



Hochschule für Angewandte  
Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# Intelligente Systeme

– Überblick –

**Prof. Dr. Michael Neitzke**

# Was erwarten Sie in dieser Veranstaltung?

# Was ist Künstliche Intelligenz?

- Zahllose Definitionen in Fachbüchern und Fachartikeln
  - Z. B. in Luger: „Künstliche Intelligenz – Strategien zur Lösung komplexer Probleme“:

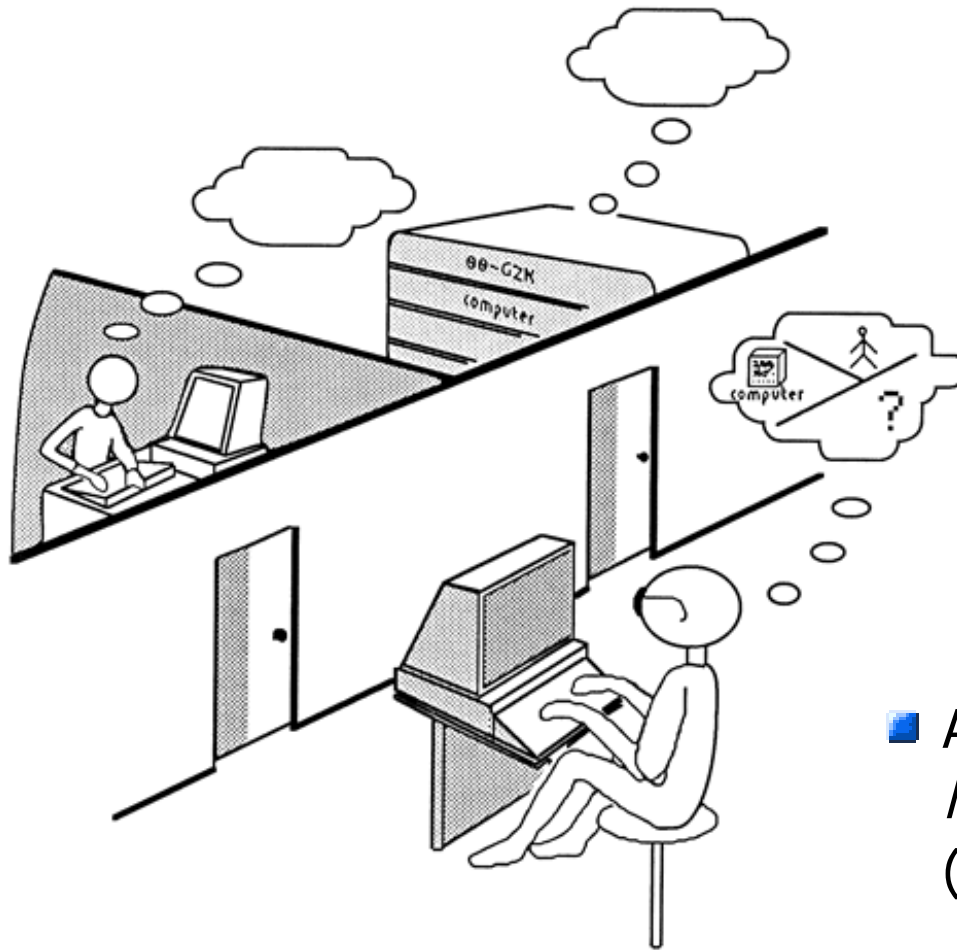
***Künstliche Intelligenz ist der Zweig der Informatik, der sich mit der Automatisierung intelligenten Verhaltens befasst.***

- Sie finden eine Kategorisierung von Definitionen künstlicher Intelligenz und philosophische Betrachtungen in Russell, Norvig: „Künstliche Intelligenz – Ein moderner Ansatz“
- Also an Anwendungen, Problemstellungen orientiert
  - Nicht an Technologien
- Was ist erreichbar?

# Zentrale Hypothesen der Künstlichen Intelligenz

- Schwache KI-Hypothese:  
***Maschinen können intelligent handeln***
- Starke KI-Hypothese:  
***Maschinen können wirklich denken***
- Offensichtlich eine Frage der Definition:
  - Was ist intelligentes Handeln?
  - Was ist Denken?

