

# Kapitel 8

## Wissensbasierte Systeme

Das erste Prinzip des Knowledge Engineering besteht darin, dass die Problemlösungsfähigkeiten eines intelligenten Agenten primär eine Konsequenz seiner Wissensbasis und nur sekundär eine Konsequenz der angewandten Schlussfolgerungsmethode ist. Expertensysteme müssen über ein reichhaltiges Wissen verfügen, auch wenn ihre Methodik kümmerlich ist. Dies ist ein wichtiges Ergebnis, das erst in jüngster Zeit in der KI richtig verstanden worden ist. Lange Zeit hat sich die KI fast ausschließlich auf die Entwicklung schlauer Schlussfolgerungsmethoden konzentriert; fast jede Schlussfolgerungsmethode genügt. Die Macht wohnt dem Wissen inne.

Edward Eigenbaum, Stanford University

Nam et ipsa scientia potestas est (Wissen ist Macht).

Francis Bacon

## 8.1 Allgemeines

Wissensbasierte Systeme, auch **Expertensysteme** genannt, sind Computersysteme, in denen

- das Sach- und Erfahrungswissen von Fachleuten gespeichert ist und
- Problemlösungsmechanismen implementiert sind

Sie dienen der Unterstützung und teilweisen Mechanisierung der Fähigkeiten menschlicher Experten.

Erfolgreiche Expertensysteme umfassen u.a.:

- Diagnose und Reparatur in technischen Bereichen  
In der Medizin wurden ähnliche Systeme für Diagnose und Therapie entwickelt.
- Konfiguration und Design  
Auswahl, Dimensionierung und Zusammenbau von Komponenten technischer Systeme, z.B. Grossrechneranlagen, komplexe Telefonanlagen u.ä.
- Planung und Finanzberatung

## Historische Beispiele für Expertensysteme:

- MYCIN

Aufgabe: Diagnose und Therapie von Infektionskrankheiten

Input: Symptome, Laborbefunde, etc. (im interaktiven Dialog)

Output: Diagnose und Therapie

Geschichte: Beginn 1972 an Stanford University. Bekanntestes Expertensystem der ersten Generation. Initiator vieler Nachfolgearbeiten.

- R1/XCON

Aufgabe: Konfiguration von VAX-11/780 Computersystemen

Input: Bestellung eines Kunden

Output: Zeichnungen (Pläne), welche die räumliche Anordnung und Verkabelung der einzelnen Komponenten zeigen. Die Pläne werden von Technikern verwendet, die das System zusammenbauen

Geschichte: Gemeinschaftsprojekt von DEC und Carnegie Mellon University, Pittsburgh. Im Jahr 1980 in den Routineeinsatz genommen.

- INDEX (Inserter Diagnosis Expert)

Aufgabe: Fehlerdiagnose bei Kuvertiermaschinen

Input: Ergebnisse von Tests (im interaktiven Dialog)

Output: Tests und Reparaturanweisungen (im interaktiven Dialog)

Geschichte: Gemeinschaftsprojekt Hasler AG, Bern und Universität Bern 1987/88. Resultat: Prototyp. Anschliessend verschiedene Feldtests und Weiterentwicklungen.

