

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

**Band:** 81 (1990)

**Heft:** 3

**Artikel:** Einführung in Expertensysteme

**Autor:** Kriz, Jiri

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-903070>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Einführung in Expertensysteme

Jiri Kriz

**Der Artikel führt in das Gebiet der Expertensysteme ein, das als ein Teilgebiet der angewandten Künstlichen Intelligenz umschrieben wird. Charakteristische Eigenschaften der Expertensysteme, ihre Anwendungsmöglichkeiten und ihre Grenzen werden aufgezeigt. Konzepte der Wissensrepräsentation, Techniken der Realisierung, symbolische Programmiersprachen und Expertensystem-Shells werden vorgestellt. Eine realistische Darstellung wird angestrebt.**

**L'article présente le domaine des systèmes experts en tant que partie de l'intelligence artificielle appliquée. Les propriétés caractéristiques de systèmes experts, les possibilités qu'ils offrent et leurs limites sont discutées. Un aperçu des principaux langages de programmation symbolique, concepts de la représentation des connaissances et techniques de réalisation sont fournis. Le but de l'article est une présentation réaliste du sujet.**

Als wissensbasierte Systeme bezeichnet man Computerprogramme, die Probleme aus einem enggefassten Fachgebiet *intelligent* lösen können, indem sie das Wissen des Gebiets speichern und daraus mittels logischer Schlussfolgerungen neues Wissen ableiten können. Unter Expertensystemen versteht man sehr leistungsfähige wissensbasierte Systeme, die Aufgaben lösen, welche üblicherweise von menschlichen Experten gelöst werden. Meistens werden jedoch die Begriffe Expertensysteme und wissensbasierte Systeme synonym verwendet. Beispiele von Expertensystemanwendungen sind Fehlerdiagnose von Geräten, Konfiguration von modularen Systemen, Überwachung und Reparatur von technischen Anlagen im Betrieb sowie Planung und Simulation von Herstellungsprozessen.

Die Bedeutung der Expertensysteme liegt in der expliziten Erfassung, transparenten Darstellung und computergestützten Nutzung des Expertenwissens. Aus dieser Möglichkeit ergeben sich vielfältige, weitreichende Konsequenzen (z.B. Konservierung und Duplizierung von Wissen). In Form von Engineering-Werkzeugen und Konsultationssystemen können Expertensysteme die Benutzer in ihrer Arbeit sinnvoll unterstützen, ihnen geistige Routinearbeiten abnehmen und die Produktivität und die Qualität erhöhen. Sie können auch als Teile von Echtzeitsystemen den Betrieb von Anlagen überwachen und dem Operator Erklärungen des Systemverhaltens bereitstellen und Ratschläge für Handlungen erteilen.

Die in der maschinellen Wissensverarbeitung entwickelten Techniken können auch in die konventionelle Softwareerstellung nutzbringend integriert werden. Dadurch werden neue, anspruchsvolle Gebiete für den Computereinsatz erschlossen und die bishe-

rigen Computerlösungen qualitativ aufgewertet. Die Technologie der Wissensverarbeitung sollte nicht als Ablösung der bisherigen Softwareentwicklung sondern als ihre Ergänzung gesehen werden.

Die Realisierung wissensbasierter Systeme ist anspruchsvoll und, obwohl sie auf einer konzeptionell höheren Stufe als diejenige der konventionellen Softwareentwicklung geschieht, ist sie doch mit ihr vergleichbar. Sie beinhaltet komplexe Modellier- und Programmieraufgaben und erfordert hohes Mass an Abstraktionsfähigkeit, gründliche Kenntnisse der Informatik und der Wissensverarbeitung gepaart mit seriöser und intensiver Programmierarbeit.

Ein erfolgreicher Einsatz von Expertensystemen hängt auch von einer realistischen Beurteilung ihrer Fähigkeiten ab. Expertensysteme können in sehr enggefassten Gebieten hohe Leistungen erbringen und dem Menschen sogar überlegen werden. Sie können aber in absehbarer Zukunft die menschliche Intelligenz in ihrer ganzen Breite der Kreativität, des Lernens, der Analogieschlüsse usw. nicht erreichen. Wenn man die Möglichkeiten und Grenzen der Expertensysteme richtig einschätzt, kann man sie bereits heute praktisch und wirtschaftlich nutzen.

