkungen) liefern.

Bei der Auftragsverfolgung sind die Interdependenzen zwischen den einzelnen Kundenaufträgen,

Fertigungsaufträgen und Alternativen der Nutzung von Betriebsmitteln so groß, daß die Lösungsalternativen für den Sachbearbeiter nur sehr schwer zu durchdringen sind.

Zur Unterstützung der Logistik-Funktionen können ähnlich dem an der Wissenschaftlichen Hochschule für Unternehmensführung (WHU) Koblenz für die Lufthansa entwickelten System Cargex Optimierungen der Nutzung des innerbetrieblichen Transportwesens erzielt werden. Insbesondere bei der Verwendung von speziellen Transportbehältern ist die jeweilige Bestimmung des Standortes bzw. Wegeoptimierung ein interessanter Einsatzbereich. Hinzu kommen Funktionen der Werkzeugsteuerung und -verwaltung.

Im Rahmen der Kalkulation in PPS können durch ein Expertensystem die Funktionen der Vor-, mitlaufenden - und der Nachkalkulation unterstützt werden. Das zentrale Problem hierbei ist wiederum die Möglichkeit, aufgrund von Ähnlichkeiten Informationen aus den Datenbanken (PPS, Rechnungswesen) zu extrahieren. Im Rahmen der Nachkalkulation können Abweichungsanalysen (Verbrauch, Technologie, Verfahren, Preise, Beschäftigung, ...) durchgeführt werden. Ebenso ist eine Abweichungsanalyse durch Ähnlichkeitensuche eine sinnvolle Ergänzung.

Einen Spezialfall stellt der Expertensystem-Einsatz bei der Firma Digital Equipment Corporation (DEC) dar. Bei DEC werden mehrere (zum Teil untereinander verknüpfte) Systeme im technischen Bereich verwendet. Es sind dies im Einzelnen

- XCON zur Systemkonfigurierung von EDV-Systemen
- XSEL und XSITE zur Auswahl der Systemkomponenten nach Kundenspezifikationen
- ISA (Intelligent Scheduling Assistant) zur Ermittlung der Fertigungs- und Liefertermine
- IMACS (Intelligent Manufacturing Control System), XTEST (Intelligent Testing) und ILOG (Intelligent Logistic) (34).

B. Expertensysteme als Management - Informationssystem in PPS

Im Rahmen der strategischen Planung im Industriebetrieb gibt es eine Vielzahl von Informationen, die aus dem PPS-Bereich generiert werden können. Dies sind z. B. Informationen über den Status von Aufträgen. Hieraus abgeleitet werden kann eine Hochrechnung der zu erwartenden Umsätze. Im nächsten Schritt kann direkt auf Gewinne geschlossen werden. Hier müßte eine Schnittstelle zu den Kostenrechnungsdaten bestehen.

Ein weiterer Bereich sind Analysen der kurz-, mittel- und langfristigen Kapazitätsauslastung. Hieraus

34 vgl. Scown, S.J., *The Artificial Intelligence Experience: An Introduction*, Digital Equipment Corporation, o.O. 1985

ergibt sich unter Einbeziehung und Formulierung von Unternehmenszielen und dem Zugriff auf die Primärbedarfsplanung die Möglichkeit, einen Investitionsvorschlag zu generieren. Konzepte für Expertensysteme zur Formulierung von alternativen Unternehmensstrategien (auch hierfür gibt es bereits Expertensystem-Projekte) müssen den Zugriff auf PPS-Informationen und die PPS-Datenbasis berücksichtigen. Verbunden mit der Primärbedarfsplanung sind weiterhin alle Funktionen der langfristigen Planung. Ähnlich den Expertensystemen, die für Unternehmensspiele erfolgreich eingesetzt werden, können alternative Szenarien für die Unternehmenspolitik und deren Auswirkungen für das Unternehmen simuliert werden.

Jede Hierarchiestufe im Unternehmen benötigt unterschiedliche Informationen auf unterschiedlichem Niveau. Ein automatisches Aufbereiten der verfügbaren Informationen (situationsabhängig) nach den Hierarchieebenen Meister, Abteilungs-, Bereichsleiter sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Zielerfüllung, Abweichungsanalyse, aggregiert nach den jeweiligen Hierarchieebenen sind auch Aufgabenbereiche für Expertensysteme.

C. Expertensysteme zur Diagnose in PPS-Systemen

Der Bereich der Diagnose in PPS-Systemen wird nur kurz umrissen. Zunächst besteht die Möglichkeit Analysen der EDV-Abläufe und die Nutzungsgewohnheiten der Sachbearbeiter und damit verbundene Fehlerquellen durchzuführen. Analysen von Fehlplanungen und sonstigen aufgetretenen Fehlern des PPS-Systems schlagen sich in der Datenbasis nieder. Oft besitzen jedoch nur die Hersteller der PPS-Systeme das notwendige know how, um über den Zustand der PPS-Daten detailliertere Aussagen über die Abläufe und die Situation in der Fertigung zu treffen.

Ebenso wie es ein System zur Fehleranalyse bei Industrierobotern gibt, sollte ein System zur Fehleranalyse bei PPS-Systemen vorhanden sein, das entweder zeitgesteuert in einem bestimmtem Zyklus die Datenbasis und den Zustand der Programme analysiert (hier müßte wieder das know how der Software-Hersteller einbezogen werden: Multiplikatoreffekt über viele Kunden) oder im Dialog den Benutzer des Systems berät.

Weitere sinnvolle Auswertungen über die Wirtschaftlichkeit der Fertigung (Analyse der Durchlauf-, Umrüst-, Wartungszeiten der Betriebsmittel u. s. w.), Zielerfüllung, Kapazitätsausnutzung - auch als Management-Informationen aufbereitet - sind Einsatzbereiche für Expertensysteme.

V. Expertensysteme am Institut für Wirtschaftsinformatik (IWI)

Am Institut für Wirtschaftsinformatik an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken werden zur Zeit Prototypen für Expertensysteme in CIM-Systemen realisiert. Als Software stehen unter anderem die Expertensystem-Shell Twaice, das PPS-System Profis und das CAD-System Proren auf einer Targon /35 zur Verfügung. Die Integration der Systeme wird über die relationale Datenbank Reflex mit SQL-Standard-Schnittstelle realisiert. Bisher wurden 3 Systeme als Prototypen erstellt und werden zur Zeit weiterentwickelt.