## Beispiel: Dialog in MYCIN

- 1) Patient's Name: (first - last)  
\*\* **FRED BRAUN**
- 2) Sex:  
\*\* **M** *(Questions 1-3 request background patient data.)*
- 3) Age:  
\*\* **55**
- 4) Are there any cultures for Fred Braun which may be related to the present illness, and from which organisms have been grown successfully in the microbiology laboratory?  
\*\* **Y**
- CULTURE-1 -----
- 5) From what site was the specimen for CULTURE-1 taken?  
\*\* **BLOD**  
= BLOOD *(System corrects typing error.)*
- 6) Please give the date and time when CULTURE-1 was obtained. (mo/da/yr time)  
\*\* **JUN 29, 1977**  
The first organism isolated from the blood culture of 20-JUN-77 (CULTURE-1) will be referred to as:
- ORGANISM-1 -----
- 7) Enter the laboratory-reported identity of ORGANISM-1:  
\*\* **UNKNOWN** *(Typically identity is not yet known.)*
- 8) The stain (gram or Ziehl-Neelsen acid-fast) of ORGANISM-1:  
\*\* **NEG** *(Preliminary tab results give some clues.)*
- 9) Is ORGANISM-1 rod or coccus (etc.)?  
\*\* **ROD**
- 10) What is the form of the individual organisms (e.g. lancet-shaped for cocci, fusiform for rods, etc.)?  
\*\* **FUSIFORM**  
*(... more questions follow in order to gather sufficient information to infer the identity and significance of the infecting organisms ...)*
- 23) What is the suspected portal of entry of the gramneg rod from the blood culture of 20-JUN-77 (ORGANISM-1) into this sterile site?  
\*\* **GI (6)** *(User indicates the uncertainty of his response.)*
- 24) Is Fred Braun a burn patient?  
\*\* **N**
- 25) Is Fred Braun a compromised host (e.g. alcoholic, sickle-cell-disease, immunosuppressed)?  
\*\* **N**
- 26) Is Fred Braun febrile?  
\*\* **Y**  
*(... after about 50-60 questions, MYCIN prints the diagnostic hypotheses on which therapy will be based ...)*

My therapy recommendations will be designed to treat for organisms that are either very likely or, although less likely, would have a significant effect on therapy selection if they were present. It is important to cover for the following probable infection(s) and associated organism(s):

INFECTION-1 is BACTEREMIA

- <ITEM-1> E. COLI [ORGANISM-1]  
<ITEM-2> KLEBSIELLA [ORGANISM-1]  
<ITEM-3> ENTEROBACTER [ORGANISM-1]  
<ITEM-4> KLEBSIELLA-PNEUMONIAE [ORGANISM-1]

*(... questions follow to evaluate possible therapy choices, and finally MYCIN prints its therapy recommendations ...)*

[REC-1] My preferred therapy recommendation is as follows:

In order to cover for item <1 2 3 4>:

Give: GENTAMICIN

Dose: 119 mg (5.0 ml) q6h IV for 10 days [calculated on basis of 1.7 mg/kg]

Comments: Modify dose in renal failure.

*(One drug covers 4 possible identities.)*

## Beispiel: Dialog in INDEX

INDEX: Liegt eine Fehlerbeschreibung im Display des Bedienpults vor?

Tech.: JA

INDEX: Wie lautet die Fehlernummer?

Tech.: A#T020

INDEX: Bitte Motor A55 mit Testgerät testen.

Funktioniert der Motor?

*Bei Bedarf kann der Techniker weitere Informationen über den Motor A55 und die Testprozedur abrufen, indem er die entsprechende Helptaste drückt.*

Tech.: NEIN

INDEX: Bitte Reinigungstasten A, F und K drücken.

Bewegen sich die Transportrollen?

*Bei Bedarf sind auch hier wieder zusätzliche Informationen über die Reinigungstasten und die Transportrollen abrufbar.*

Tech.: NEIN

INDEX: Welches der folgenden möglichen Probleme wollen Sie als erstes untersuchen? (Wählen Sie das erste wenn Sie keine Vermutung haben)  
MÖGLICHE PROBLEME: (Motorbrücke defekt, Motor A55 defekt).

Tech.: Motorbrücke defekt.

INDEX: Ersetzen Sie die Motorbrücke.

Ist der Fehler behoben?

Tech.: NEIN

*An diesem Punkt muss mit der zweiten der vorher genannten Alternativen fortgefahren werden.*

