

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	80 (1989)
Heft:	3
Artikel:	KEN : eine Expertensystemumgebung für die Konfiguration technischer Systeme
Autor:	Vitins, M.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-903630

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

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

KEN – eine Expertensystemumgebung für die Konfiguration technischer Systeme

M. Vitins

Die Konfiguration technischer Systeme ist ein wichtiger Anwendungsbereich für Expertensysteme. Diese können das Wissen über ein Produkt einem Verkäufer oder Projektarbeiter zu einem beliebigen Zeitpunkt und in hoher Qualität vermitteln. KEN (Knowledge Environment) ist ein System, das unter anderem die Entwicklung von Expertensystemen für Konfigurationsaufgaben unterstützt und so den Arbeitsaufwand erheblich verkleinert.

La configuration des systèmes techniques est un important domaine d'application pour les systèmes experts, étant donné que ceux-là peuvent donner à un vendeur ou à un responsable de projet les connaissances sur un produit à n'importe quel moment et à un haut niveau qualitatif. KEN (Knowledge Environment) est un système qui soutient notamment le développement de systèmes experts pour des tâches de configuration et réduisent ainsi la dépense de travail de manière considérable.

Adresse des Autors

Dr. Michael Vitins, ABB CADE AG,
5403 Baden-Brisig.

Die Konfiguration eines technischen Systems verlangt Vertrauen und Verständnis zwischen Kunde und Hersteller, denn diese Phase entscheidet über den Erfolg des später im Einsatz stehenden Systems. Die Verschiedenheit der Erfahrungswelten von Kunde und Hersteller führt zu fruchtbaren Diskussionen und Einsichten. Der Kunde spezifiziert das *Problem* aus technischer Sicht und legt die gewünschten Funktionen des technischen Systems fest, während der Hersteller eine *Lösung* erarbeitet, die der vorgegebenen Spezifikation genügt. Er wird bestrebt sein, eine möglichst kostengünstige Lösung aus einem Satz von vorgegebenen oder mit abschätzbarem Aufwand noch zu entwickelnden Komponenten zu konfigurieren, um sowohl den *Preis* als auch die *Lieferzeiten* zu halten. Ein Expertensystem zur Konfiguration technischer Anlagen muss Wissen über beide Welten berücksichtigen, d.h. Wissen über die Technik im Anwendungsgebiet des Kunden und Wissen über die Lösungskomponenten des Herstellers. Glücklicherweise liegt dieses zweifache Wissen in vielen praktischen Anwendungsfällen – weitgehend sogar schriftlich – vor. Im Verkauf und in der Projektierung werden heute in der Regel Anweisungshandbücher und von Hand auszufüllende Konfigurationsunterlagen verwendet, mit denen die einzusetzenden Komponenten aus den Kundenanforderungen ermittelt werden können.

Die Verwendung von schriftlichen Unterlagen ist nun aber mit Problemen behaftet: Da das Produktsortiment im Laufe der Zeit Wandlungen unterworfen ist, müssen die Unterlagen in vielen Fällen mit grossem Arbeitsaufwand nachgeführt werden. Hinzu kommt noch die Tatsache, dass die im Aussendienst tätigen Mitarbeiter oft gezwungen sind, anhand stark vereinfachter Versionen der Konfigurationsunterlagen und häufig unter Zeitdruck

einem Kunden eine Offerte mit Preisangaben zu präsentieren. Bei grösseren Abweichungen zwischen dieser Offerte und den tatsächlich anfallenden Aufwendungen ist nicht auszuschliessen, dass eine zu tief veranschlagte Offerte zu einem nicht kostendeckenden Verkauf oder eine zu hoch angesetzte zum Verlust des Auftrages führt. Unter Umständen kann diese Offerte zum Verkauf eines Systems führen, das gar nicht realisierbar ist oder das nicht mit einem vertretbaren Entwicklungsaufwand termingerecht geliefert werden kann.

