



Teil I: Überblick

Kap.1: Themen und Techniken der KI

Diese Folien basieren z. T. auf Material von Andreas Abecker, FZI Karlsruhe, siehe <http://www.andreas-abecker.de/>

Was ist Künstliche Intelligenz?



The Arithmetical Machine produces effects which are nearer to thought than all the actions of animals. But it does nothing which would enable us to attribute will to it, as to animals.

Blaise Pascal

The brain happens to be a meat machine.
Marvin Minsky

The only way to know that a machine is thinking is to be that machine and feel oneself thinking.

Alan M. Turing

At the end of this century the way of words and general educated opinion will have altered so much that one will be able to speak of "machines thinking" without expecting to be contradicted.

Alan M. Turing, 1938

Was ist Künstliche Intelligenz?



"... Die Bezeichnung "Künstliche Intelligenz" entstand als Übersetzung von "artificial intelligence". Dieser Begriff war Mitte der 50er Jahre in den USA geboren worden. Die Übersetzung von "artificial" als "künstlich" bedeutet zugleich "unecht", "gekünstelt", "Schein-". Die Programme, die in der KI entstehen, verhalten sich also für den Betrachter als ob sie Intelligenz besäßen. Auch das Wort "intelligence" besitzt im Englischen eine weitergehende Bedeutung als das Wort "Intelligenz" im Deutschen, nämlich denkbezogene Information, Einsicht und Verständnis ... "

aus: Informatik Duden

Was ist Künstliche Intelligenz?



Elaine Rich: Forschung darüber, wie Rechner Dinge machen, die Menschen derzeit noch besser beherrschen.

Barr & Feigenbaum: Teil der Informatik, in welchem intelligente Systeme entworfen werden, d.h. Systeme, die die menschliche Intelligenz „simulieren“.

Buchanan & Shortliffe: Teil der Informatik, in welchem symbolische, nicht-algorithmische Problemlösungen entwickelt werden.

Buchanan: Teil der Informatik, mit symbolischer statt numerischer Repräsentation von Wissen und mit heuristischen Verarbeitungstechniken.

Was ist Künstliche Intelligenz?



5

Rekonstruiert die KI die natürliche Intelligenz?



Schwache KI-These:

Computer können so handeln, als wären sie intelligent.

Starke KI-These:

Hypothese des physikalischen Symbolsystems (physical symbol systems hypothesis - PSSH, [Newell, Simon 1976]): Menschliche wie maschinelle Intelligenz beruhen auf der Fähigkeit zur Symbolverarbeitung.

Aus der PSSH folgt, daß intelligente Leistungen von der Besonderheiten der physikalischen Implementation unabhängig sind. Künstliche und natürliche Intelligenz sind prinzipiell ununterscheidbar.

„The brain happens to be a meat machine.“ [Marvin Minsky]

Quelle: Hinkelmann

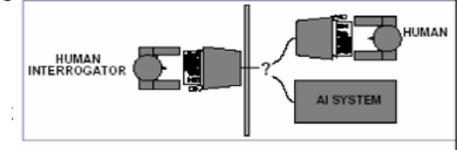
6

Der Turing-Test (Alan Turing, 1950)



Empirischer Test zur Überprüfung intelligenten Verhaltens einer Maschine durch Vergleich mit einem Menschen (Imitationsspiel):

- Eine Person befragt einen Menschen und ein künstliches intelligentes System. Der Tester kommuniziert nur indirekt über ein Textmedium.
- Der Tester soll allein aus den Antworten auf seine Fragen entscheiden, wer Mensch und wer Computer ist.
- Wenn er das nicht kann, dann - so argumentiert Turing - kann man annehmen, dass die Maschine intelligent ist.



- Erforderliche Fähigkeiten:
 - Sprachverarbeitung
 - Wissensrepräsentation
 - Schlussfolgerungsfähigkeit
 - Lernfähigkeit

- Erweiterung zu totalem Turing Test für Umgang mit physikalischen Objekten:
 - Bildverarbeitung
 - Robotik

Quelle: Hinkelmann

7

Eliza



- 1966 entwickelt von Joseph Weizenbaum, MIT.
- Einfache regelbasierte Simulation eines Psychotherapeuten, der eine Gesprächstherapie nach Karl Rogers durchführt.

- ELIZA formuliert Aussagen des menschlichen Gesprächspartners in Fragen um, um so eine Reaktion auf dessen Aussage zu generieren.
 - Benutzer: „Ich habe ein Problem mit meinem Auto.“
 - ELIZA: „Warum, sagen Sie, haben Sie ein Problem mit Ihrem Auto?“
- Außerdem ist es in der Lage, Schlüsselwörter (z.B. Vater) zu erkennen und darauf zu reagieren.
 - Benutzer: „Ich habe ein Problem mit meinem Vater.“
 - ELIZA: „Erzählen Sie mir mehr über ihre Familie!“

- Moderner Einsatz: als Chatbot, bspw. bei Ikea.



