



C. Künstliche Intelligenz



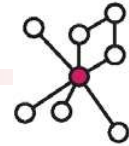
Siehe [Norvig, Russell 2004].

Dimensionen der Künstlichen Intelligenz



Systeme, die wie Menschen denken	Systeme, die rational denken
Systeme, die wie Menschen handeln	Systeme, die rational handeln

Menschliches Verhalten: Der Turing Test

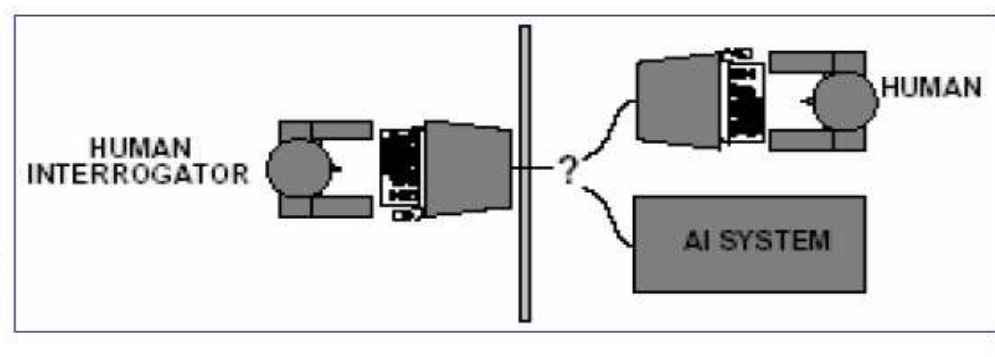


Def.: Intelligentes Verhalten ist die Fähigkeit, menschliche Performanz in allen kognitiven Bereichen zu erreichen, so dass ein Interviewer getäuscht wird.

Turing Test (1950): Ein Mensch kann (nach 30 Minuten freiem Dialog) nicht entscheiden, ob sein Gegenüber ein Mensch oder eine Maschine ist (Kommunikation nur über Terminal).

Erforderliche Fähigkeiten:

- Sprachverarbeitung
- Wissensrepräsentation
- Schlussfolgerungsfähigkeit
- Lernfähigkeit



Eweiterung zu totalem Turing Test für Umgang mit physikalischen Objekten:

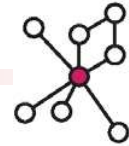
- Bildverarbeitung
- Robotik

Loebner-Preis für Turing-Test



- 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

Menschliches Denken: Kognitionswissenschaft



Voraussetzung für den Turing Test ist, dass Programme ähnlich wie Menschen denken. Menschliches Denken wird von der **Kognitionswissenschaft** untersucht. Zugangsmethoden:

- Introspektion
- Psychologische Experimente

Falls eine hinreichend präzise Theorie aufgestellt wurde, kann man sie als Computerprogramm ausdrücken und vergleichen, ob dessen Ein-/Ausgabeverhalten dem von Menschen entspricht.

Abstraktionsebene: "Wissen" oder "neuronale Schaltkreise"?

Letzteres ist Gegenstand der **Neurowissenschaften**

Zugangsmethode: Beobachtung des Gehirn

KI, Kognitionswissenschaft & Neurowissenschaften eigenständig

Rationales Denken: "Gesetze des Denkens"



Logisches Schließen: Gesetze, die richtige Schlußfolgerungen aus richtigen Prämissen ableiten.

Beispiel: Syllogismus von Aristoteles:

Prämisse 1: Alle Menschen sind sterblich.

Prämisse 2: Sokrates ist ein Mensch.

Konklusion: Sokrates ist sterblich.

Im Gegensatz etwa zur Arithmetik können mit der Logik sehr viele Aussagen über die Welt und ihre Relationen gemacht werden.

Seit 1965 existieren Programme, die mit genügend Zeit und Speicherkapazität für beliebige in logischer Sprache formulierten Probleme eine Lösung finden, sofern eine Lösung existiert.

Probleme dieses Ansatzes:

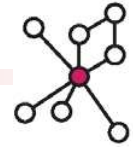
- Formulierung eines informellen Problems in logischer Sprache.
- Unterschied, etwas prinzipiell oder tatsächlich tun zu können.

