

Einführung in die Künstliche Intelligenz

Vorlesung
Sommersemester 2009

**Sebastian Rudolph
Institut AIFB
Karlsruher Institut für
Technologie (KIT)**

Dozent

➤ Sebastian Rudolph

⇒ Dr. rer. nat. in Mathematik (Algebra) an der TU Dresden

⇒ Projektleiter am Institut AIFB, Universität Karlsruhe

⇒ Erreichbarkeit:

⇒ rudolph@kit.edu

⇒ Tel.: +49 (721) 608 7362

⇒ Forschungsinteressen:

⇒ Wissensrepräsentation

⇒ Logik

⇒ Künstliche Intelligenz

⇒ Semantic Web

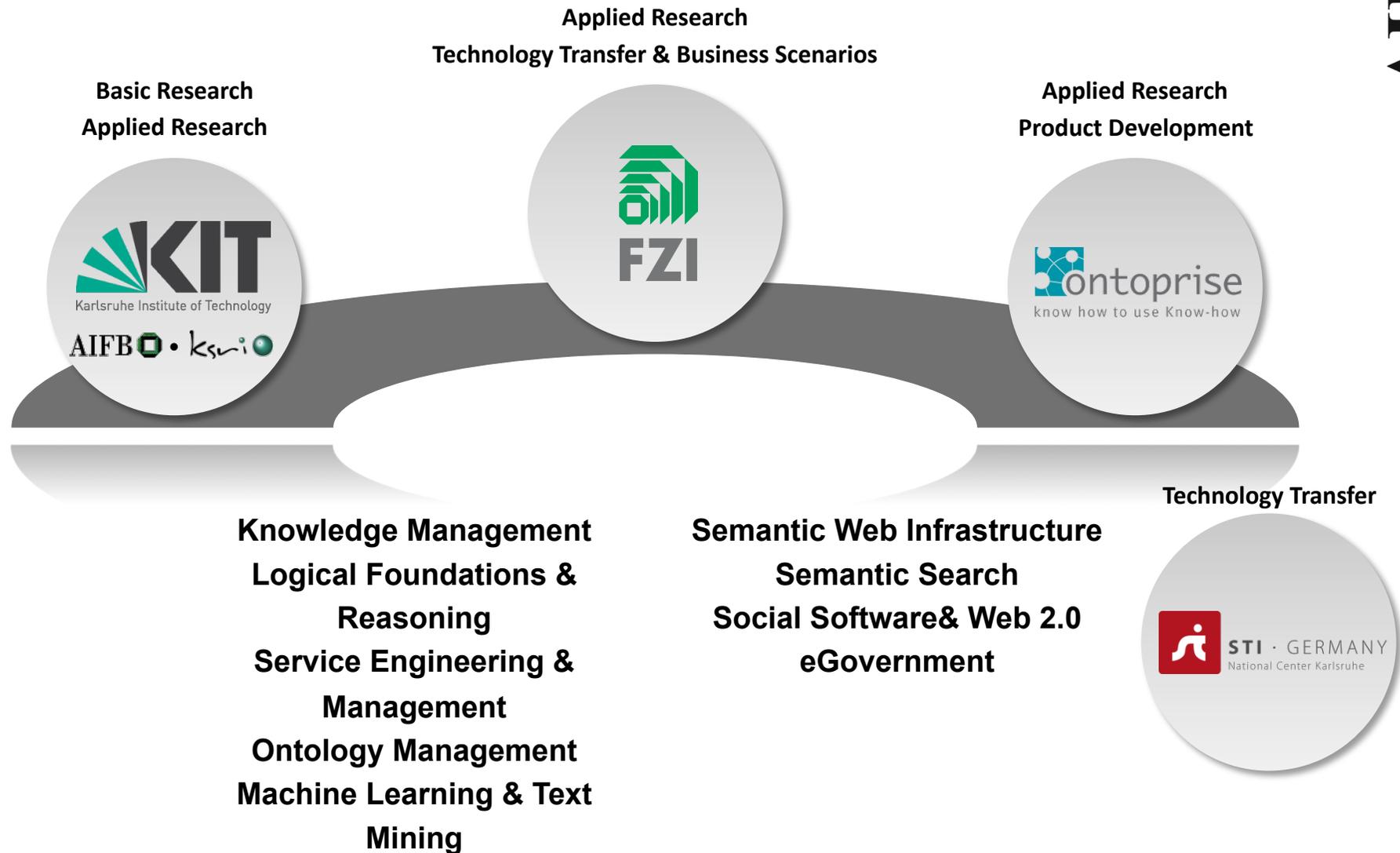
⇒ Komplexitätstheorie

⇒ Formale Begriffsanalyse

⇒ Methodologie der Wissensspezifikation



Karlsruhe – Location for Semantic Technologies



Partner und Projekte



semantic mediaWiki

ACTIVE
KNOWLEDGE - POWERED ENTERPRISE

SOA4ALL

TEAM

THESEUS

kseri
Karlsruhe Service Research Institute

SAP

sekt
taste knowledge
sekt.semanticweb.org

ONEFORE
@KIV

KompetenzNetzwerk
Wissensmanagement

SmartWeb

ime
Information Management and Market Engineering

empolis
BERTELSMANN MOHM MEDIA GRUPP

IBM

DERI

social semantic desktop

NEPOMUK

PROJECT HALO

NeOn

iBIT

STI INTERNATIONAL

UPM

BT

THE UNIVERSITY of MANCHESTER

Dresdner Bank
Advice you can bank on

X-MEDIA

meta4!

UNIVERSITY OF OXFORD

"Jožef Stefan" Institute

W3C

universität innsbruck

dip

vrije Universiteit amsterdam

INFORMATICS & TELEMATICS INSTITUTE

hp invent

DAIMLER

Mitarbeiter in Semantic Karlsruhe

AIFB