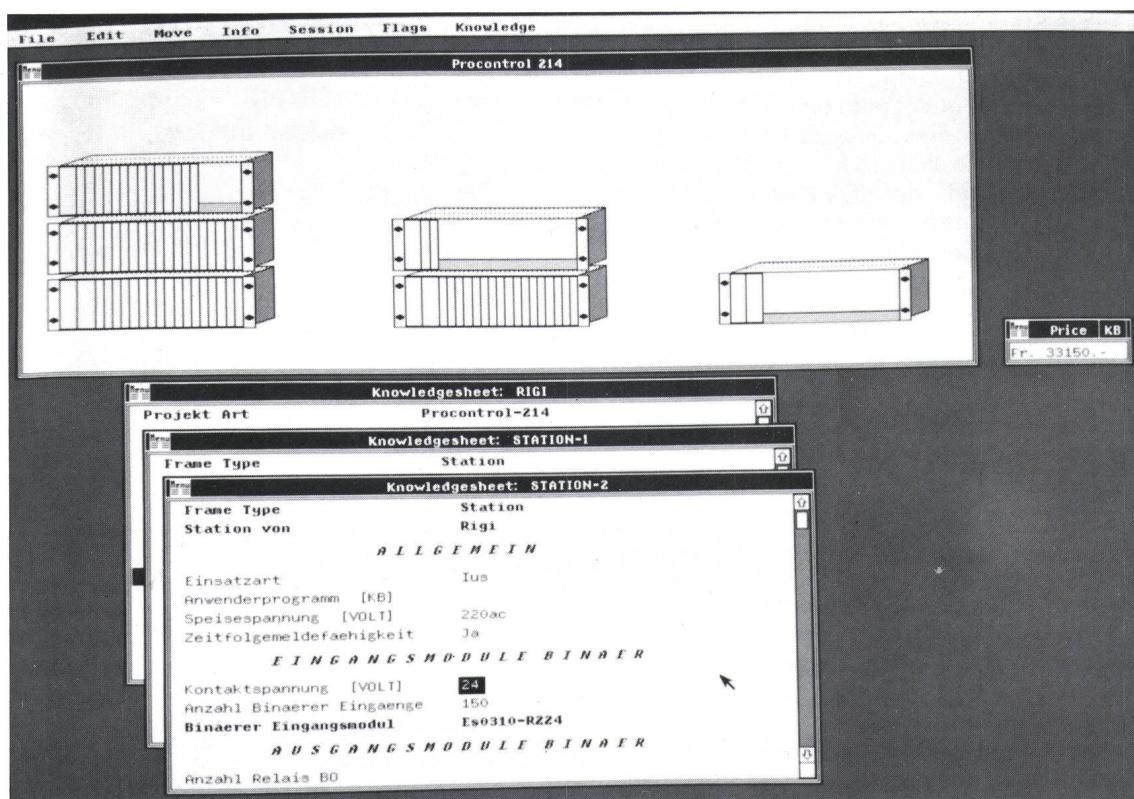
Expertensysteme sind in der Lage, derartige Probleme zu lösen. Ihre Aufgabe ist:

- dem Verkäufer oder Projektbearbeiter nur Lösungen vorzuschlagen, die realisierbar lieferbar sind,
- einen Überblick über Preise und Lieferfristen zu geben,
- allen Benutzern den gleichen Wissensumfang zur Verfügung zu stellen sowie
- die Menge aller Varianten sinnvoll einzuschränken und damit der Fertigung einem höheren Vorbereitungsgrad zuzugestehen.

Im Forschungszentrum der Asea Brown Boveri in Baden/Dättwil wurde die Entwicklungsumgebung KEN (Knowledge Environment) entwickelt, die den Bau von Expertensystemen zur Konfiguration technischer Anlagen in besonders hohem Masse unterstützt. Nachdem sich KEN in den letzten Jahren für eine ganze Reihe von industriellen Anwendungen bewährt hat, wurde es durch den ABB-Teilbereich Technische Informationssysteme ins Verkaufsprogramm aufgenommen.