Quelle: Hinkelmann

6

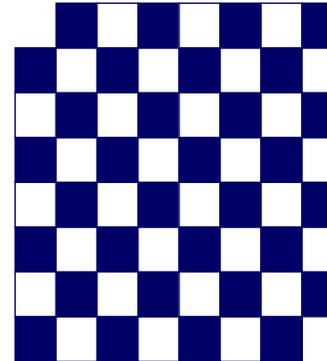


- Seit 1990 (gestiftet von Loebner, vergeben in Cambridge/USA)
<http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html>
- **Ablauf:** Eine Jury kommuniziert mit 8 Programmen sowie 2 Menschen und soll beides auseinanderhalten.
- **Preise:**
 - Gold: 100000 \$ für natürlichsprachlichen Dialog,
 - Silber: 25000 \$ für schriftlichen Dialog,
 - Bronze: 2000 \$ für bestes Programm

9



Plazierung von Dominosteinen auf einem Schachbrett



Gegeben ist ein Schachbrett, bei dem zwei gegenüberliegende Eckfelder fehlen.

Frage: Kann man das Schachbrett so mit Dominosteinen bedecken, dass alle Felder belegt sind?

11

Problemlösetechniken



Schwache Methoden:

Allgemeine Suchstrategien, die für eine große Klasse von Problemen anwendbar sind, z.B. Hill-climbing, A*-Algorithmus.

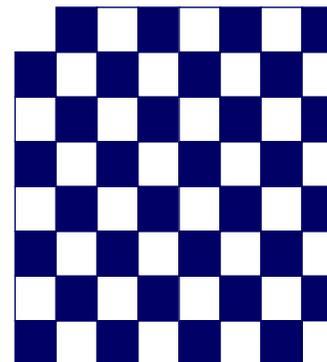
Starke Methoden:

Auf spezielle Problemklassen zugeschnittene Problemlöser, z.B. Planungsverfahren, Diagnosestrategien (werden vor allem in Expertensystemen eingesetzt).

Quelle: Hinkelmann

10

Lösungsmöglichkeiten



Lösung 1: Vollständige Suche

Teste alle Möglichkeiten, Dominosteine auf das Brett zu legen. Stop, sobald alle Felder belegt sind oder falls alle Möglichkeiten fehlgeschlagen sind.

Lösung 2: Heuristiken

Wähle eine Strategie, so dass nur erfolgversprechende Lösungen probiert werden.

Lösung 3: Wissen

Das Brett hat 30 weiße und 32 schwarze Felder. Jeder Stein bedeckt genau ein schwarzes und ein weisses Feld.

12



- **Philosophie:** Logik, Schlussfolgerungsmethoden, Gehirn als physisches System, Grundlagen des Lernens, der Sprache, der Rationalität
- **Mathematik/Informatik:** Formale Repräsentationen und Beweise, Algorithmen, Berechenbarkeit, Entscheidbarkeit, Komplexität, Wahrscheinlichkeit
- **Psychologie:** Anpassung, Phänomene der Wahrnehmung und der Muskelsteuerung, experimentelle Techniken
- **Wirtschaftswissenschaften:** Formale Theorie rationaler Entscheidungen
- **Linguistik:** Wissensrepräsentation, Grammatik
- **Neurowissenschaften:** physische Gegenstände für mentale Aktivitäten
- **Kontrolltheorie:** homöostatische Systeme, Stabilität, einfache Entwürfe für optimale Agenten

13

Geschichte der Künstlichen Intelligenz



- 1942 - 1956: Vorlaufphase
- 1952 - 1969: Früher Enthusiasmus, große Erwartungen
- 1966 - 1974: Relativierung durch Realitätsbezug
- 1969 - 1979: Wissensbasierte Systeme
- 1980 - 1988: Beginn der wissensbasierten Industrie
- 1985 - 1995: Rückkehr der Neuronalen Netze
- seit 1995 Agenten

14



Cullach & Pitt 1943: Integration dreier Quellen zum Vorschlag eines Netzes künstlicher Neuronen:

- Physiologie der Neuronen
- Aussagenlogik
- Theorie der Berechenbarkeit (Turing)

1951: Minsky (mit Edmonds) bauen ersten Neuronalen Computer

1950: Turing: "Computing Machinery and Intelligence":
einschl. Turing-Test, Lernen

Dartmouth-Workshop 1956 (Newell, Simon, Minsky, Mc Carthy et al.):

Prägung des Begriffes "Künstliche Intelligenz".

15

Früher Enthusiasmus 1952-69 (1)



Anfangs wurden die (relativ primitiven) Computer nur als Rechenmaschinen betrachtet ("eine Maschine kann niemals X tun). KI-Forscher erregten viel Aufmerksamkeit, indem sie für ein X nach dem anderen Programme entwickelten.