# Der Turing-Test

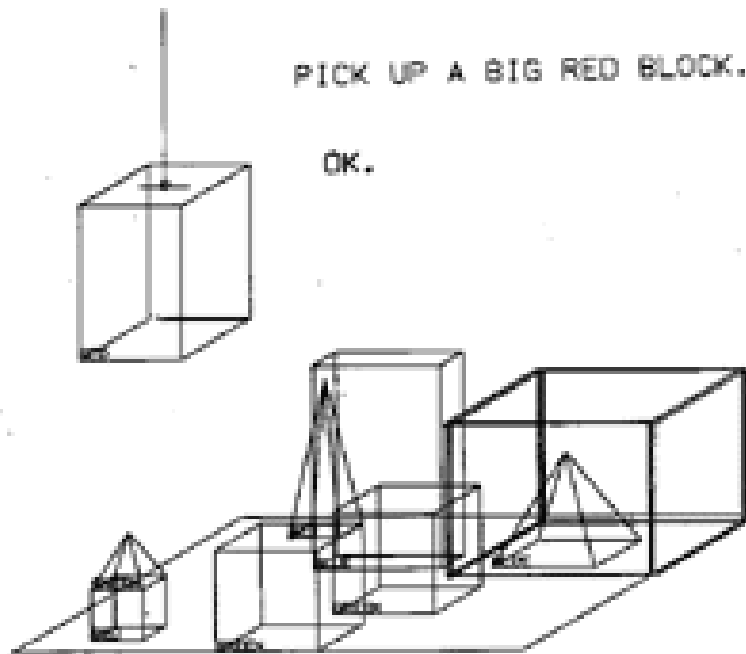


- Alan Turing: „*Computing Machinery and Intelligence*“ (1950)
- Intelligenztest für Maschinen

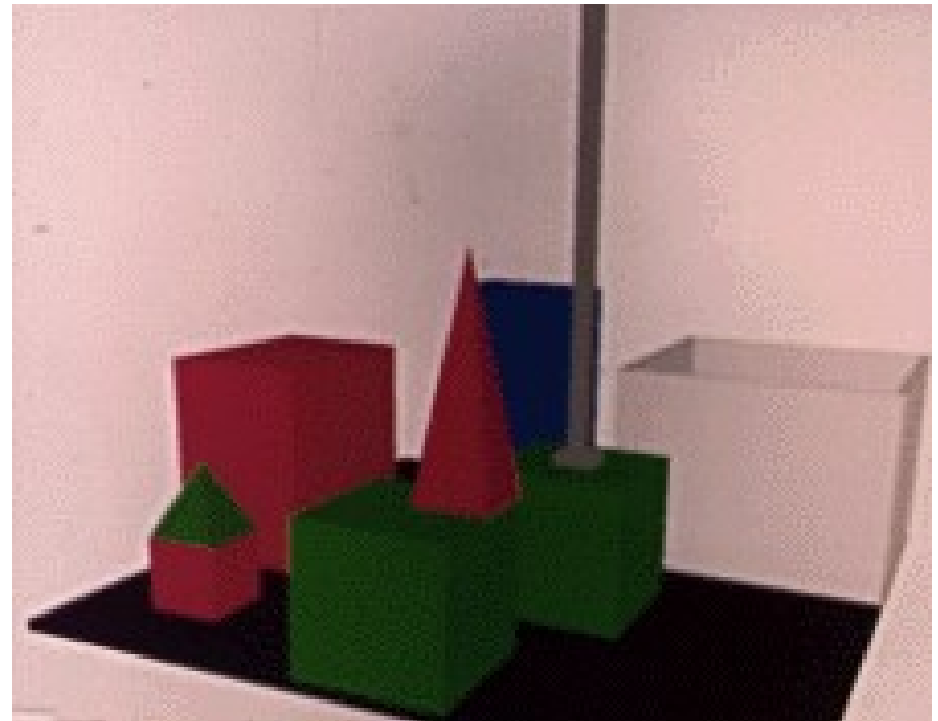
# Turing-Test: Bedingungen und Resultate

- Fragensteller (Experte): Darf beliebige Fragen stellen
- Computer: Gibt sich als Mensch aus
- Mensch: Gibt sich als Mensch aus
- Dauer: 5 min
- Erfolgreiche Täuschung in 30% der Fälle
- Turings Vorhersage: Im Jahr 2000 sind Computer soweit
- 25% Täuschung im Oktober 2008
- 59,3% Täuschung im September 2011, nur 63,3% Zustimmung gegenüber menschlichen Gesprächspartnern (4 min Test)
  - 1334 Teilnehmer, jedoch keine Experten

# Terry Winograd: SHRDLU (1968-1970)



Original screen display



Later color rendering

# The dialog that was used as a SHRLDU demo (1)

Person: PICK UP A BIG RED BLOCK.

Computer: **OK. (does it)**

Person: GRASP THE PYRAMID.

Computer: **I DON'T UNDERSTAND WHICH PYRAMID YOU MEAN.**

Person: FIND A BLOCK WHICH IS TALLER THAN THE ONE YOU ARE HOLDING AND PUT IT INTO THE BOX.

Computer: **BY "IT", I ASSUME YOU MEAN THE BLOCK WHICH IS TALLER THAN THE ONE I AM HOLDING.**

Computer: **OK. (does it)**

Person: WHAT DOES THE BOX CONTAIN?

Computer: **THE BLUE PYRAMID AND THE BLUE BLOCK.**

Person: WHAT IS THE PYRAMID SUPPORTED BY?

Computer: **THE BOX.**



## The dialog that was used as a SHRLDU demo (2)

Person: HOW MANY BLOCKS ARE NOT IN THE BOX?