## Expertensysteme als Anwendung der Künstlichen Intelligenz

Expertensysteme stellen ein anwendungsorientiertes Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz (KI) dar. Für ihr Verständnis ist es darum sinnvoll, sich auch mit der KI auseinanderzusetzen. Leider ist die KI selbst sehr breit gefasst und nur vage definiert [1]. Bereits der Begriff Künstliche Intelli-

### Adresse des Autors

Jiri Kriz, Dr. sc. math., Nosco AG, Querstrasse 4, 8304 Wallisellen

genz gibt Anlass zu vielen Fehleinschätzungen und Missverständnissen, die in unserer subjektiven Vorstellung der Intelligenz begründet sind. Obwohl andere Bezeichnungen für das Gebiet der KI vorgeschlagen wurden, hat sich der Begriff Künstliche Intelligenz – in guter Entsprechung zu «artificial intelligence» – etabliert. Versuche, KI explizit zu umschreiben, laufen etwa folgendermassen:

- KI möchte erreichen, dass der Computer Leistungen hervorbringt, welche dem Menschen intelligent erscheinen [2].
- KI befasst sich damit, wie Computer Probleme lösen könnten, welche die Menschen bis jetzt besser lösen [3].

Etwas Ordnung kann in das Gebiet der KI gebracht werden, wenn man es in zwei Hauptgebiete unterteilt:

- **Angewandte KI:** Sie befasst sich mit der Realisierung intelligenter Computersysteme ohne Rücksicht darauf, ob in ihnen die menschlichen Denk- und Lösungsvorgänge nachgebildet werden. Wichtig ist, dass Probleme effizient und für den menschlichen Beobachter intelligent gelöst werden. Wie sie gelöst werden, ist nebensächlich. Zur angewandten KI gehören neben den wissensbasierten Systemen auch die Verarbeitung (und das Verständnis) natürlicher Sprachen, die Bildverarbeitung (Computer Vision) und die Robotertechnologie.

- **Kognitive Psychologie:** Sie untersucht die menschliche Intelligenz und modelliert und simuliert sie im Computer. Vereinfacht gesagt, nicht das effiziente Erreichen eines Resultats ist wichtig, sondern der Lösungsweg, der demjenigen des Menschen entsprechen sollte.

Obwohl beide Teilgebiete in enger Wechselwirkung stehen und sich gegenseitig befruchten, ist für den Praktiker und für ein Wirtschaftsunternehmen doch nur die angewandte KI von direkter Bedeutung. Mit der KI befasst man sich, vor allem an einigen amerikanischen Universitäten, seit den fünfziger Jahren [4]. In den siebziger Jahren wurden bereits die ersten Expertensysteme realisiert. Einen eigentlichen Aufschwung erlebte die KI aber erst seit dem Beginn der achtziger Jahre mit der Ankündigung verschiedener grosser Forschungsprojekte; das bekannteste unter ihnen ist das japanische Projekt «Computer der 5. Gene-

ration», in dem intelligente Computer entwickelt werden sollen.

Die bisherigen Forschungsergebnisse sowie die praktischen Erfahrungen zeigen ganz deutlich, dass gegenwärtig keine allgemein intelligenten Maschinen gebaut werden können, sondern nur solche, die auf ein *sehr eingeschränktes Gebiet spezialisiert* sind. Auf diesem Grundprinzip basieren alle Expertensysteme, die über ein spezifisches Gebiet *möglichst tiefes Wissen* beinhalten.

## Eigenschaften von Expertensystemen

Eine naheliegende Interpretation des Begriffes Expertensystem besagt, dass es ein Computerprogramm ist, das bei der Problemlösung intellektuelle Fähigkeiten besitzt, die dem menschlichen Experten vergleichbar sind. Insbesondere sollte es in der Lage sein:

- das Wissen seines Fachgebietes zu beherrschen, dem Wissensfortschritt entsprechend laufend zu erweitern und es abrufbar bereitzuhalten
- Probleme aus seinem Fachgebiet intelligent zu lösen
- Lösungen verständlich zu erklären
- Erfahrungen zu sammeln, sie zu verallgemeinern und aus ihnen zu lernen, d.h. seinen Wissensstand entsprechend zu modifizieren
- eigene Grenzen wahrzunehmen, d.h. bei Problemen, die seine Fähigkeiten überschreiten, sinnvoll zu reagieren

Neben diesen erwünschten Eigenschaften sollte ein ideales Expertensystem keine der negativen Eigenschaften eines Fachmanns haben, wie Vergesslichkeit oder Fehlbarkeit! Solche idealen Expertensysteme gibt es selbstverständlich nicht und wird es auch in der nächsten Zukunft nicht geben. Expertensysteme verfügen nämlich über kein sogenanntes Alltagswissen (common sense), haben keinen «gesunden Menschenverstand» und auch keine eigene Wahrnehmung – alles Eigenschaften, auf die sich ein Fachmann stark abstützt.