- **Logic Theorist** (Newell & Simon, CMU): Beweisen mathematischer Theoreme.
- **General Problem Solver** (Newell & Simon, CMU): Allgemeine Problemlöse-Architektur.
- **Geometry Theorem Prover** (Gelernter, IBM): Benutzung einer numerischen Repräsentation von Diagrammen beim Beweisen.
- **Checker-Program** (Samuel, IBM): Lernfähiges Spielprogramm
- **LISP** (Mc Carthy, MIT, 1958).
- **Time-Sharing** (Mc Carthy, MIT, 1958).
- **Advice Taker** (Mc Carthy, MIT, 1958).

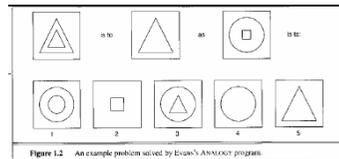
16



Explizite Wissensrepräsentation

- **Mikrowelten** (Minsky, MIT)

- SAINT (Slagle, 1963): Integral-Rechnung
- ANALOGY (Evans, 1968): IQ-Tests: Geometrische Analogie
- STUDENT (Bobrow, 1967): Lösen natürlichsprachlicher schulmathematischer Textaufgaben

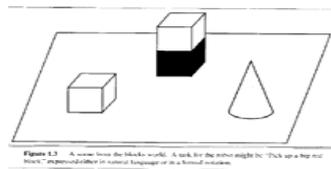


- **Einheitliche Domäne: Klötzchen-Welt** (MIT):

- Bildverarbeitung (Huffman, 1971)
- Bildverarbeitung und Constraint-Propagierung (Waltz, 1975)
- Sprachverarbeitung (SHRDLU, Winograd, 1972)
- Lerntheorie (Winston, 1970)
- Planung (Fahlman, 1974)

- **Neuronale Netze**

- Perceptron-Konvergenz-Theorem (Rosenblatt, 1962).



17

Relativierung durch Realitätsbezug (1966-74)



- 1966 Abbruch der US-Forschungsförderung für Sprachübersetzung (gefördert seit Sputnik-Schock 1957)
- Nichterfüllen der Prophezeiung von Simon (1958), dass in 10 Jahren ein Computer Schachweltmeister und ein wichtiges neues mathematisches Theorem maschinell bewiesen worden sei.
- Entdecken der Skalierungsprobleme: "Wenn ein Programm ein Problem im Prinzip lösen kann, heißt dies nicht, dass es für einen praktischen Erfolg erforderliche Mechanismen enthält."
- Fehlschlag bei Experimenten zur Maschinen-Evolution (heute: Genetische Algorithmen) trotz tausender CPU-Stunden.
- Lighthill-Bericht (1973): Abbruch der KI-Forschungsförderung in Großbritannien (mit Ausnahme von zwei Unis)
- Die von Minsky & Papert (1969) gezeigten theoretischen Grenzen von Perceptrons führen zu einem weitgehenden Ende der Forschungsförderung im Bereich neuronaler Netze

18



"In the knowledge lies the power" (Feigenbaum) - und nicht in universellen ("schwachen") Problemlösungsmethoden.

DENDRAL (Stanford, 1969): Interpretation von Massenspektrogrammen zur Aufklärung von Molekül-Strukturformeln.

MYCIN (Shortliffe, Stanford, 1976): "Großvater der Expertensysteme"; Antibiotikumtherapie; Trennung Regeln & Inferenz

Minsky (1975) fasst viele Ideen der Zeit in dem Konzept der "Frames" zusammen.

Auch bei der Sprachverarbeitung wird die Bedeutung von Weltwissen (stereotype Situationen, Skripts) - im Gegensatz zu den bisher syntaktisch orientierten Programmen wie SHRDLU betont (Roger Schank, Yale)

LUNAR (Woods, 1973): Erstes extern genutztes natürlichsprachliches Anfragesystem für Datenbank über Mondgestein.

19

Beginn der wissensbasierten Industrie (1980-88)



- **R1/XCON** (Mc Dermott/DEC 1982): Erstes kommerziell erfolgreiches Expertensystem zur Konfiguration von Computern bei DEC (Einsparungen von ca. 40.000.000 \$ pro Jahr)
- Entstehen zahlreicher **KI-Firmen** mit meist hybriden Expertensystem-Werkzeugen und Beratung (Teknowledge, Carnegie Group, Inference, Intellicorp) & spezieller KI-Hardware (LISP-Maschinen)
- **Fifth Generation Project** (Japan, 1981). 10-Jahres-Projekt zur Entwicklung von intelligenten Maschinen.
- **Nachziehen** der USA (MCC-Konsortium) und Europa (Alvey-Bericht wiederbelebt die KI-Forschung in Großbritannien, BMFT startet Verbundprojekte in Deutschland).
- **KI-Umsatz** stieg 1980-88 von einigen Millionen auf ≈ 2 Mrd. \$.
- 1988-93 Rückschlag wegen zu hoher Erwartungen ("**KI-Winter**").