Die Themenstellungen sind:

- Wissensbasiertes System zur Auswahl von PPS-Systemen in CIM
- Wissensbasiertes System zur Auswahl geeigneter Prognoseverfahren
- Wissensbasiertes System zur Unterstützung der Absatzplanung in der Reifenindustrie

Ein weiteres Projekt befaßt sich mit konstruktionsbegleitender Kalkulation, in dessen Verlauf auf einem Siemens PC MX2 auf der Ebene von Programmiersprachen der KI (FranzLisp, Siemens-Prolog) und Tools wie FRL und OPS 5 gearbeitet wird. Auch hier ist der Zugriff auf eine relationale Datenbank (Informix) mit PPS-Daten geplant.

Darüberhinaus wird ein Expertensystem zur Unterstützung des Soll-Ist-Kostenvergleichs im Rechnungswesen entwickelt. Ansatzpunkt ist die ständig steigende Zahl von Informationen, die für die Kostenrechnung zur Verfügung stehen. Das Expertensystem soll durch intelligente Vorauswertungen die Komplexität und den Umfang der Datenmenge reduzieren. Hier sollen von einer (z. Zt. noch simulierten) zentralen Datenbank (Reflex auf einer Targon /35) Daten extrahiert und auf einen PC überspielt werden, wo dezentral auf einem PC mit dem Betriebssystem DOS und einem UNIX-Board mit Twaice als PC-Version über das Expertensystem die Auswertung der Daten vorgenommen. Das Expertensystem verfügt zum einen über Wissen über Art, Umfang und Struktur der zentralen Datenbasis und extrahiert die Daten in den PC, zum anderen wird dann dezentral die Auswertung der Daten vorgenommen.

Auf einem IBM-PC werden unter Zuhilfenahme von GC-Lisp, Prolog Diplomarbeiten vergeben und kleinere Demonstrationssysteme programmiert. Die Anschaffung einer PC-Shell ist für die nächste Zukunft geplant.

Als komfortable Workstation steht für Praktika und die Einarbeitung in die Programmierung mit Lisp eine Siemens Workstation 5815 mit einer Interlisp-D Programmierumgebung zur Verfügung. Die Beschaffung von Loops, einer komfortableren Programmierumgebung, ist geplant.

In diesem Abschnitt der Arbeit werden für die 3 Lösungsmöglichkeiten: PC, Super-Mini Targon /35 Realisierungen, wie sie am Institut für Wirtschaftsinformatik erarbeitet wurden, vorgestellt. Der erste Einstieg in die KI erfolgte auf einem IBM-PC unter Verwendung von GCLisp, Turbo Prolog und IF-Prolog. Die nächsten Schritte führten zu Anwendungen mit der Shell Twice auf einer Targon /35 unter UNIX und über ein Projekt zur konstruktionsbegleitenden Kalkulation unter Nutzung eines Siemens PC MX2 auf der Ebene von Programmiersprachen.

Der grundsätzliche Aufbau der Expertensystem-Shell Twice ist in Abb. 18 skizziert.

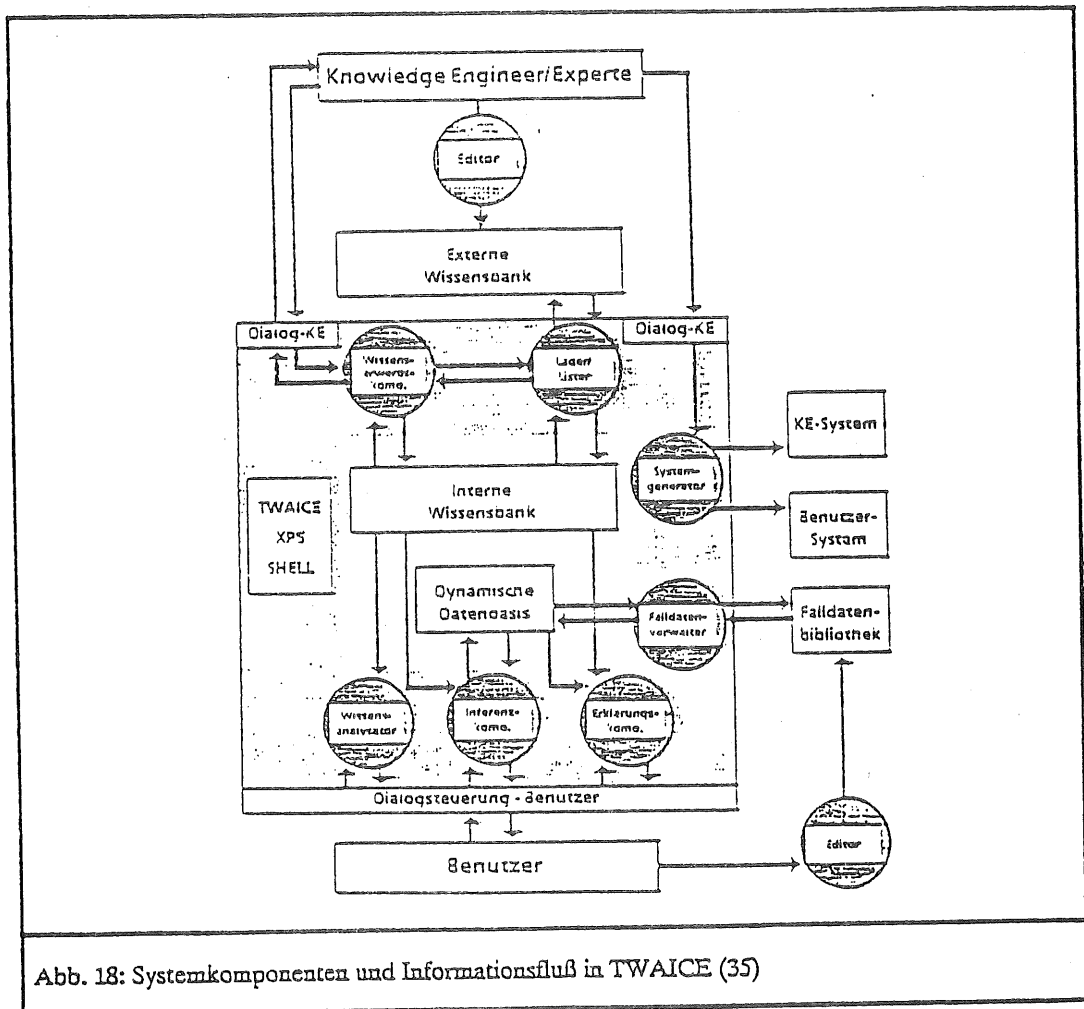


Abb. 18: Systemkomponenten und Informationsfluß in TWAICE (35)

A. Wissensbasiertes System zur Auswahl geeigneter Prognoseverfahren

Bei der Durchführung von Prognosen steht der Planer im Unternehmen vor einer großen Anzahl möglicher Verfahren. Jedes Verfahren besitzt spezifische Vor- und Nachteile, die die Güte einer Prognose sehr stark beeinflussen. Der Planer im Unternehmen benötigt somit Unterstützung bei der Auswahl, Anwendung und Beurteilung der für seinen Einsatzfall adäquaten Verfahren. Aus dieser Situation heraus wurde am Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi) das System DEMI (Dezentrales Marketing-Informationssystem) entwickelt (36). Der Benutzer des Systems sollte sehr ausführlich über die einzelnen Verfahren informiert und gleichzeitig bei der Auswahl unterstützt werden. Dies kann durch die Erklärungskomponente des Expertensystems und die flexible Benutzeroberfläche durch ein Expertensystem erreicht werden.

