



## Expertensysteme als Rationalisierungsinstrument

Eine Strategie zur Effizienzsteigerung von Entscheidungsprozessen



Helmut WOLLMERSDORFER, Mag. rersoc.oec., Jahrgang 1957, Ingenieur Ausbildung in Reproduktions- und Drucktechnik, Studium der Betriebswirtschaft an der Wirtschaftsuniversität Wien, über 8 Jahre EDV-Erfahrung unter anderem als Projektleiter und DV-Controller, Geschäftsführer der AI-Management-Informationssysteme GesmbH, Wien

**Expertensysteme — ein Anwendungsgebiet der künstlichen Intelligenz — können Wissen verarbeiten und es in einer bisher nicht möglichen Form den Benutzern zugänglich machen. Dies gibt den Unternehmen die Chance, die Effizienz und Effektivität betrieblicher Entscheidungen beträchtlich zu steigern.**

### 1. Wie funktionieren Expertensysteme?

Expertensysteme sind Computersysteme, die das Fachwissen von Experten speichern. Dieses gespeicherte Wissen ist dann besonders benutzerfreundlich abrufbar und auf individuelle Problemstellungen anwendbar. Man kann also mit einem speziellen Problem zu einem Expertensystem gehen und sich eine Lösung für dieses Problem vorschlagen lassen.

Man spricht in diesem Zusammenhang nicht immer nur von Expertensystemen, sondern verwendet oft auch die Begriffe »Wissensbasiertes System«, »Assistentensystem« oder »Regelbasiertes System«. Der Oberbegriff für derartige Systeme heißt Wissensverarbeitung.

Die Technik der Wissensverarbeitung unterscheidet sich grundsätzlich von der Technik der Informationsverarbeitung. Informationsverarbeitung erfolgt streng nach einem vorher festgelegten Programmablauf.

In der **konventionellen Datenverarbeitung** erzeugt ein Programmierer einen Satz von Programmstrukturen, die einem vorgegebenen Lösungsweg folgen, für jede Situation, die das Programm behandeln soll. Der Lösungsweg ist vollständig geplant — jede Überraschung im Laufe der Verarbeitung stellt einen Fehlerzustand dar, der ausgeschlossen werden muß. Die Datenverarbeitung ist Kalkulation in vorhersehbaren und somit exakt planbaren Abläufen mit vollständiger Eingabe der Problemlösung bis ins Detail. Das Fachwissen ist hier auch in Regeln gefaßt, deren Anwendung von vornherein in der algorithmischen Abarbeitung festgelegt ist. Die schrittweise Zerlegung der Problemlösung, also der Algorithmus, implementiert die Lösungsstrategie. Eine Änderung der Lösungsstrategie ist nur durch Neuprogrammierung möglich. Eine Erweiterung dieses Ansatzes ist die Informationsverarbeitung, das heißt die Manipulation numerischer und nichtnumerischer Information, die durch komplex strukturierte Daten repräsentiert wird, zum Beispiel in

Datenbanken [8].

In **wissensbasierten Systemen** ist das Wissen vom eigentlichen Programmablauf getrennt. Dieser Programmablauf ist so stark verallgemeinert, daß er vom Entwickler nicht erstellt werden muß, da er bereits in Form eines Schlußfolgerungsmechanismus (engl. »inference engine«) existiert (vgl. Abb. 1).

Für die Wissensdarstellung gibt es verschiedene Methoden, von denen am gebräuchlichsten die sogenannten Produktionsregeln sind. Im wesentlichen sind das nichts anderes als Wenn-Dann-Regeln, die von der inference/engine selbständig bearbeitet werden können. Für die Erstellung eines Expertensystems ist es also notwendig, das Fachwissen in strengen Regeln auszudrücken, was nicht immer so ganz einfach ist — aber immer noch einfacher und schneller als mit konventionellen Programmiersprachen.

Die dritte wesentliche Komponente eines Expertensystems ist die **Dialogkomponente**. In ausgereiften Systemen wird diese bereits automatisch aus den Regeln generiert, stellt selbständig Fragen an den Benutzer, gibt Ratschläge, kann selbständig erklären, warum Fragen gestellt werden und wie das Expertensystem zu einer bestimmten Lösungsmöglichkeit gekommen ist.