Computer: **FOUR OF THEM.**

Person: IS AT LEAST ONE OF THEM NARROWER THAN THE ONE WHICH I TOLD YOU TO PICK UP?

Computer: **YES, THE RED CUBE.**

Person: IS IT SUPPORTED?

Computer: **YES, BY THE TABLE.**

Person: CAN THE TABLE PICK UP BLOCKS?

Computer: **NO.**

Person: CAN A PYRAMID BE SUPPORTED BY A BLOCK?

Computer: **YES.**

Person: CAN A PYRAMID SUPPORT A PYRAMID?

Computer: **I DON'T KNOW.**

## The dialog that was used as a SHRLDU demo (3)

Person: STACK UP TWO PYRAMIDS.

Computer: **I CAN'T.**

Person: WILL YOU PLEASE STACK UP BOTH OF THE RED BLOCKS AND EITHER A GREEN CUBE OR A PYRAMID?

Computer: **OK. (does it)**

Person: WHICH CUBE IS SITTING ON THE TABLE?

Computer: **THE LARGE GREEN ONE WHICH SUPPORTS THE RED PYRAMID.**

Person: IS THERE A LARGE BLOCK BEHIND A PYRAMID?

Computer: **YES, THREE OF THEM: A LARGE RED ONE, A LARGE GREEN CUBE, AND THE BLUE ONE.**

Person: PUT A SMALL ONE ONTO THE GREEN CUBE WHICH SUPPORTS A PYRAMID.

Computer: **OK. (does it)**

## The dialog that was used as a SHRLDU demo (4)

Person: PUT THE LITTLEST PYRAMID ON TOP OF IT.

Computer: **OK. (does it)**

Person: DOES THE SHORTEST THING THE TALLEST PYRAMID'S SUPPORT SUPPORTS SUPPORT ANYTHING GREEN?

Computer: **YES, THE GREEN PYRAMID.**

Person: WHAT COLOR IS IT?

Computer: **BY "IT", I ASSUME YOU MEAN THE SHORTEST THING THE TALLEST PYRAMID'S SUPPORT SUPPORTS.**

Computer: **RED**

Person: HOW MANY THINGS ARE ON TOP OF GREEN CUBES?

Computer: **I'M NOT SURE WHAT YOU MEAN BY "ON TOP OF "IN THE PHRASE "ON TOP OF GREEN CUBES " .**

**DO YOU MEAN:**

**1 - DIRECTLY ON THE SURFACE**

**2 - ANYWHERE ON TOP OF ?**

## The dialog that was used as a SHRLDU demo (5)

Person: 2

Computer: **THREE OF THEM.**

Person: HAD YOU TOUCHED ANY PYRAMID BEFORE YOU PUT THE GREEN ONE ON THE LITTLE CUBE?

Computer: **YES, THE GREEN ONE.**

Person: WHEN DID YOU PICK IT UP?

Computer: **WHILE I WAS STACKING UP THE RED CUBE, A LARGE RED BLOCK AND A LARGE GREEN CUBE.**

Person: WHY?

Computer: **TO GET RID OF IT.**

Person: WHY DID YOU DO THAT?

Computer: **TO CLEAN OFF THE RED CUBE.**

Person: WHY DID YOU CLEAR OFF THAT CUBE?

## The dialog that was used as a SHRLDU demo (6)

Computer: **TO PUT IT ON A LARGE GREEN CUBE.**

Person: WHY DID YOU DO THAT?

Computer: **TO STACK UP THE RED CUBE , A LARGE RED BLOCK AND A LARGE GREEN CUBE.**

Person: WHY DID YOU DO THAT?

Computer: **BECAUSE YOU ASKED ME TO.**

Person: HOW DID YOU DO IT?

Computer: **BY PUTTING A LARGE RED BLOCK ON THE TABLE ; THEN LETTING GO OF IT ; THEN PUTTING A LARGE GREEN CUBE ON IT ; THEN LETTING GO OF THAT CUBE ; THEN PUTTING THE RED CUBE ON THAT CUBE; THEN LETTING GO OF THAT CUBE.**

Person: HOW MANY OBJECTS DID YOU TOUCH WHILE YOU WERE DOING IT?

Computer: **FOUR OF THEM.**

## The dialog that was used as a SHRLDU demo (7)

- Person: WHAT DID THE RED CUBE SUPPORT BEFORE YOU STARTED TO CLEAN IT OFF?
- Computer: **THE GREEN PYRAMID.**
- Person: THERE WERE FIVE BLOCKS TO THE LEFT OF THE BOX THEN.
- Computer: **NO, ONLY FOUR OF THEM: THE RED CUBE, TWO LARGE GREEN CUBES AND A LARGE RED BLOCK.**
- Person: PUT THE BLUE PYRAMID ON THE BLOCK IN THE BOX.
- Computer: **OK. (does it)**
- Person: IS THERE ANYTHING WHICH IS BIGGER THAN EVERY PYRAMID BUT IS NOT AS WIDE AS THE THING THAT SUPPORTS IT?
- Computer: **YES, THE BLUE BLOCK.**

## The dialog that was used as a SHRLDU demo (8)

Person: DOES A STEEPLE...