In diesem Artikel werden einige ausgewählte Grundkonzepte der künstlichen Intelligenz erläutert und ihre Auswirkungen auf den Einsatz von Expertensystemen beschrieben.

Figur 1
Konfiguration eines Kleinleitsystems mittels KEN



Dialog mit einem wissensbasierten Konfigurator

Die Figur 1 zeigt ein Beispiel einer KEN-Expertensystemanwendung, welche Kleinleitsysteme zu konfigurieren erlaubt. Im unteren Teil des Bildschirms erscheint in tabellarischer Form ein Eingabeschema, in dem der Benutzer kundenspezifische Eingaben ablegen kann. Im oberen Teil des Bildschirms wird der aktuelle Zustand der Konfiguration, d.h. die im Moment gültige Lösung, welche die bisher eingegebenen Spezifikationen erfüllt, vom Expertensystem direkt, d.h. ohne äußere Eingriffe, grafisch dargestellt. Ändert der Benutzer die Eingaben in den Eingabemasken, so führt das Expertensystem augenblicklich die angebotene Lösung nach und passt die grafische Darstellung des konfigurierten Systems entsprechend an. Das Expertensystem unterstützt auf diese Weise

das Studium von *Varianten*. Es werden sowohl die lokalen Änderungen in der Konfiguration vom Expertensystem verwaltet, als auch der aktuelle Zustand des Gesamtresultats dem Benutzer sichtbar gemacht. Die auf dem Bildschirm erzeugte grafische Darstellung kann zu Dokumentationszwecken auf Papier gebracht werden und als Grundlage für ein Gespräch zwischen dem Verkäufer und dem Kunden verwendet werden.

Das Endergebnis der Konfiguration enthält eine vollständige *Stückliste*, die an die nachgeschalteten Stellen weitergeleitet wird. Sind die Komponenten des konfigurierten Systems vollständig ab Lager verfügbar, so kann die Stückliste an die Disposition weitergeleitet werden. Sie können aber auch direkt an die Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme (PPS) weitergereicht und dort automatisch verarbeitet werden. Muss noch eine CAD-Engineeringleistung erbracht werden, so

kann die Stückliste direkt dem CAD-System eingegeben werden, im Falle von elektrotechnischen Anwendungen, z.B. dem CAD-Paket DDS-C, in dem der Detailentwurf vorgenommen wird.

Wissensdarstellung mittels Frames und Dämonen

Die wesentliche Einsicht, die zum Begriff des Expertensystems führt, ist die Feststellung, dass Expertenwissen explizit, d.h. aus dem Programm herausdestilliert, dargestellt und gepflegt werden kann. Damit ist die Frage aufgeworfen, wie denn dieses Wissen formuliert werden kann, und zwar so, dass es vom Mensch und Rechner verstanden wird. Im folgenden soll auf eine für den Bereich der Konfiguration technischer Systeme sehr wichtige Wissensdarstellungsform eingegangen werden, nämlich auf die Darstellung durch *Frames* (Rahmen).

In KEN werden die Eingabemasken, die am Bildschirm erscheinen, aus Frames gebildet. Die Figur 2 zeigt ein Beispiel eines Frames mit Namen Aarberg, welches eine Kleinleitstation darstellt, wie sie sich etwa einem Verkäufer während der Konfiguration eines Leitsystems präsentieren könnte. Die erste Kolonne zeigt die Namen der verschiedenen Merkmale – im Fachjargon *Slots* genannt – von Aarberg. Rechts davon sind die *Values* (Werte) der jeweiligen Slots angegeben. So hat z.B. der Slot *Einsatzart* den Value *IUS*.