Es gibt einige weitere Forderungen, die für eine Realisierung eines Expertensystems sprechen:

Das System sollte möglichst einfach um weitere Verfahren ergänzt werden können, ohne daß größere Programmierarbeiten ausgeführt werden

Eine spätere Erweiterung durch Integration einer Methodenbank ist geplant

Es sollen Daten aus einer Datenbank extrahiert werden und automatisch anhand der Daten unter Angabe des Prognosezeitraumes Prognosen ausgeführt werden

Das System soll die statistischen Parameter der erstellten Prognose analysieren und automatisch über Annahme oder Ablehnung des Verfahrens entscheiden

Das System soll mehrere alternative Verfahren und eine Rangfolge der Verfahren vorschlagen, so daß es bei Ablehnung des ersten ein weiteres Verfahren anwendet

Unter diesen Restriktionen wurde im ersten Schritt der Prototyp für ein Expertensystem zur Unterstützung der Absatzplanung entwickelt. Das System ist mit TWAICE auf einer Targon /35 realisiert und umfaßt zur Zeit etwa 200 Regeln. Es wählt durch Fragen an den Benutzer aus ca. 30 statistischen Verfahren das entsprechende aus. Als Weiterentwicklung ist die Realisierung einzelner Verfahren über eine Schnittstelle in TWAICE zu Prolog und C geplant. Im nächsten Schritt erfolgt eine Anbindung an die relationale Datenbank Reflex und darauf folgend die Integration einer statistischen Methodenbank. Nach der Realisierung dieser Schritte wird das System nach Spezifikation einer Zeitreihe diese automatisch aus der Datenbank übernehmen, untersuchen, ein statistisches Verfahren auswählen (u. U. durch Erfragen weiterer Informationen) und dieses Verfahren anwenden. Die errechneten statistischen Parameter werden analysiert und entscheiden über die Annahme oder Ablehnung des Verfahrens. Je nach Ergebnis der Parameter werden dem Benutzer Erläuterungen zum Ergebnis der Prognose gegeben.

36 vgl. Scheer, A.-W., *Absatzprognosen*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1983, S. 44 ff.

B. Wissensbasiertes System zur konstruktionsbegleitenden Kalkulation

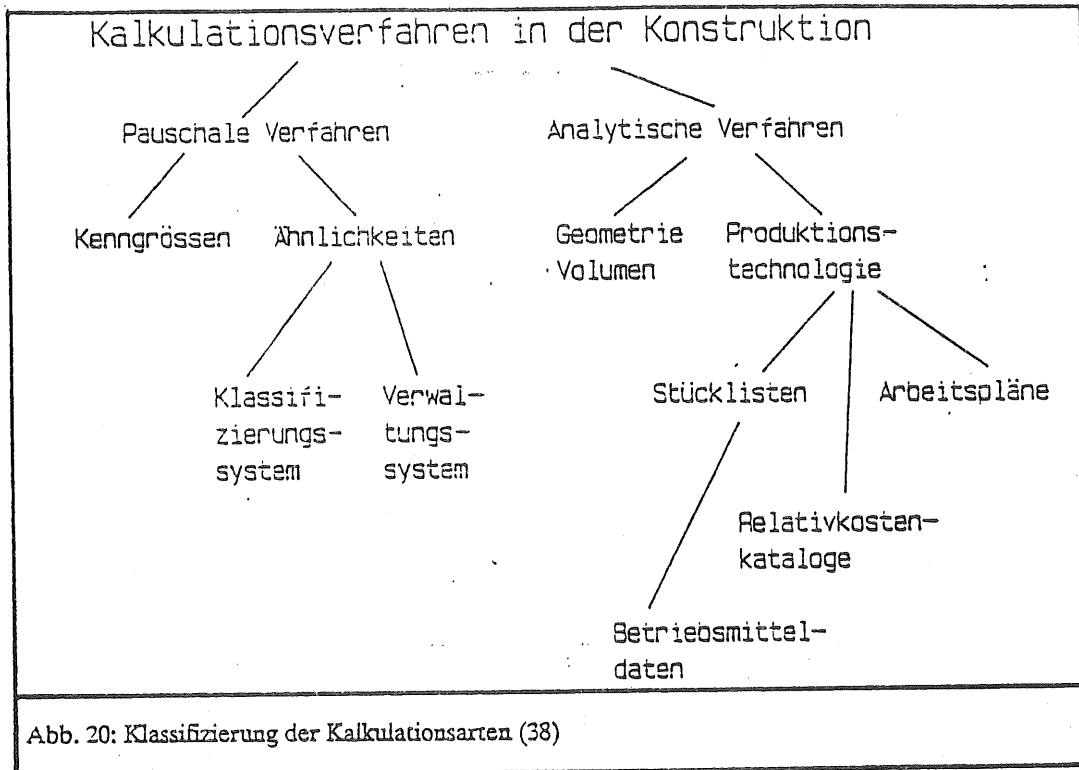
Das System wird über das Projekt Innovative Informations-Infrastruktur (III), eine Kooperation zwischen der Siemens AG und der Universität des Saarlandes, finanziert und auf einem Siemens PC MX2 realisiert. Als Tools stehen neben C, FranzLisp, OPS 5 (Regelinterpreter), FRL (Frame Representing Language), Siemens Prolog und die Datenbank Informix zur Verfügung.

Bereits während der Konstruktion wird der überwiegende Teil der Herstellkosten eines Produktes festgelegt. Somit besteht auch aus der Praxis heraus ein erheblicher Zwang, den Konstrukteur bereits zu einem frühen Zeitpunkt mit detaillierten Kosteninformationen zu versorgen, ohne ihn mit zusätzlichen Aufgaben zu überlasten. Das prinzipielle Vorgehen eines Konstrukteurs bei der Kalkulation von Produkten ist in Abb. 19 dargestellt.