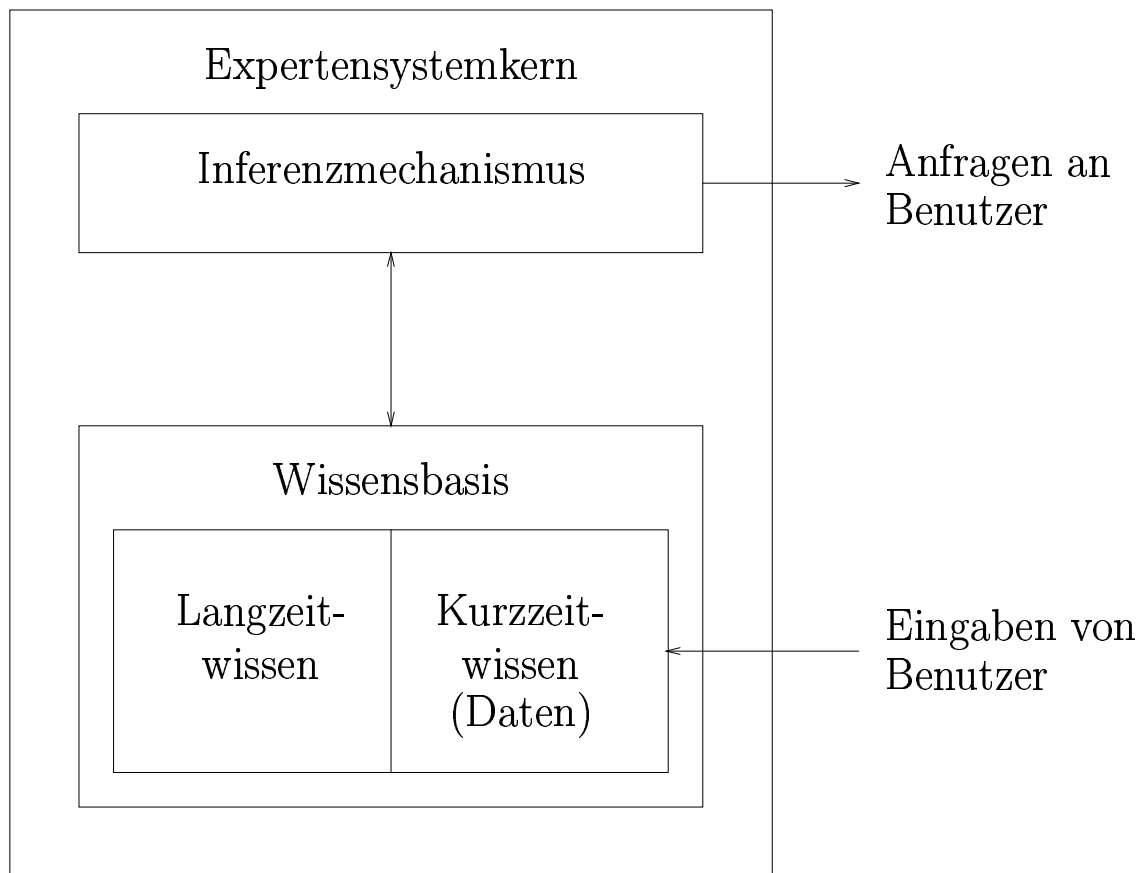
INDEX: Vermutung auf defekte Motorbrücke nicht bestätigt. Ersetzen Sie Motor A55.

Ist der Fehler behoben?