Ein Frame kann mit einem Schrank verglichen werden (Fig. 3), wobei das Frame dem ganzen Schrank inklusive Schubladen entspricht. Eine Schublade entspricht einem Slot. Die Namen der Slots entsprechen den Anschriften auf den Schubladen, wobei diese sinnvollerweise dem Betrachter einen Hinweis über die Art des Inhalts der Schublade geben sollten.

Ähnlich wie Gegenstände in einer Schublade können auch Informationen in einem Slot abgelegt werden. Im folgenden sei angenommen, dass die Schubladen eine ganz besondere interne Konstruktion aufweisen: sie seien alle durch Trennwände in verschiedene *Facets* unterteilt. Diese Facets seien ebenfalls gut lesbar angeschrieben. Eines der Facets soll speziell ausgezeichnet sein und dazu benutzt werden, um den eigentlichen Inhalt der Schublade aufzunehmen. Dieses besondere Facet beschriften wir mit *Values*. In unserem Beispiel stellt IUS den Inhalt dieses Facets im Slot *Einsatzart* dar. In einer Framedarstellung ist der Inhalt dieses Facets für den Betrachter stets gut sichtbar, ähnlich einer Schublade mit durchsichtigem Fenster neben der Anschrift, das den Inhalt der Schublade zeigt.

In den Schubladen gibt es – wie gesagt – neben dem Facet *Values* eine ganze Reihe von weiteren Facets, welche besondere Eigenschaften des Schubladeninhaltes charakterisieren. Diese Facets enthalten keine Gegenstände, sondern *Anweisungsnotizen*, die bei der Bedienung der betreffenden Schublade beachtet werden müssen. Typische Anweisungen, die in diesen Facets abgelegt werden, sind:

- Informationen über die Art der möglichen Gegenstände, die in der Schublade abgelegt werden dürfen,
- Hilfstexte, die Auskünfte über den Inhalt geben und

Figur 2
Frame zur
Darstellung einer
Kleinleitunterstation

Aarberg

Einsatzart	IUS
Speisespannung	60DC
Anzahl binaerer Eingaenge	23
Anzahl binaerer Ausgaenge	44
Anzahl analoger Eingaenge	20
Anzahl analoger Ausgaenge	10
Speisungsmodul	PS

- Anweisungen, die vor oder nach dem Ablegen eines Gegenstandes in der Schublade auszuführen sind.

In einem Garderobenschrank könnte, zum Beispiel, eine Anweisung mit dem folgenden Inhalt zu finden sein:

Bei der Entnahme eines grauen Anzuges aus der Schublade X soll aus der Schublade Y eine rote Krawatte und aus der Schublade Z ein weisses Hemd genommen werden.

oder

Bei der Ablage eines Hemdes in Schublade Z muss das Hemd ordentlich zusammengefaltet werden.

Im Falle des Frames *Aarberg* seien die in Tabelle I angegebenen technisch orientierten Facets angenommen.

Wird nun von einem Kunden eine Speisespannung von 60 Volt DC für Aarberg festgelegt, so muss gemäss der zweiten Anweisung der Speisungsmodul PS zum Einsatz kommen.

Im Falle von Schränken müssten die Anweisungen in einem Facet der Reihe nach von einem Menschen manuell ausgeführt werden. Im Falle von Frames werden keine Gegenstände direkt manipuliert, sondern lediglich Informationen abgeleitet. Das Expertensystem kann die Anweisungen selbstständig ausführen, und der Benutzer ist entlastet. Die Ausführung kann sogar unsichtbar für den Benutzer vollzogen werden, weshalb solche Anweisungen oft als *Dämonfunktionen* bezeichnet werden. Eine Dämonfunktion ist letztlich nichts anderes als eine *Regel*, die bei der Änderung von Werten in Slots automatisch ausgeführt wird. In diesem Aufsatz bezeichnen wir Dämonfunktionen und Regeln weiterhin schlicht als *Anweisungen*.

