

# Computer und Wissen

Erhard Konrad  
Fachbereich Informatik  
Technische Universität Berlin

## Inhalt

- 1 Fachwissen, Alltagswissen und Metawissen
- 2 Wissensverarbeitung im Computer
- 3 Der Begriff des Computers
- 4 Der Computer als Gesprächspartner
  - 4.1 Dialog über eine Mikrowelt
  - 4.2 Erzählen von Geschichten
- 5 Grenzen der maschinellen Wissensverarbeitung
- Literatur

## 1 Fachwissen, Alltagswissen und Metawissen

Der Begriff des Wissens scheint ebenso wie der Informationsbegriff ein elementarer Begriff zu sein, der sich nicht ohne Zirkularität auf andere Begriffe zurückführen läßt. Ob sich alles Wissen in einem Computer abspeichern läßt, hängt davon ab, ob Wissen ein Text oder ein Zustand ist. Texte lassen sich durch Zeichensysteme repräsentieren, für Zustände unseres Körpers ist dies fraglich, möglicherweise werden Neurocomputer diese Fähigkeit haben.

Wir wollen drei Wissensarten unterscheiden: Fachwissen, Alltagswissen und Metawissen.

Fachwissen ist explizit, es wird in der Regel ausgesprochen oder aufgeschrieben. Ferner ist dieses Wissen methodisch gesichert, es kann reproduziert, mitgeteilt und gelehrt werden. Der Umfang des aufgeschriebenen Fachwissens hat in diesem Jahrhundert immens zugenommen - sicherlich auch eine Folge des Computers. Zudem ändert sich dieses Wissen dauernd und immer schneller. Die Aufgabe, das Wissen zu ordnen, wird immer schwieriger.

In den letzten beiden Jahrzehnten hat Metawissen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Mit Metawissen sind die Wege zum Wissen gemeint. In traditionellen Bibliotheken erfüllen Kataloge und Stichwortverzeichnisse diese Aufgabe. Mittlerweile gibt es Hunderte von (elektronischen) Datenbanken für ein einzelnes Fachgebiet, so daß Metadatenbanken nötig sind, um geeignete Datenbanken zu finden, in denen nach relevanten Informationen recherchiert werden kann. Vor

etwa fünf Jahren hat eine stürmische Entwicklung im Bereich der Hypermedia-systeme eingesetzt, deren Auswirkungen unüberschaubar sind. Dazu beigetragen hat die Ausbreitung des Kommunikationsnetzes Internet, insbesondere die hypermediale Variante World Wide Web (WWW). Eine der Visionen ist die virtuelle Bibliothek, die Hypertexte verwaltet (vgl. Kuhlen 1991).

Erstaunlich ist, daß die Verarbeitung von Alltagswissen, das in einer natürlichen Sprache formuliert ist, für den Computer mit großen Schwierigkeiten verbunden ist – vielleicht sogar eine unüberwindbare Schranke darstellt. Das liegt daran, daß Alltagswissen vage, mehrdeutig und kontextabhängig ist. Darüberhinaus können sich Menschen mit implizitem Wissen verständigen, d.h. Wissen, das nicht ausgesprochen wird oder sogar unaussprechlich ist (vgl. Polanyi 1985).

## 2 Wissensverarbeitung im Computer

Wir wollen uns zunächst dem Fachwissen zuwenden. Personen, die einen speziellen Wissens- und Fertigungsbereich beherrschen, werden Experten genannt. Nach Dreyfus (vgl. Dreyfus 1987) vollzieht sich die Entwicklung zum Experten in fünf Stufen:

1. Neuling
2. fortgeschrittener Anfänger
3. Kompetenz
4. Könnertum
5. Expertentum

Die Stufen 1-4 sind durch analytische Fähigkeiten gekennzeichnet, bei Stufe 5 kommt die Intuition hinzu. Dabei verstehen wir unter Intuition, „einen Gegenstand unmittelbar und ganzheitlich in einem Akt erfassen“ (vgl. Hoffmeister 1955) Der Neuling orientiert sich an festen Regeln, die er unabhängig vom Kontext anwendet. Der fortgeschrittene Anfänger hat gelernt, Situationen einzubeziehen. Wer auf die Stufe der Kompetenz gelangt ist, benutzt hierarchisch geordnete Verfahren, um ein Problem zu lösen. Der Könnertum meistert komplexe Situationen mit vielen Alternativen, indem er umfassend analysiert. Der Experte schließlich entscheidet überwiegend intuitiv, sein Wissen ist Teil seiner Person geworden. Dreyfus hat dies in einem Vortrag (Berlin 1985) pointiert so formuliert: Experten lösen keine Probleme, weil sie keine Probleme haben.