In der Praxis kann man von Expertensystemen etwa die folgenden Fähigkeiten erwarten:

- Speicherung des Wissens eines sehr engen Fachgebiets in einer expliziten und verständlichen Form
- Lösung von Problemen aus (nur) diesem Fachgebiet

- einfache Erklärung der Lösung (z.B. durch Aufzeichnung des Lösungsweges)
- primitives Lernen aus Beispielen
- Möglichkeit des Lehrens, d.h. relativ einfache Änderbarkeit des Programms durch den Programmierer

Bereits diese Eigenschaften bedeuten einen wesentlichen Fortschritt in der Qualität der Computerlösungen. Heutige Expertensysteme können am besten als Partner des Menschen bei der Lösung komplexer Aufgaben eingesetzt werden: sie können die stereotypen intellektuellen Aufgaben übernehmen, während der Mensch sich auf Probleme konzentrieren kann, die seine Kreativität und allgemeine Intelligenz erfordern.

## Anwendungen von Expertensystemen

Expertensysteme können praktisch für alle Anwendungen eingesetzt werden, die ein enges und tiefes Fachwissen aufweisen. Das Wissen sollte am besten explizit vorhanden sein, z.B. in Form von Katalogen, Anleitungen und Manuals. Es ist auch möglich (aber sehr schwierig), formulierbares Erfahrungswissen direkt vom Fachmann zu extrahieren und zu formalisieren (knowledge acquisition). Intuitives Wissen genügt für eine Wissensrepräsentation nicht. Es muss prinzipiell bekannt sein, wie ein Fachmann das Problem löst, denn Expertensysteme erfinden keine neuen Lösungen.

Expertensysteme sollen dann nicht herangezogen werden, wenn es nicht nötig oder nicht möglich ist. Wenn ein klar definiertes System mit klassischen Softwarewerkzeugen zufriedenstellend realisiert werden kann, sollte es nach wie vor so gemacht werden. Ein System, von dem verlangt wird, dass es z.B. lernt und in natürlicher Sprache kommuniziert, kann man heute auch mit der Technologie der Expertensysteme nicht realisieren. Wie für andere Softwaresysteme gelten zudem auch für Expertensysteme die üblichen Kosten/Nutzen-Überlegungen.

Nachfolgend sind einige konkrete Anwendungsmöglichkeiten der Expertensysteme aufgeführt und mit Beispielen aus dem Gebiet der Schaltanlagen illustriert (s. Bild 1).

## Konfiguration eines Systems

Ein System wird aus vorgegebenen Modulen gemäss einer Spezifikation

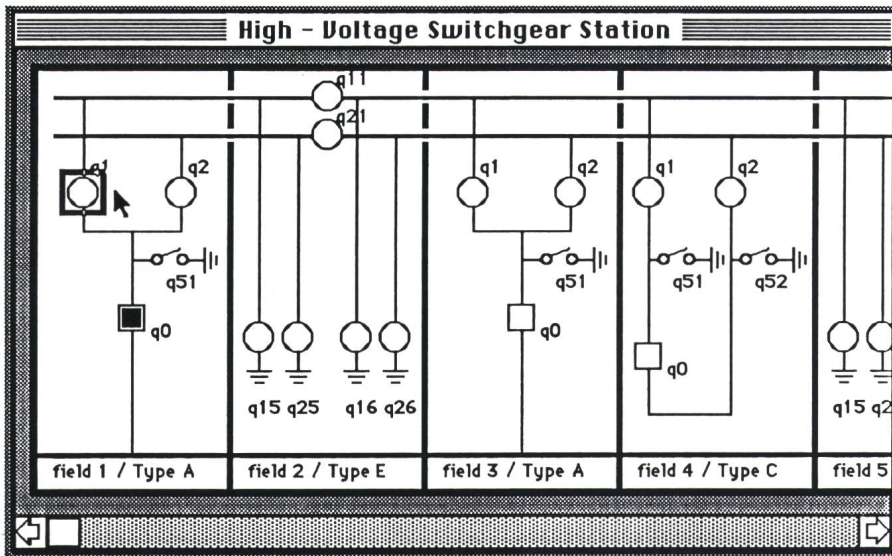


Bild 1 Expertensystem aus dem Gebiet der Schaltanlagen  
Benutzeroberfläche des Expertensystems