Das Programm, das die Facets zum jeweils richtigen Zeitpunkt liest und auswertet, nennt man *Inferenzmaschine* (Schlussfolgerungsmaschine). Die Inferenzmaschine hat selbst keinerlei

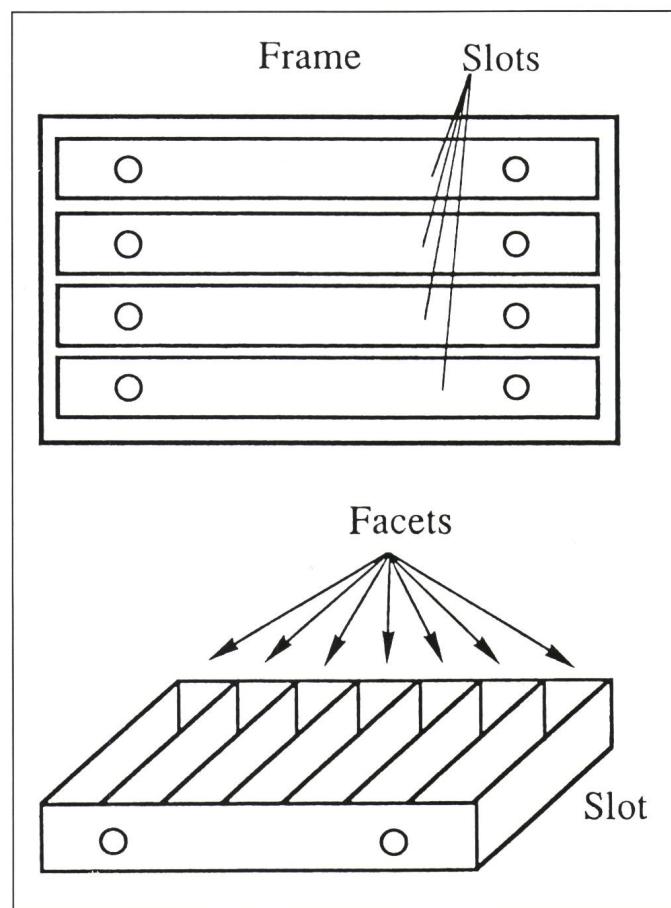
<i>Frame</i> : Aarberg	
<i>Slot</i> : Speisespannung	
<i>Facet</i> : Value	60DC
<i>Facet</i> : Wertebereich	24DC 60DC ...
<i>Facet</i> : Dimension	Volt
<i>Facet</i> : Anweisung	Beträgt die Speisespannung 24DC, dann muss das Speisungsmodul XY verwendet werden.
<i>Slot</i> : Speisungsmodul	
<i>Facet</i> : Wertebereich	Beträgt die Speisespannung 60DC, dann muss das Speisungsmodul PS verwendet werden.
<i>Facet</i> : Anweisung	XY PS ...

Tabelle I Das Beispiel zeigt den inneren Aufbau eines speziellen Frames.

Kenntnisse über das Anwendungsgebiet: Sie holt lediglich die vom Experten im Vorfeld festgelegten Anweisungen aus den Facets und führt sie aus. Deshalb gelingt es, wichtige Teile von Expertensystemen zu schreiben, ohne auch nur den geringsten Bezug auf ein bestimmtes Anwendungsgebiet zu nehmen. Die Reihenfolge der Ausführung der Anweisungen eines Facets wird vom Experten vorgegeben.

Bei der Entwicklung von Expertensystemen für Konfigurationsaufgaben hat es sich gezeigt, dass eine ganze Menge von Anweisungen durchaus allgemeinen Charakter haben und immer wieder verwendet werden, wie zum Beispiel die Überprüfung von Benutzereingaben auf zulässige Werte oder Grenzwerte oder etwa die automatische Erzeugung von weiteren Exemplaren von Frames. In der Expertensystemumgebung KEN brauchen solche häufig vorkommenden Anweisungen nicht explizit vom Entwickler des Expertensystems angegeben zu werden. Es genügt, kurze, prägnante anwendungsbezogene Angaben in speziell konzipierte, von KEN angebotene Facets abzulegen. Die Ausführung der entsprechenden Anweisung wird von KEN automatisch zum richtigen Zeitpunkt gewährleistet.