Seit Mitte der siebziger Jahre bemühen sich Forscher und Anwender, Expertenwissen in Computern zu speichern und von ihnen verarbeiten zu lassen. Die folgenden Gründe haben zu dieser Entwicklung geführt: In vielen Gebieten sind nur wenige Experten verfügbar, daher sind sie selten erreichbar. Auch dort, wo es zahlreiche Experten gibt, können Engpässe auftreten, wenn Experten an vielen Orten gleichzeitig gebraucht werden. Schließlich werden Experten häufig in gefährlicher Umgebung benötigt, wo besser ein Silikon-Experte (Roboter) tätig wird.

Computersysteme zur Verarbeitung von Expertenwissen haben die folgende Architektur:

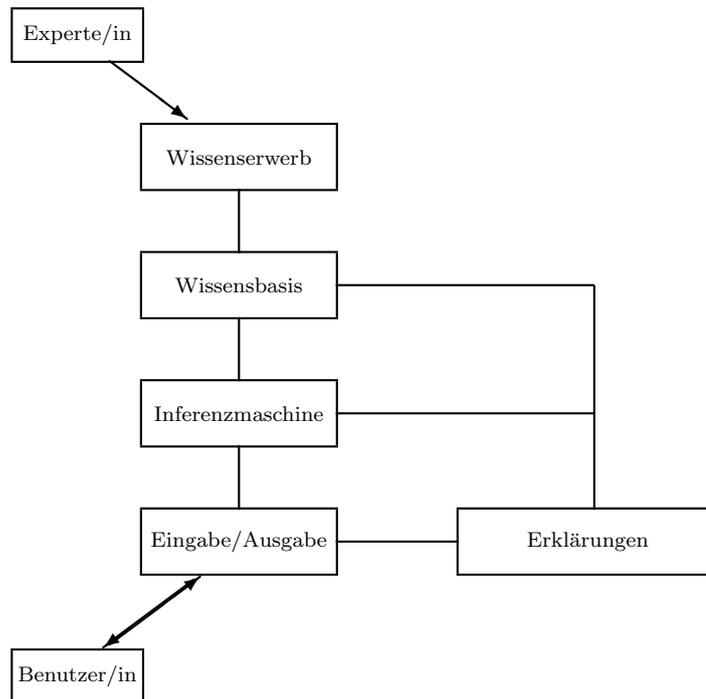


Abb. 1: Expertensystem

Der Kern eines Expertensystems besteht aus einer Wissensbasis und einer Inferenzmaschine. In der Wissensbasis ist regelhaftes Wissen abgelegt, aus dem die Inferenzmaschine implizites Wissen logisch deduzieren kann. Die Wissenserwerbskomponente gestattet einem Experten oder einem Informationsmittler, Wissen in die Wissensbasis einzugeben. Benutzer können sich über die Eingabe-/Ausgabekomponente Ratschläge geben lassen sowie Erklärungen darüber, wie das Ergebnis entstanden ist.

Es gibt heute – überwiegend in den USA – eine Vielzahl erfolgreicher Expertensysteme, von der medizinischen Diagnose bis hin zur Erbebenvorhersage. Dabei hat sich herausgestellt, daß diese Systeme charakteristische Schwächen haben. Zum einen ist es in vielen Bereichen sehr schwierig, Expertenwissen in Regelwissen zu transformieren. Zum anderen fallen Expertensysteme an ihren Rändern abrupt in einen Zustand völliger Unkenntnis, während das Wissen von Experten kontinuierlich in Alltagswissen abgeleitet. Diese Beobachtungen scheinen darauf hinzudeuten, daß unaussprechliches Wissen bzw. Intuition eine wesentliche Rolle spielt (wie Dreyfus postuliert).

Bei der Entwicklung von Expertensystemen wird vorausgesetzt, daß Problemlösen wie folgt vonstatten geht.

1. Man beginnt mit der Beschreibung einer Situation (Gegenstände, Eigenschaften, Relationen).
2. Man sucht allgemeingültige Regeln, die anwendbar sind.

3. Man leitet Lösungsschritte ab.

Dies ist das Paradigma der rationalen Problemlösung. Von der menschlichen Rationalität ist dabei die rechnende (algorithmische) Rationalität zu unterscheiden. Im Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI) gibt es Forscher, die diesen Unterschied nicht machen. Sie vertreten die

*Starke KI-These:*

Menschliche Intelligenz läßt sich vollständig durch Computer simulieren.