### 2. Wo liegt der Nutzen von Expertensystemen?

Expertensysteme können das logische Denkvermögen des Menschen nachbilden. Nicht nur das — sie sind dem Menschen in diesem Punkt beiweitem überlegen, was Geschwindigkeit und Genauigkeit anbelangt. Vor allem folgende Eigenschaften machen Expertensysteme so attraktiv:

- Expertensysteme sind zuverlässig. Menschen — ja sogar Fachleute — können gelegentlich entscheidende Einzelheiten vergessen.
- Expertensysteme sind konsequent. Bei gleicher Eingabe kommt das Experten-

system konsequent zur beabsichtigten Schlußfolgerung.

- Expertensysteme stehen jederzeit zur Verfügung und können kopiert und verteilt werden, wo immer ein geeigneter Rechner vorhanden ist.
- Expertensysteme können komplexe, faktenintensive Teilaufgaben, die eine ermüdende Akribie von Menschen verlangen, wesentlich schneller und genauer erledigen.

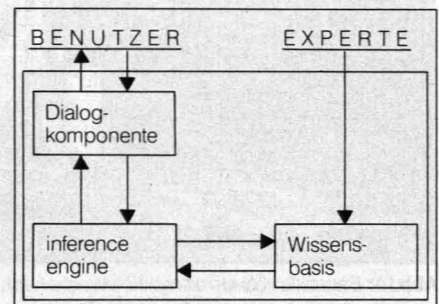


Abb. 1: Vereinfachter Aufbau eines Expertensystems

Rücken wir den Entscheidungsaspekt wirtschaftlichen Handelns in den Mittelpunkt, so ergeben sich insbesondere folgende potentielle Vorteile von Expertensystemen:

- Hochwertige Entscheidungskompetenz kann auch dort angewendet werden, wo dies bisher unrentabel war.
- Bei gleichbleibenden Entscheidungskosten kann bereits sehr früh ein Vielfaches an Einflußfaktoren berücksichtigt werden. Das Risiko und somit auch die Folgekosten von Fehlentscheidungen werden vermindert.
- Der Experte wird von Routineentscheidungen entlastet und gewinnt wertvolle Zeit zur Verbesserung der Entscheidungsqualität.
- Entscheidungen können schneller und billiger gefällt werden.
- Entscheidungen können vereinheitlicht werden und sind daher zentral steuerbar.

Sehen wir uns einmal beispielhaft an, welchen konkreten Nutzen bestehende Expertensysteme zu erbringen vermögen:

Die Expertenfamilie XCON und XSEL des Computerherstellers Digital Equipment un-



terstützt die Techniker und Verkäufer bei der Konfiguration und Spezifikation von Computeranlagen nach Kundenwünschen. Nach Angaben des Unternehmens wurden damit heute monatliche Einsparungen von US-Dollar 200.000 erzielt. Außerdem konnte die Fehlerrate gegenüber menschlichen Experten von 25% auf 2% gesenkt werden /9, 10/.

Ein ähnliches System für die Konfiguration von Datenfernübertragungsrechnern der Firma Siemens reduzierte den Arbeitsaufwand pro Konfiguration von 20 Arbeitsstunden auf 1 Stunde, was einer Einsparung von 95% entspricht [3].

Das Beratungssystem ISPFLANZ der Münchner Firma PC-Agrar hilft Landwirten, die Düngung ihrer Äcker richtig zu bemessen. Es wurden damit Einsparungen von 20 — 30% des Düngemittelaufwandes erzielt und außerdem der Boden vor den negativen Auswirkungen der Überdüngung geschützt.