Computer interrupting: **SORRY, I DON'T KNOW THE WORD "STEEPLE".**

Person: A "STEEPLE" IS A STACK WHICH CONTAINS TWO GREEN CUBES AND A PYRAMID.

Computer: **I UNDERSTAND.**

Person: ARE THERE ANY STEEPLES NOW?

Computer: **NO.**

Person: BUILD ONE.

Computer: **OK. (does it)**

Person: CALL THE BIGGEST BLOCK "SUPERBLOCK".

Computer: **OK.**

## The dialog that was used as a SHRLDU demo (9)

Person: HAVE YOU PICKED SUPERBLOCK UP SINCE WE BEGAN?

Computer: **YES.**

Person: WHY DID YOU DROP IT?

Computer: **BY "IT", I ASSUME YOU MEAN THE SUPERBLOCK.  
I CAN'T EXPLAIN A NON-EXISTENT EVENT.**

Person: IS THERE ANYTHING TO THE RIGHT OF THE RED  
PYRAMID?

Computer: **YES, FOUR THINGS: THE BOX, THE RED CUBE, THE  
BLUE PYRAMID AND THE BLOCK NAMED SUPERBLOCK**

Person: THANK YOU.

Computer: **YOU'RE WELCOME!**



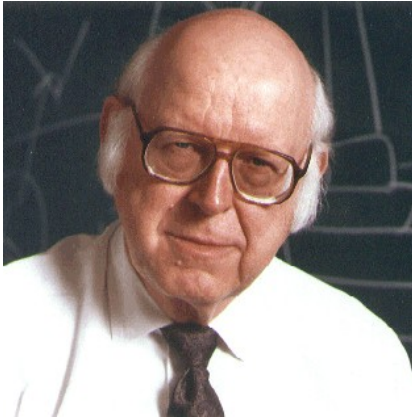
# Aufgaben, die Intelligenz erfordern

- In SHRDLU realisiert:
  - Natürliche Sprache verstehen
  - Planen
  - Natürliche Sprache erzeugen
- Weitere Aufgaben:
  - Bildverstehen
  - Textverstehen, Text Mining
  - Spielen
  - Konfigurieren
  - Fehlerdiagnose: technische, medizinische

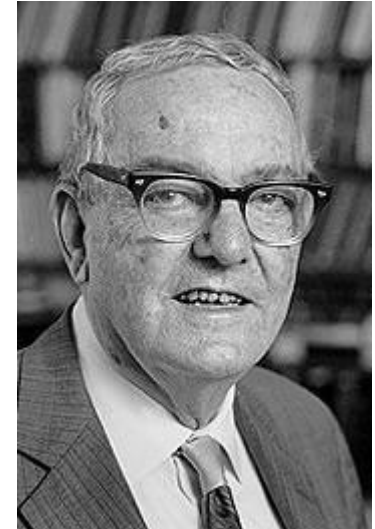
# Zwei konkurrierende Ansätze

- Symbolische KI
- Subsymbolische KI
  - Neuronale oder konnektionistische KI
  - Statistische Methoden
- Ein aktueller Vergleich:  
Frank Puppe: „Explizites Wissen versus Black Box Ansätze in der KI“
  - <http://www.springerlink.com/content/l282456t67024640/fulltext.pdf>

# Physical Symbol System Hypothesis



Allen Newell (†1992),  
Herbert Simon (†2001) 1976:  
*A physical symbol system has  
the necessary and sufficient means  
for general intelligent action.*



- Physical symbol system:
  - Ein physisches System, das mit Symbolen arbeitet
  - Beliebige konkrete Implementierungen, z. B. aus Neuronen oder logischen Schaltkreisen
- Hinreichend: Intelligenz kann durch ein physisches Symbolsystem erzielt werden.
- Notwendig: Jedes System, das intelligent handelt, muss ein physisches Symbolsystem sein.

# Was sind Symbole?

- Beispiele:
  - hugo, KarlDerGrosse
  - 12, 6, 176
  - $\forall$ ,  $=$ ,  $\neg$
- Können der Repräsentation von Objekten, Eigenschaften, Beziehungen, Ereignissen der realen Welt dienen
- Symbole „stehen für etwas“