Die These ist umstritten (vgl. Dreyfus 1989). Es gibt eine Vielzahl von Einwänden. Z.B. scheint Kreativität kein deterministischer Prozeß zu sein, Computer dagegen arbeiten deterministisch. Ferner läßt sich Bewußtsein nicht physikalisch erklären.

In der Künstlichen Intelligenz werden hauptsächlich zwei Forschungsrichtungen verfolgt (vgl. Cyranek/Coy 1994):

1. Es werden Computermodelle der menschlichen Intelligenz entwickelt. Sie sollen helfen, das Denken zu erklären.
2. Es werden Computersysteme entwickelt, die Aufgaben ausführen können, zu denen ein Mensch Intelligenz benötigt. Dabei kommt es nicht darauf an, den menschlichen Intellekt nachzubilden. Vielmehr wird versucht, Rechengeschwindigkeit und Speicherplatz optimal zu nutzen.

Für ein tieferes Verständnis dieser Zusammenhänge ist eine Analyse des Begriffs „Computer“ nötig. Dies soll im nächsten Abschnitt geschehen.

### 3 Der Begriff des Computers

Der Begriff des Computers erschöpft sich nicht im alltäglichen Verständnis des Rechnens, d.h. in der Numerik. Computer werden heute überwiegend für nicht-numerische Aufgaben eingesetzt. Was tun Computer? Sie führen Algorithmen aus. Was aber ist ein Algorithmus? Der Begriff des Algorithmus ist komplex, er war bereits in der Antike bekannt, konnte jedoch erst in diesem Jahrhundert präzisiert werden.

Ein Algorithmus hat die folgenden Merkmale:

1. Endlich viele Anweisungen liegen vor.
2. Es gibt ein Agens (Mensch oder Maschine).
3. Es gibt Vorrichtungen zum Ausführen, Speichern und Wiederauffinden von Rechenschritten.
4. Das Agens arbeitet schrittweise und diskret (ohne stetige oder analoge Vorrichtungen).
5. Das Agens arbeitet deterministisch (ohne Zufallsvorrichtungen wie Würfel).
6. Es gibt keine feste Grenze für
  - den Umfang der Eingabe

- die Anzahl der Anweisungen
- den verfügbaren Speicher
- die Länge der Berechnung.

7. Eine feste Grenze für die Zahl der Zustände des Agens ist möglich.

Im Jahre 1936 hat Turing (vgl. Hermes 1987) den Begriff des Algorithmus durch eine abstrakte Maschine definiert, heute Turing-Maschine genannt. Es gibt universelle Turing-Maschinen, die jede beliebige Turing-Maschine simulieren können: Sie sind adäquate Modelle eines realen Computers.

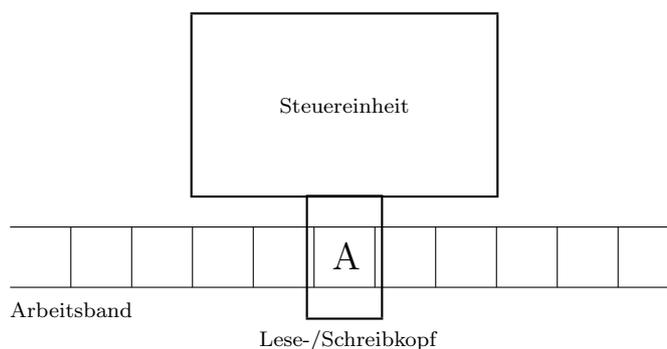


Abb. 2: Turing-Maschine

Eine Turing-Maschine besteht aus drei Komponenten: dem beidseitig unbegrenzten Arbeitsband, der Steuereinheit und dem Lese-/Schreibkopf. Abhängig vom augenblicklichen Zustand und dem gelesenen Symbol kann die die Maschine einen der folgenden Arbeitsschritte ausführen:

1. Ein Symbol drucken.
2. Einen Schritt nach rechts gehen.
3. Einen Schritt nach links gehen.
4. Stoppen.

Es ist erstaunlich, daß eine Turing-Maschine die gleiche algorithmische Mächtigkeit wie ein Computer mit unbegrenzt erweiterbarem Speicher besitzt. Noch erstaunlicher ist, daß diese einfache Maschine fähig sein soll, die menschliche Intelligenz zu ersetzen – wie die starke KI-These behauptet.

## 4 Der Computer als Gesprächspartner

### 4.1 Dialog über eine Mikrowelt

Winograd hat gezeigt, daß es möglich ist, mit einem Computer in natürlicher Sprache einen anspruchsvollen Dialog über eine Mikrowelt zu zu führen (vgl.