1. Bestimmung der Art der Produkte
 - Wert
 - Stückzahlen
 - Komplexität
 - notwendige Produktionstechnologie
2. Bestimmung der Konstruktionsphase
3. Erkennen der kostenbestimmenden Faktoren
4. Auswahl der möglichen Kalkulationsverfahren
5. Überprüfen der Verfügbarkeit des daraus resultierenden Informationsbedarfs
6. Anwenden der Kalkulationsverfahren auf diese Datenbasis
7. Überprüfen und bewerten der Kalkulationsergebnisse
8. Überprüfen der Konstruktionsergebnisse, Bewertung von Alternativen

Abb. 19: Vorgehen des Konstrukteurs bei der Kalkulation (37)

Für diese Unterstützung des Konstrukteurs während allen Phasen der Konstruktion wird ein Expertensystem entwickelt. Es soll ihn bei der Auswahl der relevanten Verfahren unterstützen. Die Verfahren hängen von Konstruktionsphase, Konstruktionsobjekt sowie vorhandenen Informationen und Daten ab. Es berücksichtigt die in Abb. 20 dargestellten Verfahren (pauschale und analytische Verfahren). In einem 2. Schritt soll der Zugriff auf eine in Informix aufgebaute Datenbank mit PPS-Daten und einige Kalkulationsmodule realisiert werden.



Nach Auswahl der relevanten Daten und Auswahl des Kalkulationsverfahrens werden die Verfahren entsprechend ausgeführt. Ein grundsätzliches Beispiel für einen Konsultationslauf ist im folgenden dargestellt:

1. In welcher Konstruktionsphase befinden Sie sich?

1. Planungsphase
2. Konzipierungsphase
3. Entwurfsphase
4. Ausarbeitungsphase

Unter der Annahme, daß sich der Konstrukteur in der Planungsphase befindet, also eine "1" eingegeben hat, wird die nächste Frage des Systems sein:

38 vgl. Scheer, A.-W., Konstruktionsbegleitende Kalkulation in CIM-Systemen, in: Scheer, A.-W. (Hrsg., Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft Nr. 50, August 1985

2. Auf welcher Detaillierungsstufe wollen Sie arbeiten?

1. Funktionsebene
2. Produktebene
3. Baugruppenebene
4. Einzelteilebene
5. Fertig-, Zukaufteile
6. Formteile, Halbzeuge
7. Rohmaterialien
8. Technologieebene

Unabhängig von den bisher gemachten Angaben muß der Konstrukteur entscheiden, ob er aufgrund von Ähnlichkeiten oder aufgrund von pauschalen Verfahren oder analytischen Verfahren weiterarbeiten will.

3. Welches Vorgehen wollen Sie wählen?

1. Pauschale Verfahren
2. Analytische Verfahren

Unter der Annahme, daß pauschale Verfahren gewählt wurden, geht die Konsultation weiter mit der Frage:

4. Wie wollen Sie weiter vorgehen? Kalkulation

1. aufgrund von Kenngrößen
2. aufgrund von Ähnlichkeiten

Im Grunde genommen kann man jedes Kalkulationsverfahren auf das Suchen von Ähnlichkeiten zurückführen. Je detaillierter man jedoch ein Produkt auflöst (Produkt, Baugruppen, Bauteile, Materialien, Fertigungsschritte), desto exakter wird die Kostenvorhersage werden. Auch das Anwenden von Arbeitszeittabellen für einzelne Arbeitsgänge kann auf Ähnlichkeiten basieren. Daher wird dem Generieren von "match"-Operationen große Aufmerksamkeit geschenkt. Das Expertensystem muß den Konstrukteur bei der intelligenten Suche von ähnlichen Objekten unterstützen.

C. Wissensbasiertes System zur Unterstützung der Absatzplanung

Das Expertensystem soll die Absatzplanung in der Reifenindustrie unterstützen. Es wird in Zusammenarbeit mit einem großen Reifenhersteller entwickelt. Im Reifenmarkt gibt es eine Vielzahl von Einflußfaktoren auf den Absatz der einzelnen Produkte. Er besteht aus den Lieferungen an die Automobilindustrie (Erstausrüstermarkt) und den Lieferungen an den Reifenhandel (Ersatzmarkt).

Das System beschäftigt sich zunächst ausschließlich mit dem Ersatzmarkt. Einflußfaktoren auf den Absatz sind u. a.:

- Gesamtmarkt
- Bestand an Fahrzeugen für diese Reifendimension
- Schärfe des Wettbewerb
- Preissituation am Markt
- Gewinnspanne des Reifenhandels
- Anzahl der Profile am Markt
- Produktlebenszyklus
- Saisonmuster
- Anteile in der Erstausrüstung
- Lagerbestände im Reifenhandel
- Lagerbestände beim Reifenhersteller
- Image des Herstellers am Markt
- Käuferprofile

Produkte sind Profile einer Geschwindigkeitsklasse und einer Dimension. Besondere Schwierigkeiten ergeben sich bei der Absatzplanung durch den zwischengeschalteten Reifenhandel (mit eigenen Zielsetzungen), die enge Bindung des Reifens an das Fahrzeug, die technischen Entwicklungen im Reifensektor und die starke Abhängigkeit von den Zulieferungen an die Automobilindustrie. Im Ersatzmarkt, der über den Reifenhandel abgewickelt wird, gibt es stark heterogene Käufersegmente, die nicht vollständig mit den Produktsegmenten übereinstimmen. Das Nutzungsverhalten sowie Umfang und Struktur des Fahrzeugbestandes verändern sich ständig.

Der Fahrzeugbestand ergibt über eine angenommene Jahreskilometerleistung und einen damit verbundenen durchschnittlichen Reifenverschleiß sowie weiteren Bestimmungsfaktoren einen Gesamtbedarf für Reifen im Ersatzmarkt. Die angenommene Jahreskilometerleistung wird bei zwar ansteigender Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge, aber stärkerer Nutzung als 2.- oder 3.- Fahrzeug u. U. fallen.

Der Absatz von SR-Standardreifen (z. B. für VW Polo, Ford Fiesta, ...) wird sehr stark vom Preis beeinflusst, während der Absatz von VR-Reifen (Porsche, BMW, Daimler Benz, ...) sehr stark von der technischen Leistung und dem Image des Reifens am Markt bestimmt wird.

Der Wettbewerb und Marktanteil ist in den jeweiligen Produktsegmenten bis hin zu den einzelnen Reifenprofilen sehr unterschiedlich. Auch die Gesamtstellung des stärksten Wettbewerbers und dessen Marktstrategie sind von Profil zu Profil unterschiedlich.

Die Lebenszyklusphase des zu prognostizierenden Reifens ist ebenso stark absatzbestimmend.