### 3. Wo werden Expertensysteme heute eingesetzt?

Der Bereich der Aufgaben, in denen Sachkunde und Problemlösungsfähigkeit gefordert ist, umfaßt prinzipiell alle Lebensbereiche. Ökonomisch einsetzbar sind Expertensysteme bisher im technischen Bereich, wenn dort in einem begrenzten Gebiet leicht formalisierbare Fakten und Gesetzmäßigkeiten vorliegen. Beispielhaft seien folgende Einsatzgebiete aufgezählt:

- Konstruktion, beispielsweise von Schaltkreisen nach vorgegebener Spezifikation,
- Diagnose, etwa von Fehlerzuständen und Ursachen in technischen Systemen oder im medizinischen Bereich, und deren Therapie,
- Interpretation physikalischer Daten, z.B. bei Erdöllagerstätten oder zur Schiffsortung,
- Instruktion zum Vermitteln und Einüben von Wissensinhalten, beispielsweise über Betriebssysteme von Rechnern,
- Konfiguration von technischen Systemen, etwa von Datenverarbeitungsanlagen,
- Beratung beispielsweise im Rechtswesen (Steuerrecht, Schadenersatzforderungen) sowie für Wirtschafts- und Finanzfragen (Investmentberatung, Steuererklärung, Rohstoffmarktberatung),
- Beweisen von Sätzen in axiomatisierbaren Wissenschaftsbereichen.

Die ersten Expertensysteme haben schon den Schritt in den industriellen Einsatz, losgelöst von ihren Entwicklungen, vollzogen. Beispiele für erfolgreiche Expertensysteme im technischen Bereich haben wir in Tabelle 1 dargestellt /2, 1, 5/.

### 4. Expertensysteme im technischen Verkauf

Der Kundendienst im technischen Bereich gehört zu jenen Aufgaben, welche sich besonders gut für den Einsatz von Experten-

systemen eignen. Insbesondere trifft dies dann zu, wenn es sich um kundenindividuelle Investitionsgüter handelt.

Als Beispiel sei hier ein Expertensystem eines Kranbauunternehmens gewählt, das bereits ab dem ersten Kundengespräch verwendet wird.

ler Neuspezifikation ist das Expertensystem bereits in der Lage, eine Kalkulation vorzunehmen, was man aber nicht in Anwesenheit des Kunden tut.

Vorteilhafter ist es, die Kalkulation anhand der eingespeicherten Daten in einer stillen Stunde vorzunehmen. Das Expertensy-

Problembereich	Expertensystem	Unternehmen
Material- und Verfahrensauswahl	Auswahl von Isoliermaterialien und -verfahren	ICI
	Auswahl von Konstruktionsmethoden	British Aerospace
	RoboterAuswahl	Crawfield Inst.
	Herbizidauswahl	British Gas
Anwendungsplanung und -beratung	Pflanzenschutzmittel	ICI
	Sprengstoffbemessung	Dynamit Nobel
	Mauertrockenlegung	Building Research
	Datenübertragungsdienste	SCS-Deutschland
Konfiguration	Aufzüge	Westinghouse
	Computeranlagen	DEC, Siemens, ICL, NCR
Diagnose, Fehlerbehandlung, Fehlerprognose	Magnetbandstationen	DEC
	Softwarefehler	DEC, Hewlett Packard
	Elektron. Schaltungen	Fairchild, ITT
	Telefonsysteme, Daten-netzwerke	GTE, DEC, Bell
	Lokomotiven	GE
	Korrosionsprognose	ICI

Tab. 1: Erfolgreiche Expertensysteme

Typische Industriekräne sind nach Kundenbedürfnissen maßgeschneidert, jedoch relativ gleichartig aufgebaut. Beim ersten technischen Kundengespräch werden mittels des Expertensystems die wesentlichen Anforderungen vom Kunden erfragt und in das System eingegeben. Dies wären etwa: notwendige Traglast, Hubhöhe, horizontale Förderstrecken, Geschwindigkeit und dergleichen. Ebenso können Besonderheiten der Umgebungsbedingungen, wie Temperatur, Feuchtigkeit oder das Vorhandensein von explosiven Dämpfen, ermittelt werden. Das Expertensystem erstellt sofort eine Rohspezifikation der Krananlagen, welche die notwendigen Einzelteile wie Motoren, Getriebe, Kupplungen etc. in der richtigen Dimension enthält, sowie die längenvariablen Teile wie Horizontal-, Vertikalträger und Kabel richtig bemißt. Daraus wird sofort ein Anforderungsprofil für die Einsatzumgebung erstellt, welches am besten an Ort und Stelle mit dem Kunden durchgegangen wird: Sind ausreichende Stromanschlüsse vorhanden? Müssen eigene Fundamente errichtet werden? Ist der Platzbedarf vorhanden?