FZI



+ external Ph.D. students at SAP Research

+ ca. 40 people at Ontoprise

Und Du

- Fachrichtung?
- Semester?
- Erwartungen?
- Bisherige Erfahrungen?
- Worum geht es bei der Künstlichen Intelligenz?

Inhalt

- Überblick über Inhalte und Methoden der Künstlichen Intelligenz
- Geplant:
 - ⇒ Problemlösungsstrategien
 - ✧ Suchen
 - ✧ Constraintprogrammierung
 - ⇒ Wissensrepräsentation und Inferenz
 - ✧ Aussagenlogik, FOL
 - ✧ Frames
 - ✧ Unscharfe („fuzzy“) Logik, Bayes'sche Logik
 - ⇒ Maschinelles Lernen
 - ✧ symbolische und subsymbolische Verfahren
 - ✧ Genetische Algorithmen

Inhalt

- Nicht behandelt werden im Rahmen dieser Veranstaltung folgende Aspekte der KI
 - ⇒ Kommunikation
 - ⇒ Natürliche Sprachverarbeitung
 - ⇒ Wahrnehmung
 - ⇒ Robotik

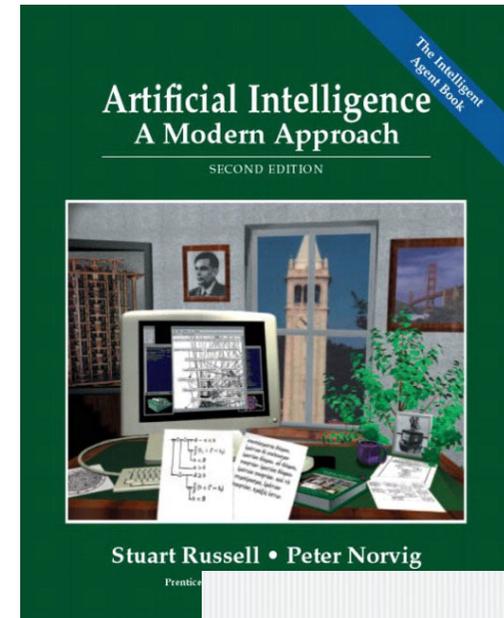
- Vorlesung und Folien orientieren sich teilweise an Materialien und Veranstaltungen von Prof. Rainer Malaka, Dr. Ulrich Scholz und Prof. Gerd Stumme

Literatur

- Stuart Russel, Peter Norvig:
Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence, Second Edition, 2002

deutsche Version:

- Stuart Russel, Peter Norvig:
Künstliche Intelligenz. Ein moderner Ansatz. Zweite Auflage, Pearson Studium, 2004



Literatur

- G. Görz, C.-R. Rollinger, J. Schneeberger (Hrsg.):
Handbuch der Künstlichen Intelligenz.
Oldenbourg, 2003



Konferenzen, Internet

➤ Konferenzen

⇒ IJCAI, AAI, ECAI, ...