20

Rückkehr der Neuronalen Netze (1986-95)



Das Buch von Rummelhard & McClelland "Parallel Distributed Processing" 1986 verbreitet neue Erfolge mit dem wiederentdeckten Backpropagation-Algorithmus (der bereits 1969, im gleichen Jahr in dem das kritische Buch von Minsky und Papert erschienen ist, von Bryson & Ho publiziert wurde).

21

Agenten (seit 1995)



- Betonung der **Interoperabilität**, auch unter nicht-idealen Bedingungen (z.B. Wahrnehmung ist nie perfekt)
- **Erfolge** in vielen Teilbereichen verstärken wieder den Blick auf das „Ganze“.
- **Internet**: interessante Umgebung für Software-Agenten.

22

Gegenwärtige Trends



- KI ist etabliert. Die meisten Informatik-Fachbereiche haben eine KI-Professur, wissensbasierte Techniken werden in der Industrie breit genutzt.
- Relative Selbständigkeit anwendungsorientierter Teilbereiche:
 - **Wissenssysteme** (Diagnostik, Konfigurierung; Scheduling, Planung, Simulation; Wissensportale)
 - **Sprachverarbeitung** (Hohe Qualität bei gesprochener Sprache; einfaches Verstehen geschriebener Texte - shallow parsing)
 - **Bildverarbeitung** (relativ selbstständig)
 - **Robotik** (relativ selbstständig; Robocup, Aibo, Marsroboter)

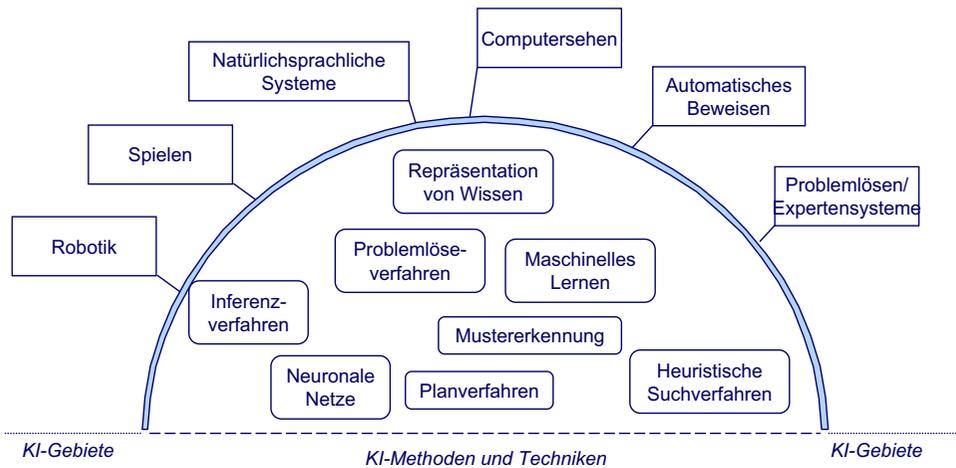
23

Aktuelle Erfolge



- Schachprogramme haben Weltmeisterniveau erreicht
- Natürlichsprachliche Auskunftssysteme (z.B. Reisebuchung)
- Erfolgreiche Expertensysteme in vielen Bereichen
- Automatische Planung und Scheduling in der Raumfahrt
- Automatischer Autofahrer
- Roboter auf dem Mars; für Hüftoperationen

24



Quelle: Hinkelmann

25



Ziel ist das Verstehen und Generieren geschriebener oder gesprochener Sprache.

Anwendungen:

- Spracheingabe (Bagger, Textverarbeitung)
- Übersetzung gesprochener & geschriebener Sprache
- Sprachgenerierung (techn. Dokumentation, Synthesizer)
- komplexe Dialogsysteme (Fahrplanauskunft, Hotelreservierung)
- Textverstehen

Probleme:

- Low-Level-Phänomene (Nuscheln, Melodie etc.)
- "ungrammatisches Sprechen", non-verbale Elemente
- Mehrdeutigkeiten, Kontextabhängigkeit
- Hintergrund- & Weltwissen

Ansätze:

- komplexe Grammatiken
- maschinelles Lernen
- große Lexika
- aufgabenspezifisches Hintergrundwissen
- Nicht-Standard Logiken

27

Was ist Künstliche Intelligenz?