Nach Klärung dieser Fragen und eventuel-

stem kann dann momentane wirtschaftliche Verhältnisse, wie Auftragsstand, voraussichtliche Beschaffungszeiten für die jeweiligen Teile — aber auch das voraussichtliche Verhalten der Mitbewerber, berücksichtigt werden.

Das Expertensystem hat nun alle Informationen, um ein unterschriftsreifes Angebot auszudrucken, sowie eine interne Projektbeschreibung mit den wichtigsten Kennzahlen, wie z.B. Deckungsbeitrag und Personalbedarf.

Bis hierher hat unser Verkäufer viel weniger Zeit aufwenden müssen als sein Mitbewerber ohne Expertensystem, um ein Angebot zu erstellen. In den meisten Fällen wird er sich Rückfragen beim Kunden, aber auch beim Konstrukteur ersparen können — und damit auch die dazu notwendige Terminkoordination. Auch ist der Verkäufer viel früher mit seinem Angebot fertig. Das Expertensystem nimmt ihm anstrengende Kleinarbeit ab, so daß er sich auf wesentliche Dinge wie Preisbildung, Mitbewerber- und Kundenverhalten konzentrieren kann.

Was tut der Verkäufer nun mit der freigewordenen Zeit? Er kann wesentlich mehr Kundenkontakte abwickeln, seine Ausbildung



verbessern sowie bessere Mitbewerberinformationen einholen.

Hat der Kunde den Auftrag erteilt (was ja nur bei einem Bruchteil der gelegten Angebote geschieht), so können von der technischen Abteilung die wesentlichen kundenspezifischen Daten übernommen werden, wobei automatisch Stücklisten für die Beschaffung und Arbeitspläne erstellt werden können. Existiert ein CAD-System, so können die Daten dorthin übernommen werden, was dem Konstrukteur viel Arbeit erspart. Ähnlich aufgebaute Expertensysteme kann man auch für Telefonanlagen, Förderbänder, Aufzüge, Klimaanlage oder dergleichen erstellen.

Der englische Fachbegriff für derartige Systeme heißt je nach Schwerpunkt »technical selling assistant« oder »technical design assistant« [6, 7].

## 5. Wie führt man Expertensysteme ein?

Die Erstellung und Einführung von Expertensystemen erfordert eine sorgfältige Planung und umsichtige Vorgehensweise. Nur so kann gewährleistet werden, daß der Investitionsaufwand bereits nach spätestens zwei Jahren durch entsprechenden wirtschaftlichen Nutzen kompensiert wird.

Da es sich um eine relativ junge Technologie handelt, kommt dem Know-how-Transfer eine besondere Rolle zu. Will man als Unternehmen selbst Expertensysteme erstellen, so braucht man für den Aufbau des Grundwissens ca. 1 — 2 Jahre mit einem Aufwand von 3 — 5 Mannjahren, vorausgesetzt, daß bereits fundierte EDV-Kenntnisse vorhanden sind. Dieses Grundwissen umfaßt die verschiedenen Wissensrepräsentationsformen, Knowledge Engineering-Techniken, organisatorische Einsatzbedingungen, den vorhandenen Markt an Entwicklungssoftware sowie das Erlernen spezieller Softwaresysteme.

Selbst dann fehlt noch die nötige Erfahrung, um Projekte auch erfolgreich durchführen zu können. Die Erfahrung hat hier gezeigt, daß fast alle Unternehmen mit ihrem ersten Projekt scheitern, welches sie selbstständig durchführen wollen.