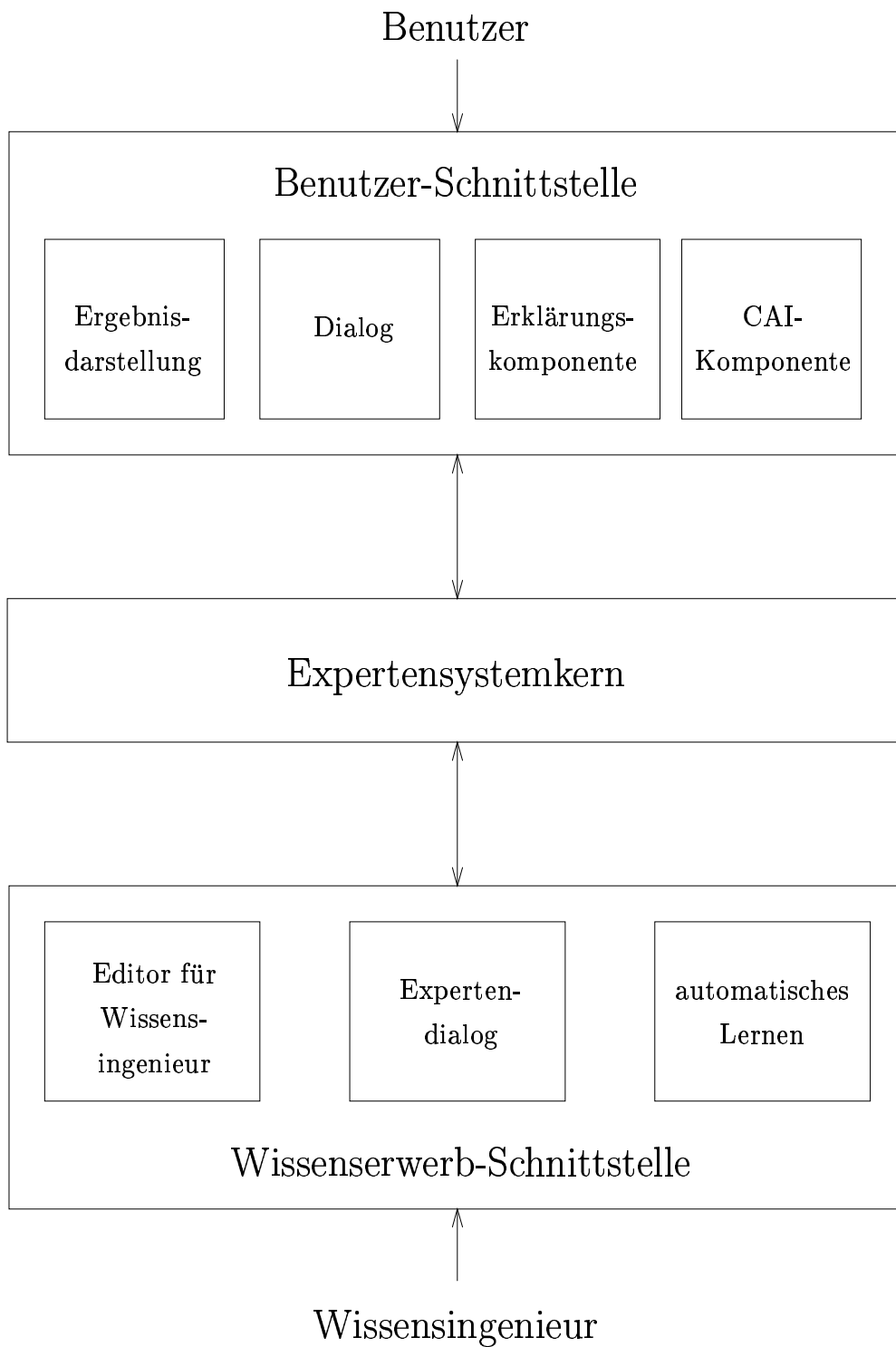
Tech.: JA

INDEX: Ende der Konsultation

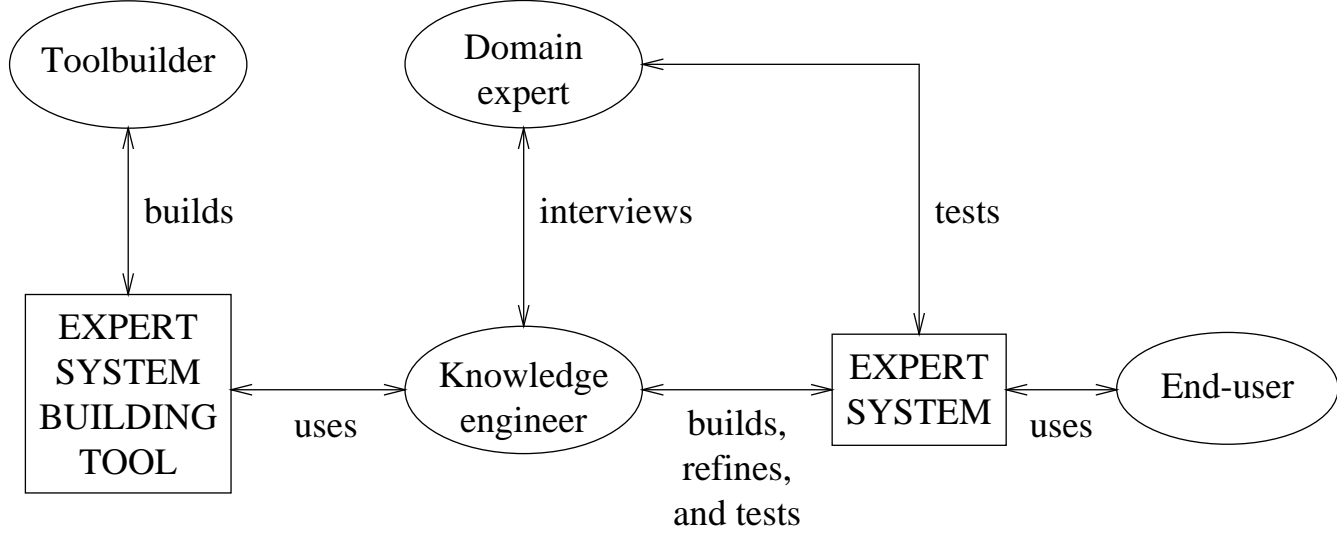
Typischer Aufbau eines Expertensystems:



Typischer Aufbau eines Expertensystems:



An der praktischen Entwicklung eines Expertensystems sind normalerweise mehrere Personen(gruppen) beteiligt, insbesondere Experten des betroffenen Anwendungsgebiets.





Die Implementation eines Expertensystems erfolgt i.a. unter Verwendung spezieller Softwaretools, sogenannte **Expertensystem-Schalen** (expert system shells). Diese enthalten alle Softwarekomponenten ausser der Wissensbasis.

Die 'Programmierung' eines Expertensystems beschränkt sich somit auf die Akquisition, Aufbereitung und Darstellung des benötigten Expertenwissens.

Dieser Prozess erfolgt i.a. in mehreren Iterationen, bei denen Expertensystem-Prototypen wachsender Komplexität erstellt werden.

Im Folgenden werden zwei verbreitete Formalismen zur Wissensrepräsentation und Inferenz behandelt.

Allgemeine Kriterien, nach denen die Güte eines Formalismus zur Wissensrepräsentation beurteilt werden kann, umfassen insbesondere:

- Effizienz bezüglich Speicherung und Zugriff
- Adäquatheit (Verständlichkeit, 'Natürlichkeit', 'Eleganz')
- Akquisition

## 8.2 Regelsysteme

Bei der Verwendung eines Regelsystems (auch regelbasiertes System oder *rule based system* genannt) für die Wissensrepräsentation wird das Expertenwissen in Form von Fakten und Regeln dargestellt. Regeln sind von der Form