und unter Einhaltung von Randbedingungen zusammengestellt. Das Expertensystem kann die Benutzereingaben auf Konsistenz überprüfen und aus ihnen weitere Daten ableiten.

**Beispiele:** Konfiguration eines Schaltfeldes aus Schaltern; normierte Konfiguration einer Schaltanlage aus Schaltfelder-Typen; freie Konfiguration einer Schaltanlage aus Schaltern.

### Simulation eines Systems

Die Struktur und die Funktionalität eines Systems werden modelliert und analysiert. Im Unterschied zur numerischen Simulation stehen bei der wissensbasierten Simulation die symbolische Systemrepräsentation und die qualitativen Abhängigkeiten im Vordergrund. Zwei Fragestellungen sind besonders wichtig:

1. Wie ist der Einfluss der Systemparameter auf das Systemverhalten? Anwendung des Expertensystems für den Systementwurf.
2. Was ist der Grund für ein bestimmtes Verhalten? Anwendung des Expertensystems für die Fehlerdiagnose.

**Beispiele:** Was passiert, wenn ein Schalter geschlossen wird? Was führte zum Kurzschluss?

### Überwachung, Diagnose und Reparatur

Ein technisches System wird im Betrieb durch ein Expertensystem überwacht, indem es Messdaten laufend erfasst und auswertet. Die Auswertung geschieht numerisch und symbolisch.

Falls ein Defekt auftritt, so werden die Ursachen gesucht und Abhilfemaßnahmen vorgeschlagen. Solche Expertensysteme werden oft für die Unterstützung des Operators eingesetzt.

### Planung

Durch ein Expertensystem wird die (optimale) Reihenfolge von Aktionen ermittelt, die zum gewünschten Resultat führen.

**Beispiel:** In welcher Reihenfolge sollen die Schalter in einer Schaltanlage geschaltet werden, damit eine Leitung zugeschaltet wird.

## Aufbau von Expertensystemen

Unsere Auffassung eines Expertensystems ist durch die Vorstellung seiner Funktionalität geprägt, und diese hat, obwohl sie prinzipiell keine zwingenden Restriktionen auf seinen internen Aufbau auferlegt, doch gewisse Konsequenzen für die Realisierung. Da das Wissen sowohl einfach modifizierbar sein soll, als auch die einzelnen Sessionen mit dem Expertensystem überdauern muss, ist es vom Programm möglichst getrennt und in einer expliziten, externen Form zu speichern. Ähnlich wie die persistenten Daten eines konventionellen Programms in einer Datenbank gespeichert werden, wird das Wissen eines Expertensystems in einer Wissensbank abgelegt.

Ein Expertensystem besteht also aus mindestens zwei Teilen: einer Wissensbank und einem Programm [5, 6, 7]. In der Wissensbank wird das fachspezifische Wissen in Form von Fakten, Beziehungen und Ableitungsregeln explizit gespeichert. Das – idealerweise anwendungsunabhängige – Programm (sogenannte Lösungsmethode oder Inferenzmaschine) zieht Schlussfolgerungen aus der Wissensbank, und leitet mittels Regeln neue Fakten (Wissen) aus den gespeicherten Fakten ab, bis das gestellte Problem gelöst ist. Das Expertensystem kann nur solche Lösungen finden, die sich aus den gespeicherten Fakten und Ableitungsregeln herleiten lassen. Solche Lösungen können neu sein in dem Sinne, als sie dem Programmierer nicht im voraus bekannt waren (nur der Lösungsweg war bekannt). Ein Expertensystem erfindet aber keine neue Lösungswege.

Das Wissen wird oft in einer symbolischen, vom Benutzer direkt manipulierbaren Form repräsentiert. Es ist aber auch möglich, dass das Wissen in einer internen, kompilierten Form gespeichert und über Wissenseditoren dem Benutzer verfügbar gemacht wird. Die wichtigsten Formalismen der Wissenrepräsentation sind die mathematische Logik, Regeln und Frames (Objekte) [8].