# Basistechnologien der symbolischen KI

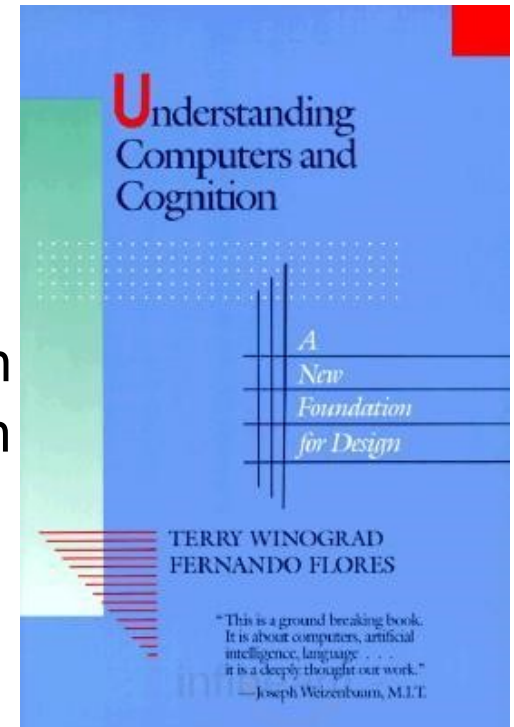
- Logiken, Beweisverfahren
  - Aussagenlogik
  - Prädikatenlogik
  - Beschreibungslogiken
  - Hornklausel-Logik, Definite-Klausel-Grammatik
  - Nichtmonotone Logiken
- Suchverfahren
  - Uninformierte Suche
  - Heuristische Suche
  - Constraints
- Lernverfahren
  - Entscheidungsbäume
  - Ähnlichkeitsräume

# Basistechnologien der subsymbolischen KI

- Lernverfahren
  - Unüberwachtes Lernen
  - Überwachtes Lernen
    - Neuronale Netze
    - Support Vector Machines
- Unsicheres Schließen
  - Bayes-Netze

# Kritik an der KI: Terry Winograd, Fernando Flores

- Ein Text hat keine objektive Bedeutung, ist vom Kontext abhängig, vom Hintergrund desjenigen, der ihn verfasst und desjenigen, der ihn interpretiert.
- Menschen tragen keine mentale Repräsentation einer objektiven Welt in sich.



# Kritik an der KI: Joseph Weizenbaum († 2008)

## ■ Entwickler von Eliza

Beispiel:

Men are all alike.

IN WHAT WAY?

They're always bugging us about something or other.

CAN YOU THINK OF A SPECIFIC EXAMPLE?

Well, my boyfriend made me come here.

YOUR BOYFRIEND MADE YOU COME HERE

He says I'm depressed much of the time.

I AM SORRY TO HEAR YOU ARE DEPRESSED

It's true. I am unhappy

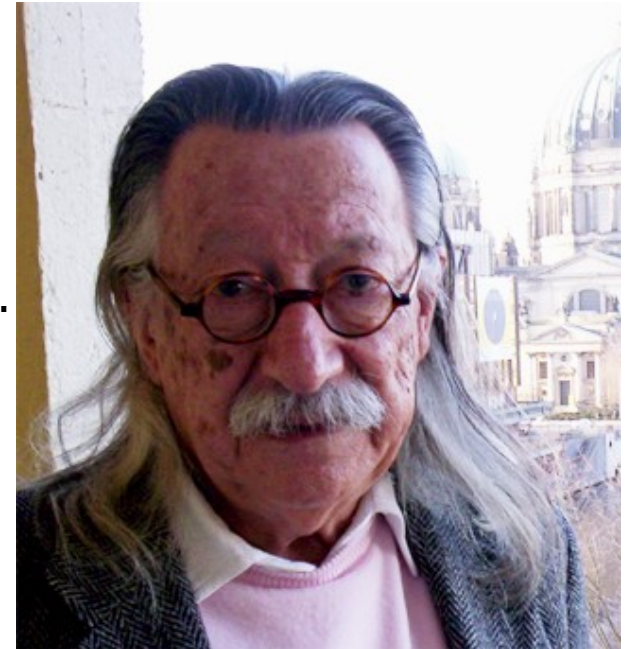
DO YOU THINK COMING HERE WILL HELP YOU NOT TO BE UNHAPPY

I need some help, that much seems certain.

WHAT WOULD IT MEAN TO YOU IF YOU GOT SOME HELP

Perhaps I could learn to get along with my mother.

TELL ME MORE ABOUT YOUR FAMILY...





# Kritik an der KI: Hubert Dreyfus

- Prof. für Philosophie in Berkeley
- Einige Titel:
  - Alchemy and Artificial Intelligence (1964)
  - What Computers Can't Do:  
The Limits of Artificial Intelligence (1972)
  - What Computers Still Can't Do:  
A Critique of Artificial Reason (1979)
  - Mind Over Machine (1986)



# Persönliche Bewertung

## ■ der symbolischen KI:

- Es wird nicht menschliches Denken nachgebildet, sondern es werden menschliche Denkmodelle bereitgestellt.
- Aufgaben, die Intelligenz erfordern, werden von nicht-symbolischen Methoden häufig besser gelöst als von den symbolischen.
- Nicht-symbolische Verfahren taugen aber nicht zur bewussten Modellierung von Wissen durch den Menschen.
- Deklarative Modellierung macht komplexe Aufgabenstellungen handhabbar.