Figur 3
Analogie zwischen
einem Frame und
einem Schrank



Merkmale von Frames und Dämonfunktionen

Eine wesentliche Eigenschaft der Wissensdarstellung mit Hilfe von Frames ist, dass die in der technischen Anlage vorkommenden System- und Subsystemkomponenten direkt im Framesystem abgebildet werden. Jedem Objekt im technischen System kann also grundsätzlich ein Frame im Expertensystem zugeordnet werden. Modular aufgebaute technische Anlagen führen in natürlicher Weise zu modular aufgebauten Framesystemen, hierarchisch aufgebaute zu hierarchisch aufgebauten Framesystemen.

Eine weitere wichtige Eigenschaft von Frames folgt aus der Tatsache, dass Anweisungen direkt in den Facets der Slots abgelegt werden und dass diese Anweisungen *selektiv* nur dann getriggert werden, wenn sich der Wert des betreffenden Slots ändert. Bei der Definition einer Anweisung genügt es deshalb, die simple und unmittelbare Auswirkung auf direkt abhängige Slots zu betrachten. Damit werden die Bedingungen für das Triggern der Anweisungen von vornherein übersicht-

lich und klar festgelegt, was die laufend notwendige *Wartung* der Wissensbank ganz erheblich vereinfacht. Da die Ausführung einer einzigen Anweisung unter Umständen zur lawinenartigen Auslösung weiterer Anweisungen führen kann, erscheint das Verhalten des Gesamtsystems für einen Benutzer dennoch als recht «intelligent».

Zu betonen ist auch, dass keinerlei Suche notwendig ist, um etwa die nächsten ausführbaren Regeln zu finden, wie dies bei reinen regelbasierten Systemen oft der Fall ist. In einem Framesystem werden bloss die Anweisungen, die direkt dem geänderten Slot zugeordnet sind, ausgeführt. Damit ergibt sich ein gegenüber den regelbasierten Systemen erheblich verbessertes Laufzeitverhalten. Da die Anweisungen für das Verhalten des Expertensystems *lokal* in den Frames vorliegen, wird das Laufzeitverhalten des Systems selbst bei einer sehr grossen Anzahl von Frames in der Regel kaum tangiert. Die von der Änderung nicht betroffenen Frames werden ja gar nicht konsultiert und belasten das System somit auch nicht.

Hilfsmittel zum Bau von Expertensystemen

Eine Expertensystemumgebung kann mit einer Werkstatt verglichen werden, die Hilfsmittel zum Aufbau von Schränken und Schubladen sowohl aus vorgefertigten als auch aus massgeschneiderten Facets anbietet. Zunächst werden in dieser Werkstatt anwendungsspezifische Schranktypen hergestellt, die für die vorgesehene Aufgabe zugeschnitten werden. Dabei stehen spezielle Hilfsmittel zur Verfügung, um halbfertige Schubladen rasch umzubauen oder um Anweisungen in den Facets abzulegen und zu pflegen. Den Aufbau solcher Frametypen mit den dazugehörigen Facetinhaltungen nennt man *Knowledge Engineering*.