### Mathematische Logik

Mathematische Logik spielt eine zentrale Rolle als die konzeptionelle Grundlage anderer Formalismen. Sie beschreibt die Welt durch Objekte, Relationen und Implikationen, und zwar in einer statischen, deklarativen und implementationsunabhängigen Art. Sie ist neuerdings auch praktisch in Form der Programmiersprache Prolog verfügbar (siehe unten). Prolog unterstützt sowohl die deklarative als auch die prozedurale Wissensrepräsentation.

### Regeln

Regeln (auch Produktionen genannt) beschreiben kausale Zusammenhänge zwischen Fakten und werden für die Modellierung von Ableitungen und Schlussfolgerungen verwendet. Das Beispiel gemäss Bild 2 demonstriert die Wissensrepräsentation in Regeln, wie sie in einem Diagnosesystem verwendet wird.

Solche Regeln können von der Inferenzmethode auf zwei Arten ausgewertet werden: Bei der Vorwärtssuche (for-

IF	Strom = nein
THEN	Display = dunkel
AND	Terminal = funktioniert_nicht.
IF	Kontrolllampe = leuchtet
THEN	Strom = ja.
IF	Kontrolllampe = leuchtet_nicht
AND	Kontrolllampe = ok
THEN	Strom = nein.
IF	Netzspannung = defekt
OR	Anschluss = defekt
THEN	Strom = nein.
IF	Stecker = defekt
OR	Sicherung = defekt
OR	Spannungseinstellung = defekt
THEN	Anschluss = defekt.

**Bild 2 Wissensrepräsentation in Regeln**  
Beispiel für Diagnosesystem

ward chaining) werden, ausgehend von bekannten Fakten (z.B. «Stecker = defekt»), mittels der Regeln neue Fakten abgeleitet, bis eine Lösung gefunden wird (z.B. «Display = dunkel»). Bei der *Rückwärtssuche* (backward chaining) wird das Problem (z.B. «Terminal = funktioniert nicht») mittels der Regeln auf immer einfachere Probleme reduziert, bis elementare Fakten die Teilprobleme lösen. Solche elementare Fakten können auch vom Benutzer abgefragt werden (z.B. Ist «Sicherung = defekt»?). Bei der vorliegenden Regelformulierung könnte man die Vorwärtssuche für kausale Simulation, die Rückwärtssuche für Fehlerdiagnose verwenden. Die Regeln könnten aber auch umgekehrt formuliert werden, womit sich der Verwendungszweck ändern würde.

**Frames**

Frames (Objekte) entsprechen Strukturen, in denen alle Eigenschaften eines Objektes sowie Beziehungen zu anderen Objekten gespeichert werden. Diese Darstellung führt zur objektorientierten Strukturierung der Wissensbank (Bild 3).

Frames können auch Prozeduren beinhalten, die automatisch ausgelöst werden, wenn am Frame manipuliert wird. Eine Prozedur ist eine Sequenz von Programmieranweisungen und spielt die Rolle einer Ableitungsregel.

Frames bilden meistens eine Hierarchie von Objekten, so dass Eigenschaften (und Prozeduren) von allgemeinen auf spezifische Objekte vererbt werden.

**Realisierung von Expertensystemen**

Für die Realisierung von KI-Anwendungen, darunter der Expertensysteme, wurden spezielle Programmiersprachen und Werkzeuge entwickelt, die die besonderen Aspekte dieser Sy-

einerseits konzeptuell weder notwendig noch hinreichend, um ein Expertensystem zu realisieren, da die Betrachtungsweise der angewandten KI die Implementierungsart offenlässt. Andererseits können sie durchaus für andere Softwareentwicklungen als Expertensysteme sinnvoll eingesetzt werden. Dazu gehört insbesondere die Verwendung für das Fast-Prototyping (siehe unten).

**Programmiersprachen**

KI-Programmiersprachen sind insbesondere für die Verarbeitung von Symbolen und abstrakten Datenstrukturen geeignet. Sie können aber selbstverständlich auch Zahlenoperationen ausführen. Sie unterstützen auf natürliche Weise die Repräsentation und Manipulation von Wissen. Regeln, Frames und andere Konzepte der Wissensrepräsentation können in KI-Sprachen direkt implementiert werden (Bilder 4 und 5).