## ■ der KI insgesamt:

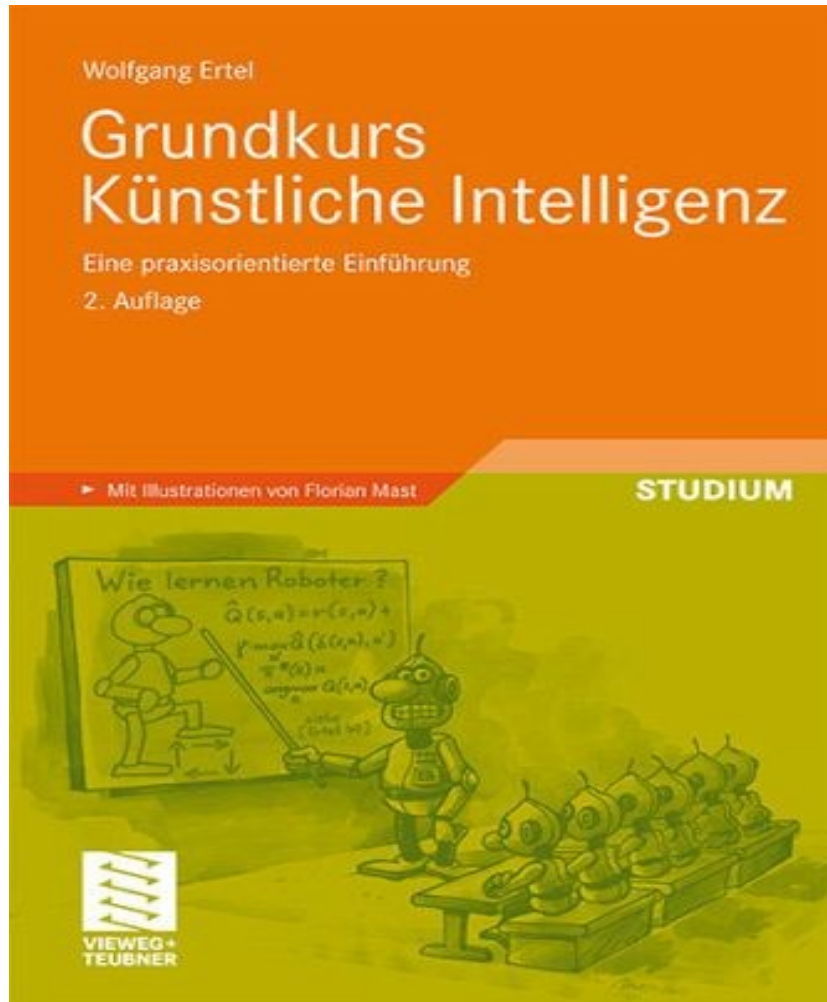
- Phänomenologische Sicht: Was intelligent wirkt, darf intelligent genannt werden
- Das spannendste Gebiet der gesamten Informatik!

# Literatur: [LC 08]



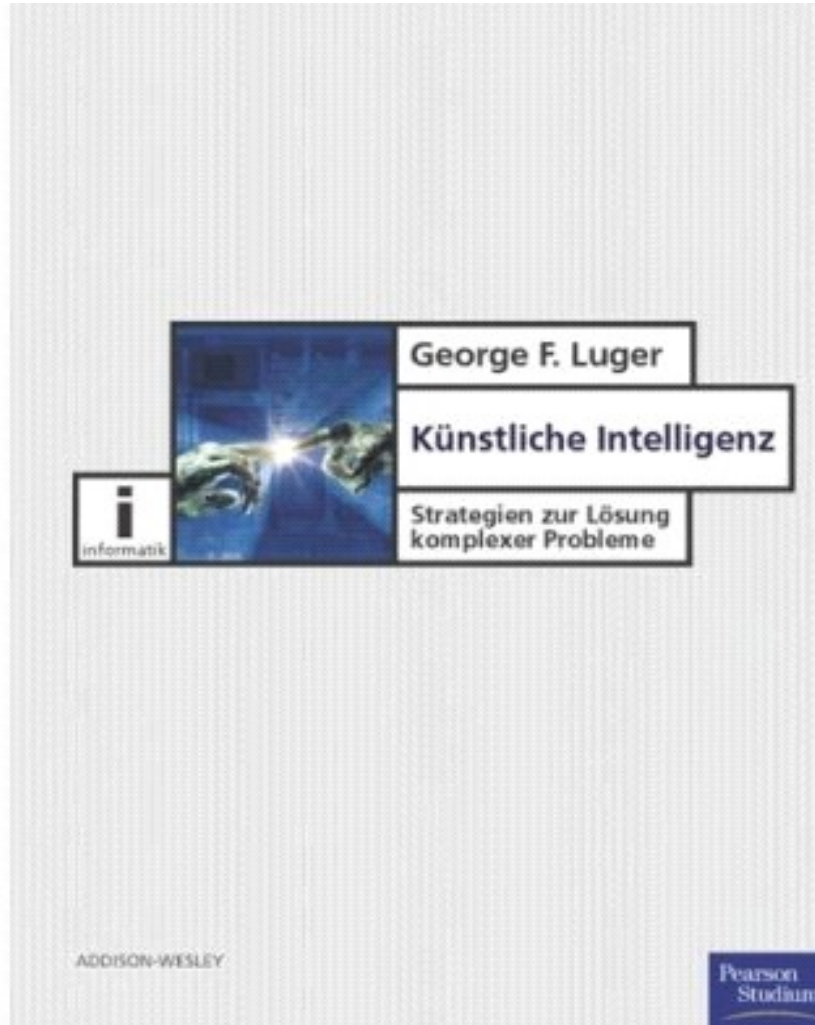
- Dritte Auflage von 2008
- Sehr verständlich
- Es wird nicht alles abgedeckt
- Neuronale Netze ausführlich