Der ausschließliche Einsatz von Prognoseverfahren kann durch diesen starken Einfluß qualitativer Faktoren keine befriedigenden Ergebnisse liefern. Der für die Planung zuständige Experte wird die statistischen Prognosen um seine Erfahrungen und Einschätzungen bereinigen. Erfahrungswerte ha-

ben gezeigt, daß dies unbedingt notwendig ist. Er betrachtet bei seinem Vorgehen jedoch nur die jeweils wichtigsten Einflußgrößen und gewichtet deren Einfluß sehr stark.

Da die planenden Experten ständig überlastet sind, bot sich ein Expertensystem zu deren Entlastung an. Das Fach- und Erfahrungswissen der Planungsexperten ist hervorragend für die Abbildung mit einem Expertensystem geeignet.

Das Expertensystem wird mit Twice auf einem PC mit UNIX-Board realisiert, wird aber zur Zeit auf einer Targon /35 entwickelt. Über Schnittstellenprogramme können Daten von einem IBM-PC übernommen werden. Das Projekt ist in mehreren Stufen angelegt. Zur Zeit wird ein Prototyp getestet. Parallel hierzu wird in Zusammenarbeit mit einem Experten die Regelbasis erweitert und um zusätzliche Einflußfaktoren und eine Verfeinerung der Produktsegmente erweitert. Mit Sicherheitsfaktoren wird der Einfluß eines bestimmten absatzbestimmenden Faktors auf eine bestimmte Produktgruppe gewichtet. Daran anschließend werden die Produktsegmente sukzessive verfeinert. Die Ergebnisse des Systems werden von zunächst groben Abschätzungen (absatzsteigernde oder absatzschwächende Einflüsse mit einer Skala von 1-10) stärker quantifiziert.

Im folgenden Schritt ist die Einbeziehung der Erkenntnisse des Systems zur Unterstützung bei der Auswahl von Prognoseverfahren und Integration eines statistischen Methodenpaketes wie z. B. SPSS geplant. Als Datenbasis werden: Gesamtmarkt, Absatz im jeweiligen Segment bis hin zum Absatz eines Reifenprofils in der jeweiligen Dimension, eigener Absatz und Preisinformationen einbezogen. Auf der Basis der statistischen Prognose werden in diesem Stadium vom System die qualitativen Einflußfaktoren quantifiziert (durch Abbildung der Experteneinschätzung über Regeln), gewichtet und den statistischen Ergebnissen überlagert. Über die Erklärungskomponente kann der Benutzer des Systems die Einflußfaktoren und deren Einflußstärke erfragen. Ein besonderer Vorteil des Systems liegt in der Möglichkeit für den Planungsexperten, die Gewichtung der einzelnen Faktoren zu verändern.

VI. Resümee und Ausblick

Die am Institut für Wirtschaftsinformatik bei der Entwicklung von Expertensystemen gemachten Erfahrungen haben gezeigt, daß es von den Themenstellungen ein breites Spektrum von Anwendungen in dieser neuen Systemphilosophie gibt. Durch die Variationsmöglichkeit der Hardware-Komponenten von leistungsfähigen PCs über spezielle KI-workstations bis hin zur Integration der Software-Tools in die Welt der kommerziellen Groß-Systeme wird diese Tendenz noch unterstützt.

Durch die parallele Weiterentwicklung von Shells zu komfortablen Werkzeugen wird der Zeitaufwand für die Erstellung eines Systems immer geringer. Die Überprüfung einer Wissensbasis auf Konsistenz, effizientes Generieren von Bildschirmmasken, variable Auswahl von Inferenzstrategien, die Möglichkeit über eine log-Datei einen Trace zu archivieren, Konsultationsläufe abzuspeichern und mit veränderter Regelbasis auszuführen, erleichtern den technischen Ablauf erheblich.

Dies hat dazu geführt, daß momentan das Problem bei der Verfügbarkeit der Wissensingenieure, geeigneten Themenstellungen und der Verfügbarkeit von qualifizierten und konstruktiv mitarbeitenden Experten liegt.

Von den zur Zeit realisierten Systemen gibt es nur wenige anspruchsvolle Anwendungen. Die meisten Systeme sind in der Prototypphase und besitzen eine kleine Regelbasis, die einen echten Praxiseinsatz nicht zuläßt. Auch von der Struktur her sind sie meist noch zu sehr an den Strukturen der konventionellen Programmierung orientiert. Die Systeme basieren meist auf der Realisierung von mehr oder weniger im voraus strukturierten Suchbäumen, die abgearbeitet werden.

Es hat sich gezeigt, daß es ein langer Weg ist, von den ersten positiven Erfolgen bei der Entwicklung von Expertensystemen bis hin zu effizient arbeitenden Systemen. Dies ist auf folgende Faktoren zurückzuführen:

- die Anzahl der Wissensingenieure ist zur Zeit noch sehr gering
- oft wird die Entwicklung von Expertensystemen von Mitarbeitern der EDV-Abteilungen durchgeführt, die zu sehr an den konventionellen Strukturen orientiert sind
- das Erkennen von wirklich realistischen Einsatzbereichen ist sehr schwer
- es gibt eine Vielzahl von psychologischen Hemmnissen bei der Aufnahme (Preisgabe) von Expertenwissen
- die Bedeutung von Strukturierungs- und Optimierungsmethoden zur Wissensaufnahme wurde bisher unterschätzt
- ausgefeilte Interviewmethoden zur Aufnahme des Expertenwissens werden zu wenig geschult und zu wenig eingesetzt

In letzter Zeit hat die Anzahl von auf den KI-Einsatz spezialisierten Unternehmensberatern sehr stark zugenommen. Es ist zu erwarten, daß sich von daher die Verfügbarkeit von geschulten und erfahrenen Wissensingenieuren verbessern wird. Auch Hochschulen fangen vermehrt an, KI-Ausbildung im Bereich der Wirtschaftsinformatik zu betreiben. Gefordert sind praxisorientierte Wissensingenieure, die eine solide Fachausbildung auf dem Gebiet haben, in dem sie später Expertensysteme entwickeln sollen und die gleichzeitig bereit sind, komplexe Werkzeuge einzusetzen und nicht darauf beharren, auf der Ebene der Programmiersprachen anzusetzen.

Insgesamt ist zu erwarten, daß die Entwicklung von Expertensystemen in dem gleichen Maße weitergeht, wie es sich in den letzten beiden Jahren gezeigt hat.