KI-Sprachen sind interaktiv und interpretativ, und eignen sich somit für die schnelle Entwicklung von Prototypen, die bis zehnmal schneller als mit konventionellen Sprachen erfolgen kann (Fast-Prototyping). Die einfach änderbaren Prototypen können fortlaufend mit dem Anwender abgestimmt werden. Die Nachteile der KI-Sprachen sind der hohe Speicher- und Rechenzeitbedarf bei der Programmausführung (bis zehnmal und mehr langsamer als konventionelle Sprachen). Durch automatische Übersetzungen in maschinennahe Sprachen (Compilation) und durch spezielle Hardwarekomponenten werden diese Nachteile reduziert. KI-Sprachen sind universell und mächtig, ihre Benutzung erfordert aber eine gute Informatikausbildung.

**Expertensystem-Shells**

Eine Shell ist ein Expertensystem ohne das fachspezifische Wissen (ein leeres Expertensystem, d.h. Programm

Station_1:	
- Name:	...
- Spannung:	132_kV
- Felder:	[Feld_1, Feld_2, Feld_3, Feld_4]
- Sammelschienen:	2.
Feld_1:	
- Typ:	Feldtyp A
- links:	nichts
- rechts:	Feld_2
- Schalter (q0):	geschlossen
- Schalter (q1):	offen
- Schalter (q2):	offen
- Schalter (q51):	offen.
Feldtyp_A:	
- Schalter_Pos (q0):	[13,45]
- Schalter_Pos (q1):	[9,22]
...	
- Bedingung:	pruefe A (Schalter, Operation).

**Bild 3 Beispiel einer Frame-Repräsentation**

steme unterstützen und die Entwicklungsarbeit erleichtern. Zu ihnen gehören insbesondere die Programmiersprachen Lisp [9] und Prolog [10], verschiedene Expertensystem-Shells und Programmierumgebungen. Die Rolle dieser Implementierungswerkzeuge wird leider oft missverstanden. So sind sie

(SETQ Station 1	'(Name	XY)
	(Spannung	132kV)
	(Felder	(Feld1 Feld2 Feld3 Feld4))
	(Sammelschienen	2)))
Frage: (ASSOC 'Spannung Station1)		Antwort: (Spannung 132kV)

**Bild 4 Beispiel eines Lisp-Programms**

und leere Wissensbank). Sie unterstützt die Repräsentation von Wissen direkt auf der höheren Stufe der Regeln oder Frames. Shells sind für den Knowledge-Engineer gedacht, der theoretisch keine tiefen Informatikkenntnisse besitzen müsste, sondern eher allgemeine Methoden der Wissensrepräsentation beherrschen und das jeweilige Anwendungsgebiet überblicken sollte.

Die auf dem Markt erhältlichen Shells können grob in zwei Klassen unterteilt werden:

- Einfache, billige Shells, die meistens auf einem Personal Computer verfügbar sind und eine eingeschränkte Wissensrepräsentation (z.B. nur Regeln)

/\* Fakten \*/

leitung(lt1, zuerich, bern).  
 leitung(lt2, zuerich, basel).  
 leitung(lt3, bern, lausanne).  
 leitung(lt4, lausanne, genf).

/\* Regeln: Verbindung \*/

verbunden([L], X, Y):-  
 leitung(L, X, Y).  
 verbunden([L|Ls], X, Y):-  
 leitung(L, X, Z),  
 verbunden(Ls, Z, Y).

/\* Symmetrische Verbindung \*/

verbunden2(L, X, Y):-  
 verbunden(L, X, Y).  
 verbunden2(L, X, Y):-  
 verbunden(L, Y, X).

/\* Frage \*/

?- verbunden2(L, zuerich, genf)  
 → L = [lt1, lt3, lt4]

**Bild 5** Beispiel eines Prolog-Programms

anbieten. Sie können als Einstiegssysteme und zur Entwicklung kleinerer Demonstrationssysteme verwendet werden.

- Mächtige, teure Shells, die vorwiegend auf einer Workstation oder einer KI-Maschine installiert werden und

mehrere Möglichkeiten der Wissensrepräsentation, sowie Schnittstellen zu anderen Programmiersprachen und Datenbanken bereitstellen. Sie sind für realistische Anwendungen gedacht. Probleme in der Benützung treten durch die Komplexität und oft ungenügende Effizienz (sind u.a. langsam und haben grossen Speicherbedarf) und Robustheit in der Benützung auf.