In der Regel wird Knowledge Engineering in einem Zweiergespann betrieben. Auf der einen Seite braucht man einen kompetenten *Experten*, der das Anwendungsgebiet versteht und Expertenwissen in Prosaform geeignet zu Papier bringen kann. Diese Papierwissensbank soll die benötigten Frames und Anweisungen klar erken-

nen lassen. Auf der anderen Seite muss ein *Entwicklungsingenieur* (Knowledge Engineer), der Methoden der künstlichen Intelligenz und der Informatik zu einem gewissen Mindestgrad beherrscht, die formale Darstellung des Anwendungsproblems implementieren, d.h. entsprechende Frametypen zur Aufnahme von kundenspezifischen Fakten festlegen. In der Expertensystemumgebung KEN werden sämtliche Aktivitäten (Ablage und Änderung von Informationen) in den Slots intern überwacht. KEN führt Buch über alle Aktionen des Benutzers und über alle Ergebnisse, die durch die Ausführung von Anweisungen abgeleitet werden. Diese Überwachung geschieht in einem sogenannten *Reason Maintenance System* (Begründungs-Verwaltungs-System). KEN ist damit in der Lage, Fakten zu entfernen, sobald deren Begründungen nicht mehr gültig sind. Dies stellt für den Entwickler einen erheblichen Gewinn dar, da er sich nicht selbst mit solchen dialogabhängigen Problemen herumschlagen muss, sondern sich vielmehr mit der im Vordergrund stehenden Implementation der Wissensbasis beschäftigen kann.

KEN erlaubt dank dem Reason Maintenance System auch Abhängigkeiten zwischen Fakten darzustellen, und stellt somit eine Erklärungskomponente (Explanation Component)

zur Verfügung. Diese Komponente hat sich für die Entwicklung von Expertensystemanwendungen als sehr bedeutsam erwiesen.

Ein weiteres sehr wichtiges Merkmal einer Expertensystemumgebung ist die Art und Weise, wie der Benutzerdialog gehandhabt wird. In KEN werden Frames im wesentlichen als Eingabemasken verwendet. Das Ausfüllen der Slots durch den Endbenutzer erfolgt durch einen hochgradig *interaktiven* Dialog, basierend auf Pop-up- und Pull-down-Menüs, kombiniert mit einer Mausbedienung. Der Benutzer hat jederzeit die Kontrolle über den Dialog, es sei denn, dass er vorübergehend den systemgefährten Dialogstil angewählt hat. Da die zu spezifizierenden Slots für den Endbenutzer weitgehend selbsterklärend sind und bei Bedarf durch diverse Hilfsfunktionen näher erläutert werden können, stösst diese Art von Programmen bei den Endbenutzern auf grosse Zustimmung.

mentation über die Auswahl- und Kombinationsmöglichkeiten von Komponenten formuliert werden kann. Es geht beim Expertensystem darum, dieses bewusst gepflegte firmenspezifische Know-how einem breiten Kreis von Mitarbeitern jederzeit in hoher Qualität zur Verfügung zu stellen, damit diese den Kundenwünschen voll gerecht werden können. Weiter ist darauf zu achten, dass das resultierende Expertensystem möglicherweise auf verschiedenen Rechnern laufen muss. So kann es z.B. sinnvoll sein, die Konfiguration von Kundenprojekten dezentral in den Vertriebsstellen durchzuführen, die Entwicklung und Pflege des Systems hingegen dem Produktverantwortlichen, einer zentralen Stelle also, zu überbinden. Dezentral könnten portable PCs zum Einsatz kommen, während in der Zentrale wohl leistungsfähigere Workstations verwendet würden.

Schliesslich muss betont werden, dass eine Expertensystemlösung nicht als isoliertes Programm eingesetzt werden darf, sondern dass es als integraler Bestandteil eines Gesamtsystems zur Abwicklung von Kundenaufträgen beitragen soll. Schnittstellen zwischen dem Expertensystem und anderen Systemen wie CAD-Systemen, Datenbanken und Produktionsplanungs- und Steuerungssystemen werden in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

Merkmale einer Expertensystemanwendung

Wichtig ist zunächst einmal, dass das zu konfigurierende System modular aufgebaut und genormt werden kann und dass eine entsprechende Doku-