Wesentlich effizienter ist es, von Anfang an einen Berater beizuziehen. Ein Berater spart hier erfahrungsgemäß die Hälfte von Zeit, Kosten und Risiko. Dieser wird dann meist folgende Vorgangsweise vorschlagen:

- Im ersten Schritt sollen die betroffenen Führungskräfte und Mitarbeiter über die grundsätzlichen Möglichkeiten von Expertensystemen informiert werden.
- Hat man die Vorteile und Nachteile erkannt, so kann der Berater gemeinsam mit dem Unternehmen einen Katalog der möglichen Anwendungen erstellen. Diese Anwendungen werden nach den entscheidenden Kriterien wie Wirtschaftlichkeit, Durchführbarkeit, Kosten, Dauer und Risiko beschrieben und geordnet.
- Nun gilt es, eine geeignete Strategie für die zukünftige Vorgehensweise zu fin-

den. Als erstes Projekt wird man eher eines aussuchen, welches rasch verwirklicht werden kann und dessen wirtschaftlicher Erfolg unumstritten ist. Auch sollte es sich um ein eher kleines und weniger komplexes Projekt handeln, um das Risiko zu minimieren.

- In einer genaueren Projektplanung wird nun auch die Arbeitsteilung zwischen Beratungsunternehmen und einigen Mitarbeitern festgelegt. Die Verfügbarkeit aller notwendigen Ressourcen muß ebenfalls gewährleistet sein, dazu gehört vor allem, daß der Experte motiviert ist und auch genügend Zeit hat. Der Experte steuert erfahrungsgemäß 25 — 50% des Personalaufwandes bei.
- Als nächsten Schritt wird man mittels geeigneter Software einen Prototyp erstellen. Dieser Prototyp läßt erkennen, ob man für die Darstellung des Problems die richtigen Methoden gewählt hat und ob Fakten und Regeln den gewünschten Problemlösungseffekt bewirken. Ebenso läßt sich anhand des probeweisen Einsatzes bei den künftigen Benutzern feststellen, ob der Dialog des Expertensystems genügend verständlich ist.
- Mit den Erfahrungen und Verbesserungsvorschlägen, die sich aus dem Prototypen ergeben, kann man nun beginnen, das Echtsystem zu entwickeln. Dieses wird in der Regel das Problemgebiet vollständig abdecken und auch in bestehende EDV-Systeme (z.B. Kundendatenbank, Lagerverwaltung, CAD) integriert sein.

Die obige Vorgangsweise gewährleistet einen zügigen Projektfortschritt mit minimalem Risiko, da man zu Beginn die Investitionen gering hält und erst bei Erfolg eines Projektschrittes fortsetzt.

## 6. Software für Expertensysteme

Der Softwaremarkt für Expertensysteme ist dadurch gekennzeichnet, daß so gut wie keine fertigen Expertensysteme im freien Handel erhältlich sind. Dank der Förderungspolitik vor allem der britischen Regierung gibt es jedoch sehr gute Entwicklungssysteme — sogenannte Expert System Shells — für die gängigsten Computersysteme.

Expert System Shells sind leere Expertensysteme, welche nur mehr mit dem Wissen des Fachmannes in Form von Regeln und Faktoren ergänzt werden müssen. Alle anderen Komponenten eines Expertensystems sind in Shells auf sehr ausgereifte Art bereits vorhanden.

Eines der am weitesten verbreiteten Entwicklungssysteme ist SAVOIR [4]. SAVOIR wurde Ende 1984 vom Chemiekonzern ICI in Zusammenarbeit mit einem britischen Softwarehaus fertiggestellt, und wird von über 270 Unternehmen — darunter ICI, Shering, British Aerospace, Dynamit Nobel, Thorn Emi, British Telecom, Unilever, Philips, Wang, American Express, Shell und

IBM — eingesetzt.

SAVOIR besteht aus zwei Programmpaketen — dem Entwicklungssystem und dem Laufzeitsystem. Das Entwicklungssystem dient dazu, die Entscheidungsregeln in maschinenlesbare Form zu bringen und daraus eine Wissensbasis zu formen. Das Laufzeitsystem kann dann diese Wissensbasis interpretieren und selbständig im Dialog mit dem Benutzer eine Beratungssitzung durchführen.