```
if  variable1=value1 ∧ ... ∧ variablen-1=valuen-1
then variablen=valuen
```

während Fakten folgende Gestalt annehmen:

```
variable=value
```

Regeln sind für viele Anwendungen eine sehr geeignete Form der Wissensdarstellung, die der Denkweise menschlicher Experten entspricht.

### Beispiele:

Eine Regel im medizinischen Expertensystem MYCIN lautet:

```
IF      1) The gram stain of the organism is gramneg, and
        2) The morphology of the organism is rod, and
        3) The aerobicity of the organism is anaerobic
THEN   There is suggestive evidence (.6) that the identity
       of the organism is bacteroides
```

Aus algorithmischer Sicht bedeutet eine Regel, dass bei Erfüllung aller Bedingungen in der linken Seite die Wertzuweisung in der rechten Seite vorgenommen wird.

Die oben eingeführte Form der Regeln und Fakten stellt nur eine besonders einfache unter vielen Möglichen dar. Häufig ist es möglich, im linken Teil einer Regel (dem sogenannten Bedingungs-Teil), neben  $\wedge$  andere logische Konnektoren, z.B.  $\vee$  und  $\neg$ , zu verwenden. Ferner sind neben der Gleichheit oft andere Relationen erlaubt, z.B.  $<$ ,  $\leq$ ,  $\neq$  etc. Ebenso sind mitunter komplexere Datenstrukturen, z.B. Listen oder Arrays, in der linken und rechten Seite einer Regel zugelassen.