# Literatur: [Ert 09]



- Zweite Auflage von 2009 verwendet
- Sehr verständlich
- Guter Überblick über die wichtigsten Gebiete der KI

# Literatur: [Lug 01]



- Vierte Auflage von 2001 verwendet

# Literatur: [RN 04]



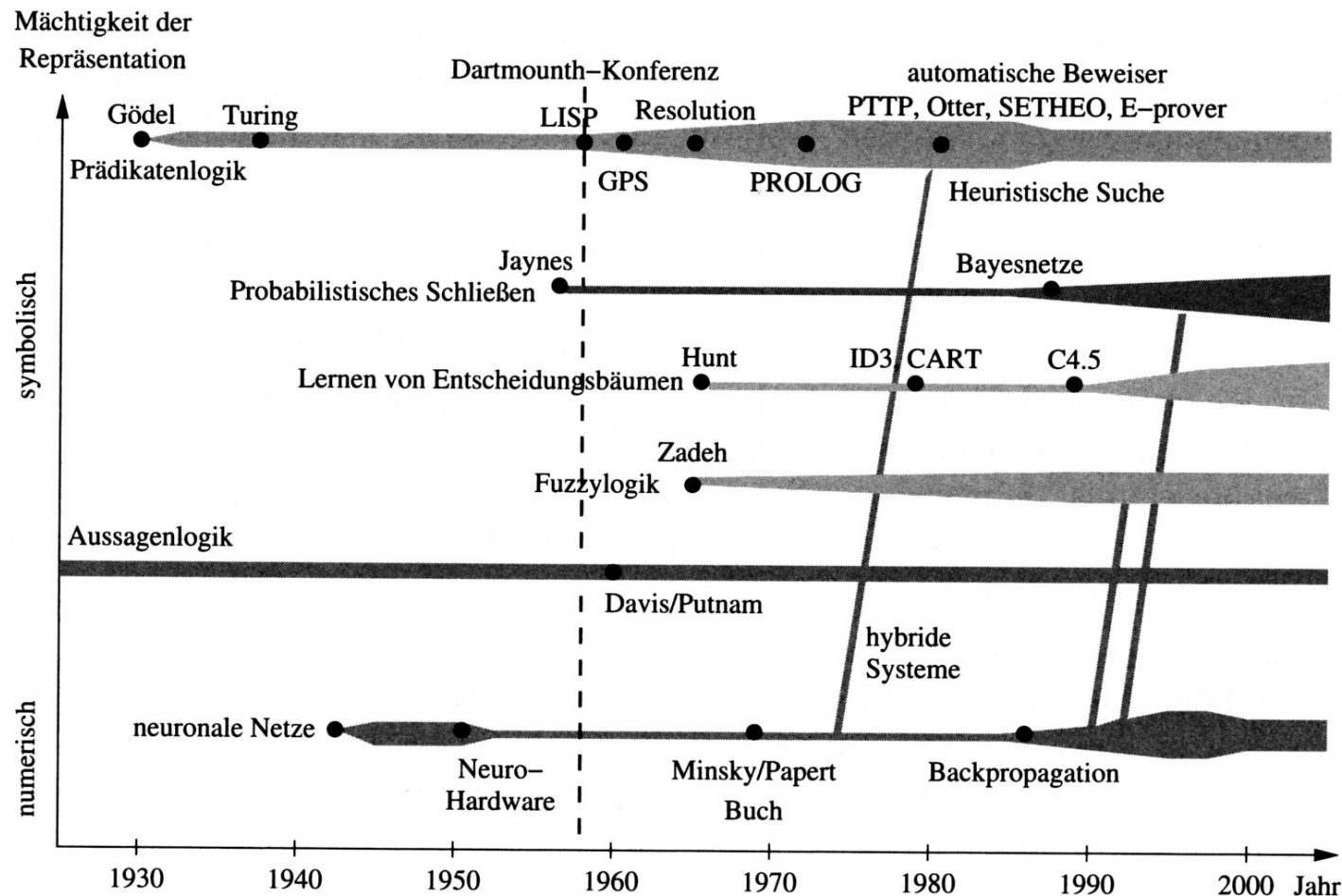
Das Standardwerk der KI

Sehr umfassend

Evt. die Originalausgabe bevorzugen



# Geschichte und Bedeutung von KI-Technologien



**Abbildung 1.3:** Die Geschichte der verschiedenen KI-Ausrichtungen. Die Breite der Balken soll die Verbreitung der Methode in Anwendungen andeuten.