➤ Spezielle Konferenzen/Worksops

⇒ KR, LPAR, ICML, AIMS, Agents,

➤ AI Resources

⇒ www.aaai.org/Resources/resources.php

➤ Organisationen:

⇒ www.eccai.org, www.ijcai.org, www.dfki.de

Zeitschriften

- JAIR
- AI Magazine
- KI
- AI
- AAI
- ETAI
- AI Reviews
- ...

Administrativa

- Ort: Im Neuenheimer Feld 327, SR 6
- Turnus: etwa 14-tägig
 - ⇒ genauer Plan auf Webseite
- Vorlesung ist prüfbar
 - ⇒ 4 ECTS-Punkte: Klausur (NBA & ABA)
 - ⇒ 6 ECTS-Punkte: Klausur & Hausarbeit (NBA only)
- Web-Seite:
 - ⇒ semantic-web-grundlagen.de/wiki/IntroAI_SS10
- Übungsaufgaben:
 - ⇒ sporadisch

Plan (vorläufig)

- 28.4. Einleitung und Ausblick
KI-Teilbereiche und Agenten

- 19.5. Suchverfahren
Constraintprogrammierung

- 26.5. Maschinelles Lernen
Neuronale Netze und Genetische Algorithmen

- 9.6. Grundlagen Logik
Resolution und Prädikatenlogik erster Stufe

- 23.6. Ontologien und Beschreibungslogik
Unsicheres Wissen

- 30.6. „Fragestunde“

- 14.7. Klausur

Teil 1

Was ist Künstliche Intelligenz?

Übersicht

- Einordnung
- Geschichte
- Teilgebiete der KI

Was ist KI? (I)

- es gibt eine Unzahl an Definitionen
- grobe Gruppierung:
Ziel von KI ist die Entwicklung von Systemen, die

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Menschliches Denken | Rationales Denken |
| Menschliches Handeln | Rationales Handeln |

aufweisen.

- Rational:
 - ⇒ das Richtige im Sinne einer vorgegebenen Norm
 - ⇒ Norm ist durch Zielfunktion gegeben, deren Wert maximiert werden soll

Was ist KI? (II)

- Gebiet der Künstliche Intelligenz umfasst
 - ⇒ Verstehen von intelligentem Verhalten
 - ⇒ Nachbilden von intelligentem Verhalten
- Intelligenz
 - ⇒ wird in erster Linie dem Menschen zugesprochen
 - ⇒ bezieht sich auf Fähigkeiten des Denkens und Handelns
 - ◇ erkennen
 - ◇ verstehen
 - ◇ abstrahieren
 - ◇ schlussfolgern
 - ◇ lernen
 - ◇ sprechen
 - ◇ planen
 - ◇ kreativ sein
 - ◇ ...

Was ist Intelligenz?

Intelligenz (lat.: *intelligentia* „Einsicht, Erkenntnisvermögen“, *intelligere* „verstehen“) bezeichnet im weitesten Sinne die Fähigkeit zum Erkennen von Zusammenhängen und zum Finden von Problemlösungen. Intelligenz kann auch als die Fähigkeit, den Verstand zu gebrauchen, angesehen werden. Sie zeigt sich im vernünftigen Handeln.