Ein Problem kann mit einer Shell nicht gelöst werden, wenn sich das Wissen nicht im bereitgestellten Formalismus darstellen lässt. Bei realen Expertensystemen zeigt sich auch, dass nur ein Teil des ganzen Systems (etwa ein Drittel) die eigentlichen logischen, intellektuellen Aufgaben ausführt, während der überwiegende Teil die Interaktion mit dem Benutzer, den Anschluss an Datenbanken, Kommunikation zu physikalischen Prozessen usw., bewerkstelligen muss. Es ist also wichtig, dass die KI-Software in die konventionelle Datenverarbeitung integrierbar ist. Eine immer wichtigere Rolle spielen darum offene Programmierumgebungen, die eine KI-Sprache als eine Komponente anbieten.

## Zusammenfassung

Expertensysteme können Probleme in sehr eng abgegrenzten Gebieten *intelligent* lösen. Sie können grosse Mengen fachspezifisches Wissen speichern. Das Wissen wird explizit dargestellt und ist somit der Inspektion und Verbesserung zugänglich. Es ist relativ einfach modifizierbar und erweiterbar. Das Expertensystem kann seinen Lösungsprozess und die gefundene Lösung dem Benutzer erklären. Es kann aber gegenwärtig nicht oder nur auf eine sehr primitive Art lernen und hat auch kein Alltagswissen.

Expertensysteme können Fachleute sinnvoll unterstützen und sie von Routinearbeiten entlasten. Sie ermöglichen die Konservierung und Duplizierung von Wissen. Sie können unter ungün-

stigen Betriebsbedingungen («im Feld») eingesetzt werden. Ihre Lösungen sind normiert und reproduzierbar.

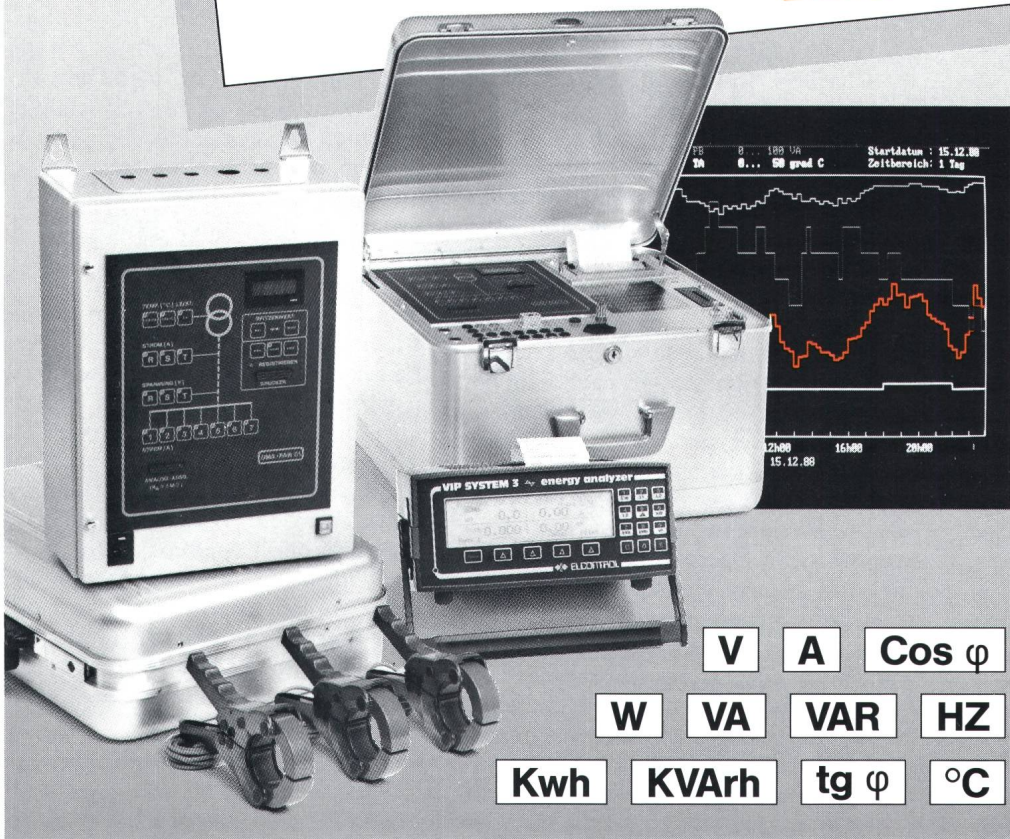
Die KI-Technik erlaubt es bereits heute, sehr schnell (Aufwand etwa 3 bis 6 Mannmonate) funktionsfähige Prototypen zu realisieren. Der Schritt zu einem praktisch einsetzbaren und wirtschaftlich relevanten Expertensystem ist nachher noch gross (einige Mannjahre); er ist mit jenem anderer Softwareentwicklungen vergleichbar.