**Expertensysteme können das logische Denkvermögen des Menschen nachbilden. Was Geschwindigkeit und Genauigkeit anbelangt, sind sie dem Menschen sogar überlegen.**

Für die Erstellung der Wissensbasis steht eine große Auswahl an Regel- und Variablentypen zur Verfügung, die eine problemadäquate Umsetzung des Wissens ermöglichen. Bei den Variablen werden nicht nur die üblichen Typen wie Zahlen, Bedingungen und Zeichenketten unterstützt, sondern auch Wahrscheinlichkeiten. Das Besondere an der internen Darstellung von Variablen ist, daß das System auch unbekannte Werte toleriert. Bei Wahrscheinlichkeiten und Zahlen können ohne zusätzliche Spezifikation auch Wertebereiche anstelle von exakten Werten verarbeitet werden.

Die Zusammenhänge zwischen den Variablen werden mittels Regeln dargestellt, welche neben den üblichen logischen und arithmetischen Operatoren auch Wahrscheinlichkeitstheoretische und sogenannte unscharfe Logik-Operatoren enthalten können. Letztere dienen dazu, um aus ungewissen oder vagen Daten Schlußfolgerungen zu ziehen.

Die maximale Anzahl solcher Regeln pro Wissensbasis beträgt bei SAVOIR 2.250 auf einem IBM Personal Computer. Verwendet man eine Digital VAX, so bringt man 5.000 Regeln unter, was sich noch auf 10.000 bei einem IBM-Großrechner steigern läßt. Zur Anzahl an Regeln ist zu bemerken, daß brauchbare Expertensysteme aus ungefähr 500 bis 2.000 Regeln bestehen. Für die Entwicklung solcher Systeme ist mit einem Personalaufwand von 0,5 bis 3 Mannjahren zu rechnen. Dank ausgereifter Entwicklungssysteme ist der Aufwand heute so niedrig — vor fünf Jahren hat die Erstellung von Expertensystemen noch 10 mal so lange gedauert.

## 7. Zusammenfassung

Die Anwendungsmöglichkeiten und Formen von Expertensystemen sind vielfältig. Die verwendete Technologie hat sich bereits im harten kommerziellen Alltag bewährt und viele Unternehmen haben die Bedeutung für ihre Organisation erkannt. Wissen ist Macht. Eine Technologie, die es uns erlaubt, mit Wissen umzugehen, wird daher immer mehr unter dem Blickwinkel von möglichen Wettbewerbsvorteilen zu sehen sein.



## Literatur:

- [1] AI-Management, Referenzliste SAVOIR, Februar 1986.
- [2] BUCHANAN, B.G.: Expert Systems: working systems and the research literature, in: Expert Systems (1986), Vol. 3 No. 1, S. 32 — 51.
- [3] HOFMANN, J.: Entwicklungen im Bereich der Expertensysteme im Hause Siemens AG, Siemens AG München, 1986.
- [4] ISI Ltd.: The SAVOIR Expert System Package — Users Manual, Version 1.3, ISI Limited, Nov. 1985.
- [5] POGSON, J.B.; BROWN, C.M.: SAVOIR — Current practical Applications of an Expert System Package, in: Proc. of AI-Europe Conference, 24. — 26. Sept. 1985, Wiesbaden.
- [6] ROGERS, M.A.M.: Expert Systems as an Aid for technical selling, Proc. OR-Conference, Durham, Sept. 1985.
- [7] ROGERS, M.A.M.: Industrial Applications of Expert Systems in ICI, (in Druck).
- [8] SCHACHTER-RADIG, M.-J.: Neue Ansätze der Software-Technologie, in: State of the Art, 1/86, S. 17 — 25.
- [9] SCHIEFERLE, D.: Der praktische Einsatz in der Industrie, in: State of the Art, 1/86, S. 53 — 59.
- [10] Künstliche Intelligenz: Kollege Computer, in: Industriemagazin, Mai 1985, S. 16 — 26.