Grundlagendisziplinen der KI



- **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 rationale Entscheidungen
- **Linguistik:** Wissensrepräsentation, Grammatik
- **Neurowissenschaften:** physische Gegenstände für mentale Aktivitäten
- **Kontrolltheorie:** homöostatische Systeme, Stabilität, einfache Entwürfe für optimale Agenten

Geschichte der Künstlichen Intelligenz



1942 - 1956: Vorlaufphase

1952 - 1969: Früher Enthusiasmus, große Erwartungen

1966 - 1974: Relativierung durch Realitätsbezug

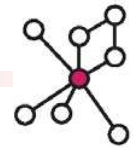
1969 - 1979: Wissensbasierte Systeme

1980 - 1988: Beginn der wissensbasierten Industrie

1985 - 1995: Rückkehr der Neuronalen Netze

seit 1995 Agenten

Vorlaufphase der KI (1943-56)



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

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

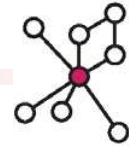
1951: Minsky (mit Edmonds) bauen ersten Neuronalen Computer

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".

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.

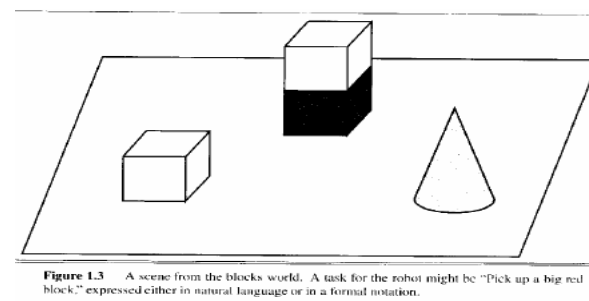
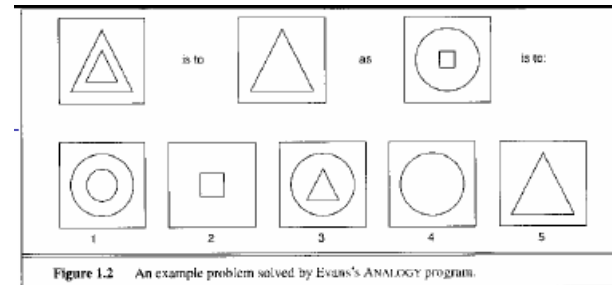
- **Logic Theorist** (Newell & Simon, CMU): Beweisen mathematischer Theoreme.
- **General Problem Solver** (Newell & Simon, CMU): Allgemeine Problemlöse-Architektur.
- **Geometry Theorem Prover** (Gelernter, IBM): Benutzung einer numerischen Repräsentation von Diagrammen beim Beweisen.
- **Checker-Program**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

Früher Enthusiasmus 1952-69 (2)

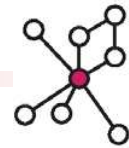


Explizite Wissensrepräsentation

- Mikrowelten (Minsky, MIT)
 - SAINT (Slage, 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).

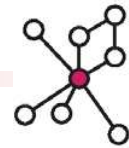


Relativierung durch Realitätsbezug (1966-74)



- 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 & ein wichtiges neues mathematisches Theorem maschinell bewiesen worden sei.
- Entdecken der Skalierungsprobleme: "Wenn ein Programm ein Problem im Prinzip lösen kann, heißt 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 2 Unis)
- Die von Minsky & Papert (1969) gezeigten theoretischen Grenzen von Perceptrons führen zu einem weitgehenden Ende der Forschungsförderung im Bereich neuronaler Netze

Wissensbasierte Systeme (1969-79)



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

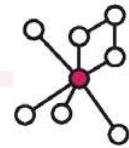
- **DENDRAL** (Stanford, 1969): Interpretation von Massenspektrogrammen zur Aufklärung von Molekül-Strukturformeln.
- **MYCIN** (Shortliffe, Stanford, 1976): "Großvater der Expertensysteme"; Antibiotikumtherapie; Trennung Regeln & Inferenz

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.

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 \approx 2 Mrd. \$.

1988-93 Rückschlag wegen zu hoher Erwartungen ("**KI-Winter**";).

Rückkehr der Neuronalen Netze (1986-95)



Das Buch von Rumelhard & 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).

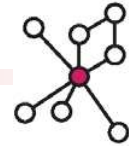
→ siehe Vorlesung „Knowledge Discovery“

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

Gegenwärtige Trends



KI ist etabliert. Meiste Informatik-Abteilungen haben KI-Professur, wissenschaftliche Techniken werden in 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)

Betonung logischer Grundlagen (z.B. Hidden Markov Models, Bayessche Netze, logik-basierte Wissensrepräsentationen):

- "Normative versus empirische Expertensysteme".
- Agenten; Verbreitung über Internet

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