VII. Literaturverzeichnis

Becker, J., *Architektur eines EDV-Systems zur Materialflußsteuerung*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1987

Bibel, W., *Automatische Inferenz*, in: Retti, J., u. a., *Artificial Intelligence*, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 1984

Bonn, H., Bodendorf, F. Mertens, P., *Konzeption und Realisierung einer Erklärungskomponente für das Expertensystemtool Hexe*, in: Mertens, P. (Hrsg.), *Arbeitspapiere Informatik-Forschungsgruppe VIII der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*, Erlangen 1986

Buchanan, B.G., u. a., *Constructing an Expert System*, in: Hayes-Roth, F., Waterman, D.B., *Building Expert Systems*, Addison Wesley Publishing Company, London, Amsterdam, Don Mills, Ontario, Tokyo 1983

Bundy, A. (Hrsg.), *Catalogue of Artificial Intelligence Tools*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1987

Charniak, E., McDermott, D., *Introduction to Artificial Intelligence*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, et al. 1985

Duchessi, P., *The Conceptual Design for a Knowledge-Based System as Applied to the Production Planning Process*, in: Silverman, B.G. (Hrsg.), *Expert Systems for Business*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading u. a. 1987

Ehrlenspiel, K., *Kostengünstiges Konstruieren*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Tokyo, New York 1985

Fikes, R., Kehler, T., *The Role of Frame-based Representation in Reasoning*, in: *Communications of the ACM*, September 1985, Volume 28, Number 9, S. 904-920

Fox, M.S., Smith, S.F., *ISIS - a Knowledge-Based System for Factory Scheduling*, in: *Expert Systems, the international Journal of Knowledge Engineering*, Vol. 1, July 1984, Learned Information Inc., Medford NJ

Eversheim, W., *Organisation in der Produktionstechnik, Band 3: Arbeitsvorbereitung*, Düsseldorf 1980

Hackstein, R., *Produktionsplanung- und Steuerung (PPS)*, VDI Verlag, Düsseldorf 1984

Harmon, P., King, D., *Expertensysteme in der Praxis: Perspektiven, Werkzeuge, Erfahrungen*, Oldenbourg Verlag, München 1986

Hayes-Roth, F., *Rule-based Systems*, in: *Communications of the ACM*, September 1985, Volume 28, Number 9, S. 921-932

Hayes-Roth, F., Waterman, D.B., *Building Expert Systems*, Addison Wesley Publishing Company, London, Amsterdam, Don Mills, Ontario, Tokyo 1983

Karst, M., *Konzeption, Implementierung und Integration von Expertensystemen in betrieblichen Anwendungsgebieten*, Dissertation, Universität Saarbrücken, Institut für Wirtschaftsinformatik, in Vorbereitung

Krallmann, H., *EES - das Expertensystem für den Einkauf*, in: *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis (BFuP)* 6, 1986, S. 565 - 583

- Lebsanft, E. W., Gill, U., *Expertensysteme in der Praxis-Kriterien für die Verwendung von Expertensystemen zur Problemlösung*, in: Savory, S. (Hrsg.), *Expertensysteme: Nutzen für ihr Unternehmen*, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1987, S. 122
- Lehmann, E., *Expertensysteme - Überblick über den aktuellen Etwwicklungsstand, interne Studie der Siemens AG (ZT ZTI), München 1983*
- Mertens, P., Allgeyer, K., Däs, H., *Betriebliche Expertensysteme in deutschsprachlichen Ländern - Versuch einer Bestandsaufnahme*, in: Mertens, P., *Arbeitsberichte des Instituts für mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (Informatik), Friedrich Alexander Universität, Erlangen-Nürnberg, Erlangen 1986*
- Mescheder, B., *Funktionen und Arbeitsweise der Expertensystem-Shell Twice*, in: Savory, S. (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz und Expertensysteme*, 2. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1985
- Puppe, F., *Expertensysteme*, in: *Informatik Spektrum* 9 (1986), Heft 1, S. 1-13
- Retti, J. (Hrsg.), *Artificial Intelligence*, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 1984
- Rich, E., *Artificial Intelligence*, McGraw-Hill Book Company, Auckland et al 1986
- Robbins, J.H., *PEPS - The Prototype Expert Priority Scheduler*, in: *Proceedings Autofact 5*, 4.-7. Nov., Detroit 1985
- Rome, E., Uthmann, T., in: *GMD-Studien, Nr. 118, KI-Workstations: Überblick, Marktsituation, Entwicklungstrends*, St. Augustin, Darmstadt 1987
- Rose, H., Allgeyer, K., Schuhmann, M., B., *Benutzerhandbuch zum Expertensystemtool HEXE*, in: Mertens, P. (Hrsg.), *Arbeitsberichte des Instituts für mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (Informatik), Friedrich Alexander Universität, Erlangen-Nürnberg, Erlangen 1986*
- Roth, R., *Data Bridges*, in: Silverman, B. G., *Expert Systems for Business*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading et al 1987
- Savory, S. (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz und Expertensysteme*, 2. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1985,
- Savory, S., *Expertensysteme: Welchen Nutzen bringen sie für Ihr Unternehmen*, in: Savory, S. (Hrsg.), *Expertensysteme: Nutzen für ihr Unternehmen*, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1987, S. 24
- Savory, S. (Hrsg.), *Expertensysteme: Nutzen für ihr Unternehmen*, Oldenbourg Verlag, München, Wien 1987
- Scheer, A.-W., *Absatzprognosen*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York, Tokyo 1983
- Scheer, A.-W., *CIM - Der computergesteuerte Industriebetrieb*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Retti, J., u. a., *Artificial Intelligence*, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 1984, S. 47 - 70 Tokyo 1987
- Scheer, A.-W., *Konstruktionsbegleitenden Kalkulation in CIM-Systemen*, in: Scheer, A.-W. (Hrsg.), *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Nr. 50, August 1985*
- Scheer, A.-W., *Wirtschaftsinformatik - Informationssysteme im Industriebetrieb*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1988