Die Techniken der Expertensysteme werden die konventionelle Datenverarbeitung nicht verdrängen, sondern sie ergänzen und befruchten. Durch die Verarbeitung von Wissen werden dem Computer neue Gebiete erschlossen, die bis jetzt nur von Menschen bearbeitet wurden. Die wirtschaftliche Bedeutung der Expertensysteme wird in den nächsten Jahren weiter wachsen. In einigen Jahrzehnten wird die Wissensverarbeitung zur ähnlichen Selbstverständlichkeit werden, wie heute die Datenverarbeitung ist.

## Literatur

- [1] Artificial intelligence. Special issue. Byte 10(1985)4, p. 126...315.
- [2] P. H. Winston: Artificial intelligence. Second edition. Reading/Massachusetts a. o., Addison-Wesley, 1984.
- [3] E. Rich: Artificial intelligence. New York a. o., McGraw-Hill, 1983.
- [4] E. Rich: The gradual expansion of artificial intelligence. IEEE Computer Magazine 17(1984)5, p. 4...12.
- [5] W. B. Gevarter: Expert systems: limited but powerful. IEEE Spectrum 20(1983)8, p. 39...45.
- [6] N. P. Harmon and D. R. King: Expert systems: Artificial intelligence in business. New York, John Wiley, 1985.
- [7] F. Hayes-Roth, D. A. Waterman and D. B. Lenat: Building expert systems. Reading/Massachusetts a. o., Addison-Wesley, 1983.
- [8] Knowledge representation. Special issue. IEEE Computer 16(1983)10.
- [9] P. H. Winston and B. K. P. Horn: Lisp. Third edition. Reading/Massachusetts a. o., Addison-Wesley, 1989.
- [10] W. F. Clocksin and C. S. Mellish: Programming in Prolog. Third edition, Berlin a. o., Springer-Verlag, 1987.

# Matter Netzdaten - Erfassungs- und Auswertesysteme



**Suchen Sie ein Kompaktsystem für bis zu 61 Messgrößen**

- für Einbau oder Feldeinsatz
- für Messung auch in Mini-Stationen

**Wünschen Sie**

- Momentan-, Mittel-, Min- oder Max-Werte auf Display
- Alarmausgänge
- Oberwellenanalyse
- Datenausgabe auf Drucker
- Grafische Registrierung
- Auswertung auf PC
- Unterbrucherfassung ab 1 ms

Verlangen Sie unsere Unterlagen

**Ulrich Matter AG**

Elektr. Mess- und Regeltechnik  
5610 Wohlen  
Telefon 057/22 72 55  
Telefax 057/22 72 87

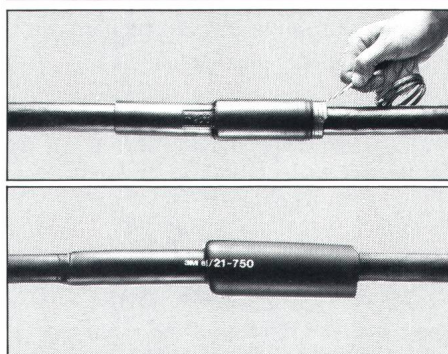
# Kalt- oder warmschrumpfen: «Hier ist 3M-Qualität

## gefragt!»

3M-Produkte sind führend für beide Schrumpfsysteme. Das 3M-Sortiment garantiert für jedes Problem eine sichere, schnelle und damit wirtschaftliche Lösung.

Fordern Sie die aufschlussreiche Dokumentation an.

Unsere Erfahrung ist Ihr Vorteil.



3M (Schweiz) AG  
Abt. Elektroprodukte  
8803 Rüschlikon  
Tel. 01/724 93 51

# 3M

da stimmen Qualität, Produkt und Preis