METHODEN der KI

heuristische Suche
Planen
Lernen
Repräsentieren von Wissen
Schlussfolgern
Problemlösemethoden
Meta-Reasoning
Konnektionismus
Mustererkennung

ANWENDUNGEN der KI

Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP)
Expertensysteme (XPS)
Deduktionssysteme
Robotik / Wahrnehmung
Computersehen / Bilderkennung
Spiele :-)
Multiagentensysteme
Dokumentanalyse

26

Verstehen natürlicher Sprache



Probleme beim Verstehen natürlicher Sprache:

- Für eine Aussage gibt es mehrere korrekte Formulierungen
- Ein Satz kann mehrere Bedeutungen haben
- Ein Wort kann mehrere Bedeutungen haben

Verstehen natürlicher Sprache erfordert **Wissen** über

- die Sprache (**Syntax**)
- das Themengebiet (**Semantik**)
- Konventionen des Sprachgebrauchs (**Pragmatik**)

Quelle: Hinkelmann

28



Syntax: Erkennung der Satzstruktur durch Anwendung grammatischer Regeln

Semantik: Erkennen der Bedeutung syntaktischer Strukturen

Pragmatik: Festlegung was wirklich gemeint ist, bzw. welche Handlung erfolgen soll

„Wissen sie wieviel Uhr es ist?“

⇒ Aufforderung, die Zeit zu sagen

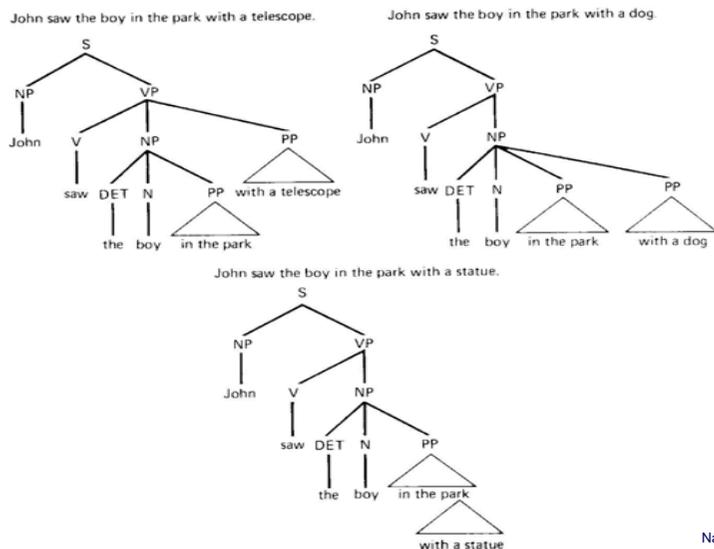
Nach: Hinkelmann



- **Ziel** ist es, visuelle Prozesse der maschinellen Verarbeitung zugänglich zu machen, d.h. Bilderkennung und Bildverstehen
- **Anwendungen:** Industrieroboter, optische Qualitätskontrolle, autonome Transportsysteme, Verkehrsszenenerkennung, Postleitzahlenerkennung, OCR
- Für die Maschine aufwendiger als das Führen mathematischer Beweise.
- Für den Menschen keine bewusste Intelligenzleistung, weil „fest verdrahtet“.
- **Prozessschritte:** Bilddarstellung, Segmentierung, Objekterkennung, Szenenanalyse
- **Methoden:** Mathematik, neuronale Netze, spezifisches Domänenwissen, Ebenenarchitekturen, erwartungsgesteuerte Wahrnehmung



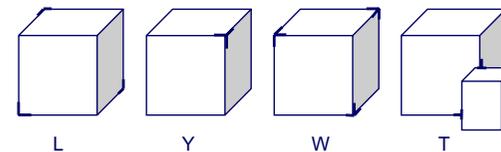
Problem: Je nach Bedeutung der Wörter, sind unterschiedliche Strukturen korrekt:



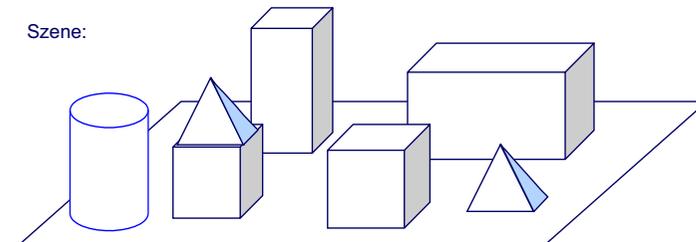
Nach: Hinkelmann



Kantentypen:



Szene:



Quelle: Hinkelmann



- **Ziel** ist die Verwendung mathematischer Logik zum Folgern aus Fakten und Annahmen
- **Anwendungen:** (semi-)automatisches Beweisen von mathematischen Sätzen, Entwurf von Inferenzmechanismen für XPS, Programmverifikation, Programmsynthese aus deskriptiver Spezifikation
- **Problem:** extrem große Suchräume, Terminierung nicht gesichert, Benutzerinteraktion
- **Ansätze:** taktisches Theorembeweisen, Benutzer greift in die Steuerung ein, Lemmagenerierung