Man kann regelbasierte Systeme als 'high-level' Programmiersprachen auffassen. In diesem Zusammenhang spricht man auch von *regelbasierter Programmierung*.

Verwendet man ein Regelsystem für die Wissensdarstellung in einem Expertensystem, dann enthält man:

- Langzeitwissen der Wissensbasis:  
Regeln und Fakten, die unabhängig vom aktuell betrachteten Fall permanent gültig sind.
- Kurzzeitwissen:  
Daten, die sich ausschliesslich auf den aktuellen Fall beziehen, gespeichert. Diese Daten werden direkt durch den Benutzer eingegeben, oder mithilfe von Regeln aus Benutzereingaben abgeleitet. Ist eine Konsultation abgeschlossen, so wird das Kurzzeitwissen wieder gelöscht.

## **Beispiel:** Die Wissensbasis WEIN

Diese stark vereinfachte Wissensbasis dient dem Auffinden eines passenden Weines für ein Gericht. Der Eintrag `question {...}` löst Fragen an den Benutzer aus.

Variablen und mögliche Werte:

- `tastiness`  $\in$  `{delicate,average,strong}`
- `best-body`  $\in$  `{light,medium,strong}`
- `main-component`  $\in$  `{fish,poultry,meat}`
- `has-turkey`  $\in$  `{yes,no}`
- `best-color`  $\in$  `{red,white}`
- `recommended-body`  $\in$  `{light,medium,strong}`
- `recommended-color`  $\in$  `{red,white}`
- `preferred-body`  $\in$  `{light,medium,strong}`
- `preferred-color`  $\in$  `{red,white}`
- `wine`  $\in$  `{sauvignon-blanc,chardonnay,gewürztraminer,gamay,merlot,burgundy}`

Regeln zur Ableitung eines Werts für die Variable `best-body`

1. `if tastiness = delicate then best-body = light`
2. `if tastiness = average then best-body = medium`
3. `if tastiness = strong then best-body = full`

Regeln zur Ableitung eines Werts für die Variable `best-color`

4. `if main-component = fish then best-color = white`
5. `if main-component = meat then best-color = red`
6. `if main-component = poultry ^ has-turkey = no then best-color = white`
7. `if main-component = poultry ^ has-turkey = yes then best-color = red`

Regeln zur Ableitung eines Werts für die Variable `recommended-body`

8. `if best-body = light then recommended-body = light`
9. `if best-body = medium then recommended-body = medium`
10. `if best-body = strong then recommended-body = strong`
11. `if best-body = unknown ^ preferred-body = light then recommended-body = light`
12. `if best-body = unknown ^ preferred-body = medium then recommended-body = medium`
13. `if best-body = unknown ^ preferred-body = strong then recommended-body = strong`

Regeln zur Ableitung eines Werts für die Variable `recommended-color`

14. `if best-color = red then recommended-color = red`
15. `if best-color = white then recommended-color = white`
16. `if best-color = unknown ^ preferred-color = red then recommended-color = red`
17. `if best-color = unknown ^ preferred-color = white then recommended-color = white`

Regeln zur Ableitung eines Werts für die Variable `wine`

18. `if recommended-body=light ^ recommended-color=white`  
`then wine = sauvignon-blanc`
19. `if recommended-body=light ^ recommended-color=red`  
`then wine = gamay`
20. `if recommended-body=medium ^ recommended-color=white`  
`then wine = chardonnay`
21. `if recommended-body=medium ^ recommended-color=red`  
`then wine = merlot`
22. `if recommended-body=full ^ recommended-color=white`  
`then wine = gewürztraminer`
23. `if recommended-body=full ^ recommended-color=red`  
`then wine = burgundy`

Liste von Variablen, für welche ein Wert vom Benutzer erfragt wird

24. `question(tastiness, main-component, has-turkey,`  
`preferred-body, preferred-color)`

(Diese Wissensbasis enthält keine Fakten.)