- Schnupp, P., Nguyen Huu, C.T., *Expertensystempraktikum*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1987
- Silverman, B. G., *Expert Systems for Business*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading et al 1987
- Silverman, B. G., *Should a Manager "Hire" an Expert System*, in: Silverman, B. G., *Expert Systems for Business*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading et al 1987, S. 5
- Scown, S.J., *The Artificial Intelligence Experience: An Introduction*, Digital Equipment Corporation, o.O. 1985
- Steinmann, D., *Entscheidungsunterstützungssysteme*, in: Scheer, A.-W., *Computer Integrated Manufacturing (CIM) - Der computergesteuerte Industriebetrieb*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1987
- Trost, H., *Wissensrepräsentation in der AI am Beispiel semantischer Netze*, in: Retti, J., u. a., *Artificial Intelligence*, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 1984, S. 47 - 70
- Trum, P., *Automatische Generierung von Arbeitsplänen*, in: *State of the Art, Expertensystemen*, Heft 1, 1986, S. 69-71
- Watermann, D. A., *A Guide to Expert Systems*, Addison Wesley publishing Company, Reading et al, 1985, S. 63-80
- Wahlster, W., *Vorlesungskript*, Universität des Saarlandes, Fachbereich Informatik, SS 1985
- Winston, P. H., *Künstliche Intelligenz*, Addison Wesley Publishing Company, Bonn, Reading et al. 1987
- Zelewski, S., *Das Leistungspotential der Künstlichen Intelligenz - Eine informationstechnisch-betriebswirtschaftliche Analyse*, M. Wehle Verlag, 3 Bände, Bonn 1986
- o.V., *The CRI Directory of Expert Systems*, Compiled by CRI, Published by Learned Information, o. O., 1985

Die Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWi) im Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität des Saarlandes erscheinen in unregelmäßiger Folge.

- Heft 1: A.-W. Scheer u. Th. Schönemann, TRIMDI - Ein Planspielkonzept zum Einsatz von LP-Entscheidungsmodellen, Oktober 1975; erschienen in: Schriften zur Unternehmensführung, Band 25, Wiesbaden 1978
- Heft 2: A.-W. Scheer u. Th. Schönemann, Computer Output des TRIMDI-Systems, Anhang zu: TRIMDI - Ein Planspielkonzept zum Einsatz von LP-Entscheidungsmodellen, Oktober 1975
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 3: A.-W. Scheer, Produktionsplanung auf der Grundlage einer Datenbank des Fertigungsbereichs, März 1976; erschienen unter gleichem Titel im Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 1976
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 4: C. Hejber, Einführung neuer Produkte mit GERT, Juni 1976; erschienen in: Der Markt, Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Absatzwirtschaft, Heft 63, Wien 1977, S. 62 - 73
- Heft 6: L. Bolmerg, Implementierung des Hoss-Algorithmus in ein Datenbankkonzept zur Produktionssteuerung, Dezember 1976; Kurzfassung erschienen in: Angewandte Informatik, 19. Jg. (1977), Heft 3, S. 316
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 7: A.-W. Scheer, Datenschutzgesetze; Vortrag anlässlich der Generalversammlung 1976 der Buchungsgemeinschaft Saar e. G., Juli 1976; erschienen in: Angewandte Informatik, Heft 11, 1976
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 8: A.-W. Scheer, Flexible Projektsteuerung, Dezember 1976; erschienen in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 47. Jg. (1977)
- Heft 9: A.-W. Scheer u. C. Hejber, Kombination von Optimierungs- und Datenermittlungsverfahren beim Investitionsproblem der Hardwareauswahl, Mai 1977; erschienen in: Schriften zur Unternehmensführung, Wiesbaden 1978. Englische Fassung: Combination of an Optimization Model for Hardware Selection with Data Determination Methods, erschienen in: SIMULETTER (Hrsg. SIGSIM der ACM) und PER (Hrsg. SIGMETRICS der ACM) 1977
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 10: A.-W. Scheer, Produktionsplanung mit EDV, Dezember 1977; Teil I erschienen in: Das Wirtschaftsstudium 10/77, Teil II erschienen in: Das Wirtschaftsstudium 11/77, 6. Jg.
- Heft 11: L. Bolmerg, I. Dammasch, C. Hejber, A Comparison of the Algorithmus of Zeleny, Isermann and Gal for the Enumeration of the Set of Efficient Solutions for a Linear Vector Maximum Problem, Dezember 1977
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 12: A.-W. Scheer, Wirtschaftsinformatik - Versuch einer Standortbestimmung, Februar 1978; erschienen in: Wirtschaft und Erziehung Nr. 6, 1978

- Heft 13: A.-W. Scheer, Optimal Project Management under a Present Value Objective, April 1978; Vortrag anlässlich d. European Institute for Advanced Studies in Management, Seminar am 27./28.4.78 in Brüssel
- Heft 14: A.-W. Scheer, V. Brandenburg, H. Krcmar, CAPSIM, Computer am Arbeitsplatz-Simulation. Ein Hilfsmittel zur Gestaltung wirtschaftlicher CAP-Systeme, März 1979
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 15: A.-W. Scheer, V. Brandenburg, H. Krcmar: Wirtschaftlichkeitsrechnung und CAP-Systeme, Ergebnisse einer Umfrage, Mai 1979
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 16: A.-W. Scheer, V. Brandenburg, H. Krcmar, Methoden zur Ermittlung der Auswirkungen des CAP auf Arbeitsplatzprofile, Juni 1979; erschienen in: Angewandte Informatik, 21. Jg. (1979), Heft 8
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 17: P. Brendel, H. Demmer, L. Kneip, H. Krcmar, G. Spies: Zusammenfassung der Diskussionsbeiträge zum Anwendersgespräch PRODUKTIONSPLANUNG UND -STEUERUNG IM DIALOG, Juli 1979
- Heft 18: A.-W. Scheer, Datenbanksysteme im Marketing, Oktober 1979
- Heft 19: A.-W. Scheer, Rationalisierung durch EDV-Einsatz im Fertigungsbereich - Schwerpunkte und Tendenzen im Maschinenbau, November 1979; Vortrag auf der VDMA/DMI-Informationstagung 'Datenverarbeitung mit Bildschirmen in Klein- und Mittelbetrieben des Maschinenbaues - Erfahrungsberichte' am 28./29. November 1979 in Hannover
- Heft 20: A.-W. Scheer, Datenverwaltung im Fertigungsbereich, Januar 1980; ersch. in: Informatik Spektrum
- Heft 21: A.-W. Scheer, Elektronische Datenverarbeitung und Operations Research im Produktionsbereich, Februar 1980, ersch. in OR-Spektrum
- Heft 22: A.-W. Scheer, Kriterien für integrierte betriebswirtschaftliche Lösungen mit den heutigen Möglichkeiten der EDV, März 1980; Vortrag anlässlich des SIEMENS-Seminars "Datenverarbeitung in der Grundstoff- und Investitionsgüterindustrie" am Eibsee vom 3. - 5.3.1980
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 23: I.E. Dammasch, Effizienz varianzreduzierender Methoden bei der Simulation, August 1980
- Heft 24: T. Brettar u. G. Schmeer, Übersicht über Programme zur Kostenrechnung, September 1980, überarbeitete Fassung einer Hausarbeit zum Seminar zur Wirtschaftsinformatik im Sommer-Semester 1980, Leitung: Prof. Dr. A.-W. Scheer
(wird nicht mehr verlegt)
- Heft 25: A.-W. Scheer, 3 Beiträge zu aktuellen Problemen der Produktionsplanung mit EDV, Dezember 1980
- Heft 26: L. Kneip, A.-W. Scheer, N. Wittemann, PROMOS, Ein Produktionsplanungs-Modellgenerator-System zur Bestimmung des Primärbedarfs im Rahmen eines PPS-Systems, Januar 1981
(wird nicht mehr verlegt)