Winograd 1989, S. 183). Wir haben die Mikrowelt und den Dialog für den Zweck dieses Beitrags vereinfacht.



Abb. 3: Mikrowelt

Winograds Programm SHRDLU simuliert einen Roboter, der in einer Mikrowelt agiert. Es handelt sich um eine Klötzchenwelt, die Quader, Pyramiden und eine Schachtel enthält.

*Nimm einen großen Quader.*

OK.

Der Roboter versteht die Anweisung und führt sie aus.

*Ergreife die Pyramide.*

ICH VERSTEHE NICHT, WELCHE PYRAMIDE SIE MEINEN.

Der Roboter erkennt semantische Mehrdeutigkeiten.

*Die große Pyramide.*

OK.

*Suche einen Klotz, der kleiner ist als der, den du hältst, und lege ihn in die Schachtel.*

ICH NEHME AN, DASS SIE MIT „IHN“ DEN KLOTZ MEINEN, DER KLEINER IST ALS DER, DEN ICH HALTE.

Der Roboter erkennt aus dem Kontext, worauf sich das Pronomen „ihn“ bezieht.

*Was enthält die Schachtel?*

DIE KLEINE PYRAMIDE UND DEN KLEINEN QUADER.

Der Roboter hat das Ergebnis seiner Aktion verstanden.

*Wodurch wird der kleine Quader gestützt?*

DURCH DIE SCHACHTEL.

Eine weitere Verständnisfrage wird korrekt beantwortet.

*Wie viele Klötze sind nicht in der Schachtel?*

ZWEI.

Um die Frage zu beantworten, sind Kenntnisse der elementaren Arithmetik erforderlich.

*Die große Pyramide gehört mir.*

ICH VERSTEHE

In die Mikrowelt werden Eigentumsverhältnisse eingeführt.

*Mir gehören Objekte, die groß sind, aber mir gehört nichts, was eine Pyramide stützt.*

ICH VERSTEHE

Um den Satz zu verstehen, muß der Roboter die logische Tiefenstruktur erkennen.

Gehört mir die Schachtel?

NEIN.

Der Roboter hat die abstrakte Eigentumsstruktur verstanden.

Winograd hat gezeigt, daß das Wissen über eine konstruierte Mikrowelt vollständig auf einen Computer übertragen werden kann. Es ist ihm jedoch nicht gelungen, seinen Ansatz auf die Alltagswelt auszudehnen.

## 4.2 Erzählen von Geschichten

Mit dem Projekt „Tale Spin“ hat Schank (vgl. Schank/Childers 1986) ) zu zeigen versucht, daß ein Computer Geschichten ausspinnen kann. Als Vorbild haben ihm Äsops Fabeln gedient. Dabei ist er auf unerwartete Schwierigkeiten gestoßen. Es folgen drei Computergeschichten:

*Eines Tages hatte Joe Bär Hunger. Er fragte seinen Freund Irving Vogel, wo Honig sei. Irving sagte ihm, in der Eiche sei ein Bienennest. Joe drohte Irving, er werde ihn verprügeln, wenn er ihm nicht sage, wo Honig sei.*

Joe versteht nicht, welcher Zusammenhang zwischen Bienennest und Honig besteht. Ihm fehlt das Wissen, daß im Bienennest Honig zu finden ist. Dem Computer wird dieses Wissen mitgeteilt, danach erfindet er die folgende Geschichte:

*Eines Tages hatte Joe Bär Hunger. Er fragte seinen Freund Irving Vogel, wo Honig sei. Irving sagte ihm, in der Eiche sei ein Bienennest. Joe ging zur Eiche. Er aß das Bienennest.*

Joe weiß, daß sich im Bienennest Honig befindet. Trotzdem versteht er einen anderen Zusammenhang nicht. Sagt man z.B. einem hungrigen Menschen, wo der Kühlschrank ist, so kommt dieser nicht auf die Idee, den Kühlschrank zu essen. Joe fehlt wiederum Wissen.

Schank ist es nicht gelungen, durch Ergänzung von Wissen alle Anomalien auszuschalten. Das Hintergrundwissen, mit dem wir unseren Alltag bestreiten, scheint unausschöpflich zu sein – schon bei Kindern.