33



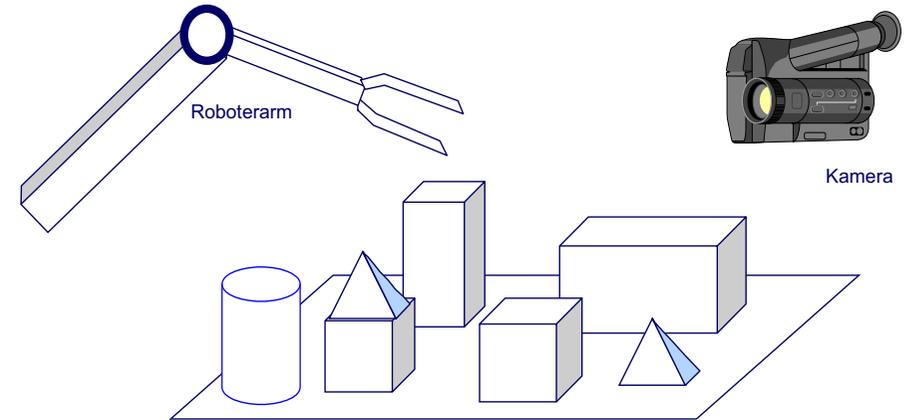
- **Ziel** ist die Gestaltung weitgehend autonomer und selbstlernender Roboter
- **Anwendungen:** autonome Transportsysteme, Weltraum & Tiefsee, Krankenhaus & Haushalt, Robo-Cup
- **Probleme:** komplexe Sensorik + Motorik + Planen, Echtzeitfähigkeit, "Überraschungen", Frame-Problem
- **Methoden:** maschinelles Lernen, Schichtenarchitekturen, Planen mit means-end-analysis, Skelettplanen, "kurzgeschlossene Reflexbögen", reaktives Planen, Kommunikation & Kooperation (Multiagentensysteme)

34



[Winograd, 1972]

„Gib mir die blaue Pyramide auf dem Klotz!“



Quelle: Hinkelmann

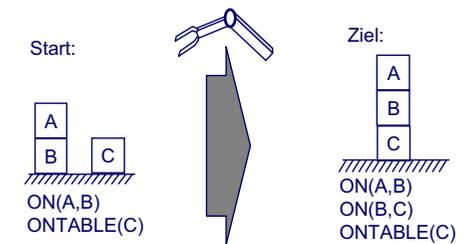
35

Beispiel für Planen: Blockswelt



Operatoren (vereinfacht):

- STACK(X,Y): *(lege X auf Y)*
 Vorher: HOLDING(X)
 CLEAR(Y)
 Nachher: ON(X,Y)
 HANDEMPTY
- UNSTACK(X,Y): *(hebe X auf, wobei X auf Y steht)*
 Vorher: ON(X,Y)
 CLEAR(X)
 HANDEMPTY
 Nachher: HOLDING(X)
 CLEAR(Y)
- PICKUP(X): *hebe X vom Tisch auf*
 Vorher: HANDEMPTY
 ONTABLE(X)
 CLEAR(X)
 Nachher: HOLDING(X)
- PUTDOWN(X): *lege X auf den Tisch*
 Vorher: HOLDING(X)
 Nachher: HANDEMPTY
 ONTABLE(X)



Plan:

- UNSTACK(A,B)
- PUTDOWN(A)
- PICKUP(B)
- STACK(B,C)
- PICKUP(A)
- STACK(A,B)

Quelle: Hinkelmann

36



- **Ziel** ist es, das Spezialwissen und die Schlußfolgerungsfähigkeiten qualifizierter Fachleute bei bestimmten Spezialaufgaben nachzubilden und so zu vergleichbaren oder besseren Problemlösungen zu kommen
- **Anwendungen** z.B. in technischer oder medizinischer Diagnose oder bei der Arbeitsplanung
- **Probleme:** Wissen kaum explizierbar, allgemeines Weltwissen, jahrelange Erfahrung modellieren, Wissensakquisition, komplexe Schlußfolgerungsstrategien, große Suchräume, vielfältige Wissensarten
- **Methoden:** Wissensrepräsentation & Inferenz, wiederverwendbare Ontologien und Problemlösungsmethoden, Deklarativität

37

Expertensysteme (auch: wissensbasierte Systeme)



Die beiden Begriffe *Expertensystem* und *wissensbasiertes System* werden weitgehend synonym verwendet für Softwaresysteme, die auf Methoden der Künstlichen Intelligenz basieren.

“Ein Expertensystem ist ein Computerprogramm, welches Spezialwissen und Schlußfolgerungsfähigkeiten von menschlichen Experten in einem begrenzten Aufgabengebiet nachbildet und somit Problemstellungen mit einer einem Experten vergleichbaren Leistung löst.”