- Heft 27: C.-O. Zacharias, Ein heuristisches Verfahren zur Behandlung des LOST-SALES Falles bei der (s,S,T) - Bestellpolitik, Februar 1981
- Heft 28: R. Brombacher, DEMI, Dezentrales Marketing-Informationssystem Dialogsystem zur Auswahl geeigneter Datenanalyse- und Prognoseverfahren, Juli 1981
- Heft 29: A.-W. Scheer, 3 aktuelle Beiträge zur Datenverwaltung, März 1982 (wird nicht mehr verlegt)
- Heft 30: A.-W. Scheer, Neue Chancen für eine sinnvoll integrierte Produktionsplanung und -steuerung, März 1982, Vortrag anlässlich des Anwenderforums 1981 "Betriebsdatenerfassung und Fertigungssteuerung auf dem Prüfstand der Praxis" am 5.-6. Okt. 81 in Zürich
- Heft 31: A.-W. Scheer, Stand und Trend von Planungs- und Steuerungssystemen für die Produktion in der Bundesrepublik Deutschland, März 1982, Vortrag anlässlich des Kongresses PPS 81 in Böblingen vom 11. -13.11.81 (wird nicht mehr verlegt)
- Heft 32: A.-W. Scheer, Einfluß neuer Informationstechnologien auf Methoden und Konzepte der Unternehmensplanung, März 1982, Vortrag anlässlich des Anwendergespräches "Unternehmensplanung und Steuerung in den 80er Jahren in Hamburg vom 24. - 25. 11. 1981
- Heft 33: A.-W. Scheer, Disposition- und Bestellwesen als Baustein zu integrierten Warenwirtschaftssystemen, März 1982, Vortrag anlässlich des gdi-Seminars "Integrierte Warenwirtschafts-Systeme" in Zürich vom 10. -12. Dezember 1981
- Heft 34: J. Ahlers, W. Emmerich, H. Krcmar, A. Pocsay, A.-W. Scheer, D. Siebert, EPSOS - Ein Ansatz zur Entwicklung prüfungsgerechter Software-Systeme, Saarbrücken, im Mai 1982
- Heft 35: J. Ahlers, W. Emmerich, H. Krcmar, A. Pocsay, A.-W. Scheer, D. Siebert, EPSOS-D, Konzept einer computergestützten Prüfungsumgebung, Saarbrücken, im Juli 1982
- Heft 36: A.-W. Scheer, Rationalisierungserfolge durch Einsatz der EDV - Ziel und Wirklichkeit, im August 1982, Vortrag anlässlich der 3. Saarbrücker Arbeitstagung "Rationalisierung" in Saarbrücken vom 4. - 6. 10. 1982
- Heft 37: A.-W. Scheer, DV-gestützte Planungs- und Informationssysteme im Produktionsbereich, September 1982
- Heft 38: A.-W. Scheer, Interaktive Methodenbanken: Benutzerfreundliche Datenanalyse in der Marktforschung, Mai 1983
- Heft 39: A.-W. Scheer, Personal Computing - EDV-Einsatz in Fachabteilungen, Juni 1983
- Heft 40: A.-W. Scheer, Strategische Entscheidungen bei der Gestaltung EDV-gestützter Systeme des Rechnungswesens, August 1983, Vortrag anlässlich der 4. Saarbrücker Arbeitstagung "Rechnungswesen und EDV" in Saarbrücken vom 26. -28.9.83

- Heft 41: H. Krcmar: Schnittstellenprobleme EDV-gestützter Systeme des Rechnungswesens, Vortrag anlässlich der 4. Saarbrücker Arbeitstagung "Rechnungswesen und EDV" in Saarbrücken vom 26. -28.9.83, August 1983
- Heft 42: A.-W. Scheer (Hrsg.): Factory of the Future, Vorträge im Fachausschuß "Informatik in Produktion und Materialwirtschaft" der Gesellschaft für Informatik e.V., Dezember 1983
- Heft 43: A.-W. Scheer: Einführungsstrategie für ein betriebliches Personal-Computer-Konzept, März 1984
- Heft 44: A.-W. Scheer: Schnittstellen zwischen betriebswirtschaftlicher und technischer Datenverarbeitung in der Fabrik der Zukunft, Juli 1984
- Heft 45: J. Ahlers, W. Emmerich, H. Krcmar, A. Pocsay, A.-W. Scheer, D. Siebert-Biehl, EPSOS-D Ein Werkzeug zur Messung der Qualität von Software-Systemen, August 1984
- Heft 46: H. Krcmar, Die Gestaltung von Computer am-Arbeitsplatz-Systemen - ablauforientierte Planung durch Simulation, August 1984
- Heft 47: A.-W. Scheer, Integration des Personal Computers in EDV-Systeme zur Kostenrechnung, August 1984
- Heft 48: A.-W. Scheer, Kriterien für die Aufgabenverteilung in Mikro-Mainframe Anwendungssystemen, April 1985
- Heft 49: A.-W. Scheer, Wirtschaftlichkeitsfaktoren EDV-orientierter betriebswirtschaftlicher Problemlösungen, Juni 1985
- Heft 50: A.-W. Scheer, Konstruktionsbegleitende Kalkulation in CIM-Systemen, August 1985
- Heft 51: A.-W. Scheer, - Strategie zur Entwicklung eines CIM Konzeptes -Organisatorische Entscheidungen bei der CIM Implementierung, Mai 1986
- Heft 52: P. Loos, T. Ruffing, Verteilte Produktionsplanung und -steuerung unter Einsatz von Mikrocomputern, Juni 1986
- Heft 53: A.-W. Scheer, Neue Architektur für EDV-Systeme zur Produktionsplanung und -steuerung, Juli 1986
- Heft 54: U. Leismann, E. Sick, Konzeption eines Bildschirmtext-gestützten Warenwirtschaftssystems zur Kommunikation in verzweigten Handelsunternehmen, August 1986
- Heft 55: D. Steinmann, Expertensysteme (ES) in der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) unter CIM-Aspekten, November 1987, Vortrag anlässlich der Fachtagung "Expertensysteme in der Produktion" am 16. und 17.11.1987 in München