*Eines Tages hatte Joe Bär Hunger. Er fragte seinen Freund Irving Vogel, wo Honig sei. Irving weigerte sich, es ihm zu sagen, daher bot ihm Joe an, ihm einen Wurm zu bringen, wenn er ihm sagte, wo Honig sei. Irving war einverstanden. Aber Joe wußte nicht, wo Würmer waren, daher fragte er Irving, der sich weigerte, es ihm zu sagen. Daher bot ihm Joe an, ihm einen Wurm zu bringen, wenn er ihm sagte, wo ein Wurm sei. Irving war einverstanden. Aber Joe wußte nicht, wo Würmer waren, daher fragte er Irving, der sich*

*weigerte, es ihm zu sagen. Daher bot ihm Joe an, ihm einen Wurm zu bringen, wenn er ihm sagte, wo ein Wurm sei ...*

Dies ist in der Tat eine unendliche Geschichte, die auf einem Zielkonflikt beruht. Joe wird ein Ziel gegeben, obwohl er bereits ein Ziel hat. Es fehlt eine Abschlußbedingung, die besagt, wann ein Ziel nicht erreichbar ist. Schanks Projekt scheint zu zeigen, daß die soziale Alltagswelt nur begrenzt atomisierbar ist, und daß das Hintergrundwissen von Menschen nicht ausschöpfbar ist.

## 5 Grenzen der maschinellen Wissensverarbeitung

Winograd hat sein eigenes Scheitern zum Anlaß genommen, die maschinelle Wissensverarbeitung einer umfassenden Kritik zu unterziehen. Auf der Grundlage von Heideggers Philosophie kommt er zu folgenden Ergebnissen (vgl. Winograd/Flores 1989):

1. Unsere impliziten Überzeugungen und Annahmen können nicht vollständig explizit gemacht werden.
2. Praktisches Verstehen ist grundlegender als losgelöstes theoretisches Verständnis.
3. Wir beziehen uns nicht primär durch Repräsentationen auf Dinge.
4. Bedeutung ist grundlegend sozial und kann nicht auf die bedeutungsgebende Tätigkeit einzelner Subjekte reduziert werden.

Diese Aussagen stellen eine Absage an das Paradigma der rationalen Problemlösung dar. Nach Winograd ist ein künstlicher Intellekt, der auf symbolischen Repräsentationen beruht, in wesentlichen Aspekten blind. In einer Diskussion (1985) hat er einmal die folgende Warnung ausgesprochen:

„Es ist gefährlich, Systeme zu bauen, die an der Oberfläche wie Menschen erscheinen ... *bis ein großes Unglück geschieht.*“

Nach dem heutigen Stand der KI-Forschung können wir feststellen:

1. Wissen über künstliche Mikrowelten ist formalisierbar.
2. Fachwissen ist einer Formalisierung leichter zugänglich als Alltagswissen.

Offen ist eine Frage, die auch die Philosophie unseres Jahrhunderts in Atem hält:

Liegt im Alltagswissen eine unüberschreitbare Grenze für den Computer?

## Literatur

- CYRANEK, G./COY, W., Hrsg. (1994): Die maschinelle Kunst des Denkens – Perspektiven und Grenzen der Künstlichen Intelligenz, Braunschweig, Vieweg.
- DREYFUS, H. L./DREYFUS, S. E. (1987): Künstliche Intelligenz – Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition, Reinbek, Rowohlt.
- DREYFUS, H. L. (1989): Was Computer nicht können – Die Grenzen künstlicher Intelligenz, Frankfurt am Main, Athenäum Verlag
- HERMES, H. (1978): Aufzählbarkeit – Entscheidbarkeit – Berechenbarkeit, 3. Aufl., Berlin, Springer-Verlag.
- HOFFMEISTER, J (1955): Wörterbuch der Philosophischen Begriffe, 2. Aufl., Hamburg, Felix Meiner Verlag.
- KUHLEN, R. (1991): Hypertext – Ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissensbank, Berlin, Springer-Verlag.
- MCGUINNESS, B. et al. (1989): „Der Löwe spricht ... und wir können ihn nicht verstehen.“ Symposium anlässlich des Hundertsten Geburtstags von Ludwig Wittgenstein, Frankfurt am Main, Suhrkamp.
- POLANYI, M. (1985): Implizites Wissen, Frankfurt am Main, Suhrkamp.
- SCHANK, R. C./CHILDERS, P. G. (1986): Die Zukunft der Künstlichen Intelligenz – Chancen und Risiken, Köln, DuMont Buchverlag.
- SCHNUPP, P./LEIBRANDT, U. (1986): Expertensysteme – Nicht nur für Informatiker, Berlin, Springer-Verlag.
- WINOGRAD, T./FLORES, F. (1989): Erkenntnis – Maschinen – Verstehen, Berlin, Rotbuch Verlag.