# Meilensteine der KI (1)

- 1931** Der Österreicher Kurt Gödel zeigt, dass in der **Prädikatenlogik** erster Stufe alle wahren Aussagen herleitbar sind [Göd31a]. In Logiken höherer Stufe hingegen gibt es wahre Aussagen, die nicht beweisbar sind [Göd31b, Gue02].<sup>5</sup>
- 1937** Alan Turing zeigt mit dem Halteproblem Grenzen intelligenter Maschinen auf [Tur37].
- 1943** McCulloch und Pitts modellieren **neuronale Netze** und stellen die Verbindung zur Aussagenlogik her.
- 1950** Alan Turing definiert über den **Turingtest** Intelligenz von Maschinen und schreibt über lernende Maschinen und genetische Algorithmen [Tur50]
- 1951** Marvin Minsky entwickelt einen Neuronenrechner. Mit 3000 Röhren simuliert er 40 Neuronen.
- 1955** Arthur Samuel (IBM) baut lernfähige Dame Programme, die besser spielen als ihre Entwickler [Sam59].
- 1956** McCarthy organisiert eine Konferenz im Dartmouth College. Hier wird der Name **Artificial Intelligence** eingeführt.  
Newell und Simon von der Carnegie Mellon University (CMU) stellen den *Logic Theorist*, das erste symbolverarbeitende Programm, vor [NSS83].



# Meilensteine der KI (2)

- 1958** McCarthy erfindet am MIT (Massachusetts Institute of Technology) die Hochsprache **LISP**. Er schreibt Programme, die sich selbst verändern können.
- 1959** Gelernter (IBM) baut den Geometry Theorem Prover.
- 1961** Der General Problem Solver (GPS) von Newell und Simon imitiert menschliches Denken [NS61].
- 1963** McCarthy gründet das AI-Lab an der Stanford Universität.
- 1965** Robinson erfindet den **Resolutionskalkül** für Prädikatenlogik [Rob65] (3.5).
- 1966** Weizenbaum's Eliza-Programm führt Dialoge mit Menschen in natürlicher Sprache [Wei66] (1.1.2).
- 1969** Minsky und Papert zeigen in ihrem Buch *Perceptrons* auf, dass das Perzeptron, ein sehr einfaches neuronales Netz, nur lineare Zusammenhänge repräsentieren kann [MP69] (1.1.2).
- 1972** Der Franzose Alain Colmerauer erfindet die Logikprogrammiersprache **PROLOG** (5).  
  
Der britische Mediziner de Dombal entwickelt ein **Expertensystem** zur Diagnose von Bauchkrankheiten [dDLS<sup>+</sup>72]. Es blieb in der bis dahin überwiegend amerikanischen KI-Community unbeachtet (7.3).

# Meilensteine der KI (3)

- 1976** Shortliffe und Buchanan entwickeln MYCIN, ein Expertensystem zur Diagnose von Infektionskrankheiten, das mit Unsicherheit umgehen kann (Kapitel 7).
- 1981** Japan startet mit großem Aufwand das „Fifth Generation Project“ mit dem Ziel, leistungsfähige intelligente PROLOG-Maschinen zu bauen.
- 1982** Das Expertensystem R1 zur Konfiguration von Computern spart der Digital Equipment Corporation 40 Millionen Dollar pro Jahr [McD82].
- 1986** Renaissance der neuronalen Netze unter anderem durch Rumelhart, Hinton und Sejnowski [RM86]. Das System Nettalk lernt das Vorlesen von Texten. [SR86] (9).
- 1990** Pearl [Pea88], Cheeseman [Che85], Whittaker, Spiegelhalter bringen mit den **Bayes-Netzen** die Wahrscheinlichkeitstheorie in die KI (7.4).  
Multiagentensysteme werden populär.



# Meilensteine der KI (4)

- 1992** Tesauros TD-Gammon Programm zeigt die Stärke des Lernens durch Verstärkung auf.
- 1993** Weltweite **RoboCup** Initiative zum Bau Fußball spielender autonomer Roboter [Roba].
- 1995** Vapnik entwickelt aus der statistischen Lerntheorie die heute wichtigen Support-Vektor-Maschinen.
- 1997** Erster internationaler RoboCup Wettkampf in Japan.
- 2003** Die Roboter im RoboCup demonstrieren eindrucksvoll, was KI und Robotik zu leisten imstande sind.

# Die Inhalte dieser Vorlesung

- Logik
- Prolog wird vorausgesetzt
- Verarbeitung natürlicher Sprache: Definite-Klausel-Grammatiken
- Suchen
- Planen
- Constraints
- Spielen
- Lernen