Expertensysteme gibt es für verschiedene Klassen von Aufgaben:

- Diagnose
- Konfiguration
- Planung
- Konstruktion / Design



Ein **Expertensystem** ist eine Applikation, die Methoden der Künstlichen Intelligenz anwendet:

- stellt **Wissen** dar
 - auf einem eng begrenzten Gebiet
 - problemangepasst
- zieht daraus **Schlüsse**
 - algorithmisch
 - heuristisch
- **erklärt** die Schlüsse
 - unter Bezug auf Falldaten
 - im Dialog mit dem Benutzer

39

Wissensdarstellung durch Regeln



Regeln sind eine klassische, weit verbreitete Programmierform für Expertensysteme:

WENN	(Batterie ok) und (Wert Tankuhr > 0) und (Benzinfilter sauber)
DANN	(Problem = Zündanlage)

- Modellierung menschlichen Problemlöseverhaltens
- Natürliche Ausdrucksform zur Darstellung von Expertenwissen:
 - Erfahrungen basieren auf Problemen, die der Experte früher gelöst hat.
 - Diese Erfahrungen hat der Experte in Faustregeln abstrahiert.
 - Wenn ein Experte mit einem neuen Problem konfrontiert wird, wendet er die passende Faustregel an.

40

Regelbasierte Programmierung



Es gibt verschiedene Arten von Regeln

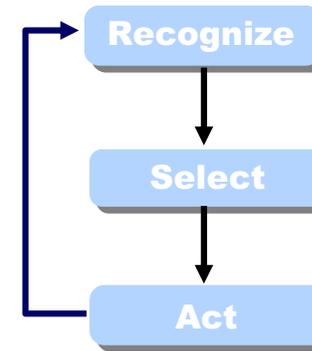
- Produktionsregeln
Intendierte Bedeutung: *“Falls in der aktuellen Datenbasis die Bedingung erfüllt ist, führe die Aktion aus”*
- Logische Regeln
Intendierte Bedeutung: *“Falls in der aktuellen Datenbasis die Bedingung wahr ist, dann ist auch die Folgerung wahr”*

Unterschied zwischen Regeln und IF-THEN-Anweisung in Programmiersprachen

- Konventionelle Programme haben einen Kontrollfluss: Eine IF-THEN-Anweisung wird nur ausgeführt, wenn das Programm an die entsprechende Stelle kommt
- In regelbasierten Systemen überprüft die Inferenzkomponente zu jedem Zeitpunkt **alle** Regeln, ob ihre Bedingung erfüllt ist
 - Regeln verhalten sich wie **WHENEVER-THEN**

41

Regelanwendung: Recognize-Select-Act Zyklus



Datengetriebene Verarbeitung: Wenn alle Bedingungen einer Regel durch Fakten der Wissensbasis erfüllt sind, dann führe die Aktion aus.

- Recognize: Finde alle Regeln, deren Bedingungsteil erfüllt sind.
- Select: Wenn mehr als eine Regel anwendbar ist, wird eine Regel ausgewählt (Konfliktlösung).
- Act: Führe die Aktion der selektierten Regel aus.

Terminierungsbedingungen: Stop, wenn

- keine Regel mehr anwendbar ist oder
- wenn die Aktion "halt" ausgeführt wird

Regelbasierte Fehlerdiagnose bei einem KfZ



Regelbasis:

R1	WENN (Anlasser arbeitet normal) DANN (Batterie ok)
R2	WENN (Batterie ok) UND (Wert Tankuhr > 0) UND (Benzinfilter sauber) DANN (Problem = Zündanlage)
R3	WENN (Batterie ok) UND (Tankuhr > 0) UND (NICHT Benzinfilter sauber) DANN (Defekt = Benzinzuleitung)
R4	WENN (NICHT Scheibenwischer ok) UND (NICHT Licht ok) DANN (Defekt = Batterie leer)
R5	WENN (NICHT Wert Tankuhr > 0) DANN (Defekt = Tank leer)
R6	WENN (Problem = Zündanlage) UND (Verteilerdose ok) DANN (Defekt = Zündspule)

Fakten des aktuellen Falls:

Anlasser arbeitet normal
Scheibenwischer ok
Licht ok
Wert Tankuhr > 0
Benzinfilter sauber
Verteilerdose ok

Abgeleitete Fakten:

Batterie ok
Problem = Zündanlage
Defekt = Zündspule

42

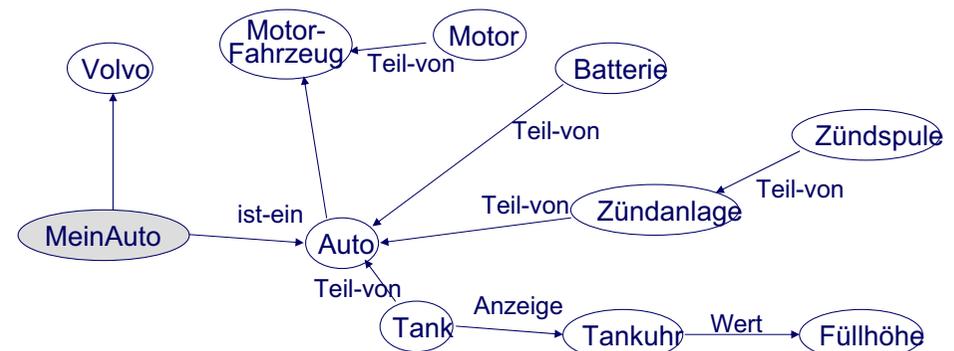
Andere Formen der Wissensrepräsentation



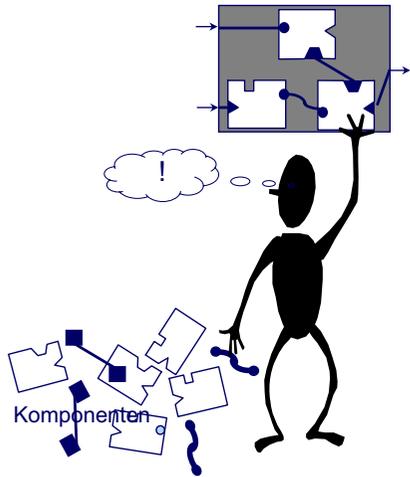
Domänenwissen: Wissen über

- Objekte und
- ihre Beziehungen

Beziehungen zwischen Objekten können teilweise automatisch erkannt und für die Verarbeitung genutzt werden



44

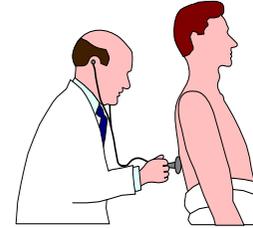


Konfigurierung: Zusammensetzung eines Systems auf einzelnen Komponenten

- Wissensbasis:
 - Katalog von Komponenten
 - Bedingungen über die Kompatibilität
- Input:
 - Anforderungen an die Lösung

Anwendungsbeispiele:

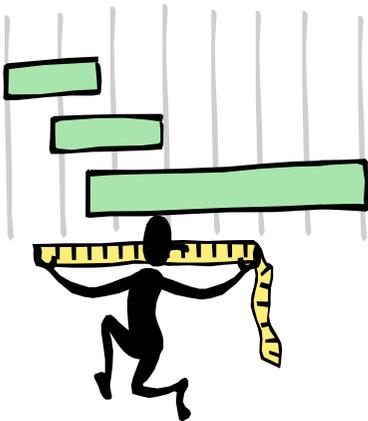
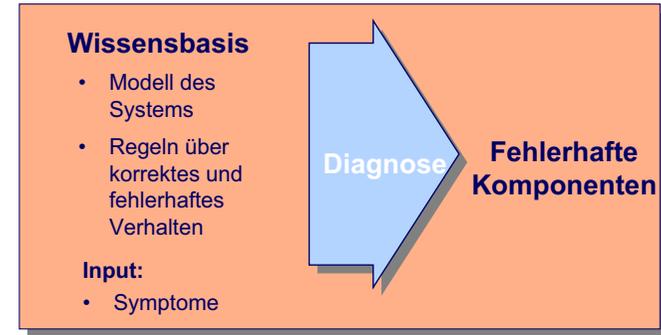
- R1/XCON: Configuration von VAX-Computern
- Konfiguration von Schaltschränken



Aufgabe der Diagnose: Identifiziere Gründe für das Fehlverhalten eines Systems, damit eine Therapie möglich wird

Anwendungsbeispiele:

- Medizin: Diagnose von Krankheiten
- Automobil: Diagnose von Motorschäden



Planen ist die Aufstellung einer Sequenz von Aktionen, die ausgehend von einem Startzustand einen gewünschten Zielzustand erreichen, unter Berücksichtigung aller Laufzeitbedingungen

- Wissensbasis:
 - Definition von Operatoren
- Input:
 - Beschreibung von Start- und Zielsituation
- Lösung
 - Plan: Sequenz von Aktionen

Anwendungsbeispiele:

- Produktionsplanung
- Reiseplanung



- Es gibt keine einheitliche Definition von Software-Agenten
- Ein Software-Agent ist ein Programm, das Menschen assistiert und in ihrem Auftrag arbeitet
- Personen können Arbeiten an Agenten delegieren
- Ein Agent ist
 - autonom
 - zielgerichtet: plant seine Aufgaben im Hinblick auf ein Ziel
 - reagiert auf seine „Umgebung“
 - kann mit anderen Agenten kooperieren um seine Aufgabe zu erfüllen
- Die Grenze zwischen Software-Agenten und anderen Programmen ist fließend.



Suchagent im Internet

- Suchen in heterogenen Informationsquellen: Webseiten, Datenbanken, ...
- der Agent kennt die Wünsche und auch die vorhandenen Informationen des Auftraggebers

Adressfinder

- Suchen nach Email-Adressen in unterschiedlichsten Quellen (Verzeichnisse, Anfrage an Kollegen usw.)

Beantwortung von Emails im CRM

- Anfrage interpretieren
- Informationen sammeln und Antwort schicken
- evtl. an Mitarbeiter delegieren

Verwaltung von Terminen und Aufgaben

- Absprache mit Agenten anderer Personen, um einen Termin zu finden

Shopbot: Einkaufsagent

- Suchen von Angeboten mit dem günstigsten Preis
- evtl. Preisverhandlungen führen