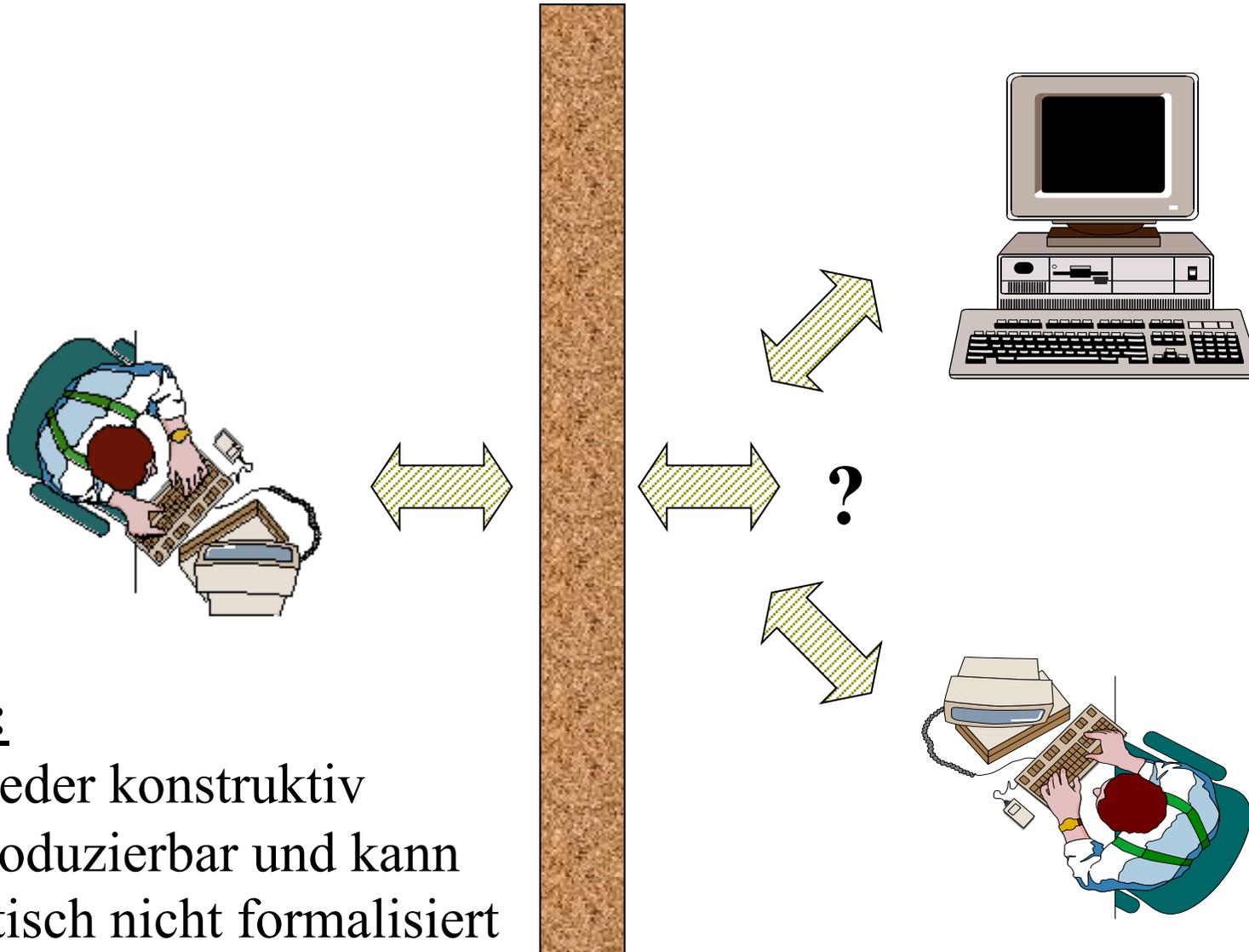
In der Psychologie ist Intelligenz ein Sammelbegriff für die kognitiven Fähigkeiten des Menschen, also die Fähigkeit, zu verstehen, zu abstrahieren und Probleme zu lösen, Wissen anzuwenden und Sprache zu verwenden.

[deutsche Wikipedia, April 2008]

Intelligenz

- Die **starke KI-These** besagt, dass sich alle Bewusstseinsprozesse durch Berechnungsprozesse nachbilden lassen:
 - ⇒ Intelligenz kann auf Informationsverarbeitung reduziert werden
- Die **schwache KI-These** besagt, dass manches intelligente Verhalten durch Berechnungsprozesse nachgebildet werden kann
 - ⇒ Intelligenz kann auch Informationsverarbeitung sein

Turing-Test

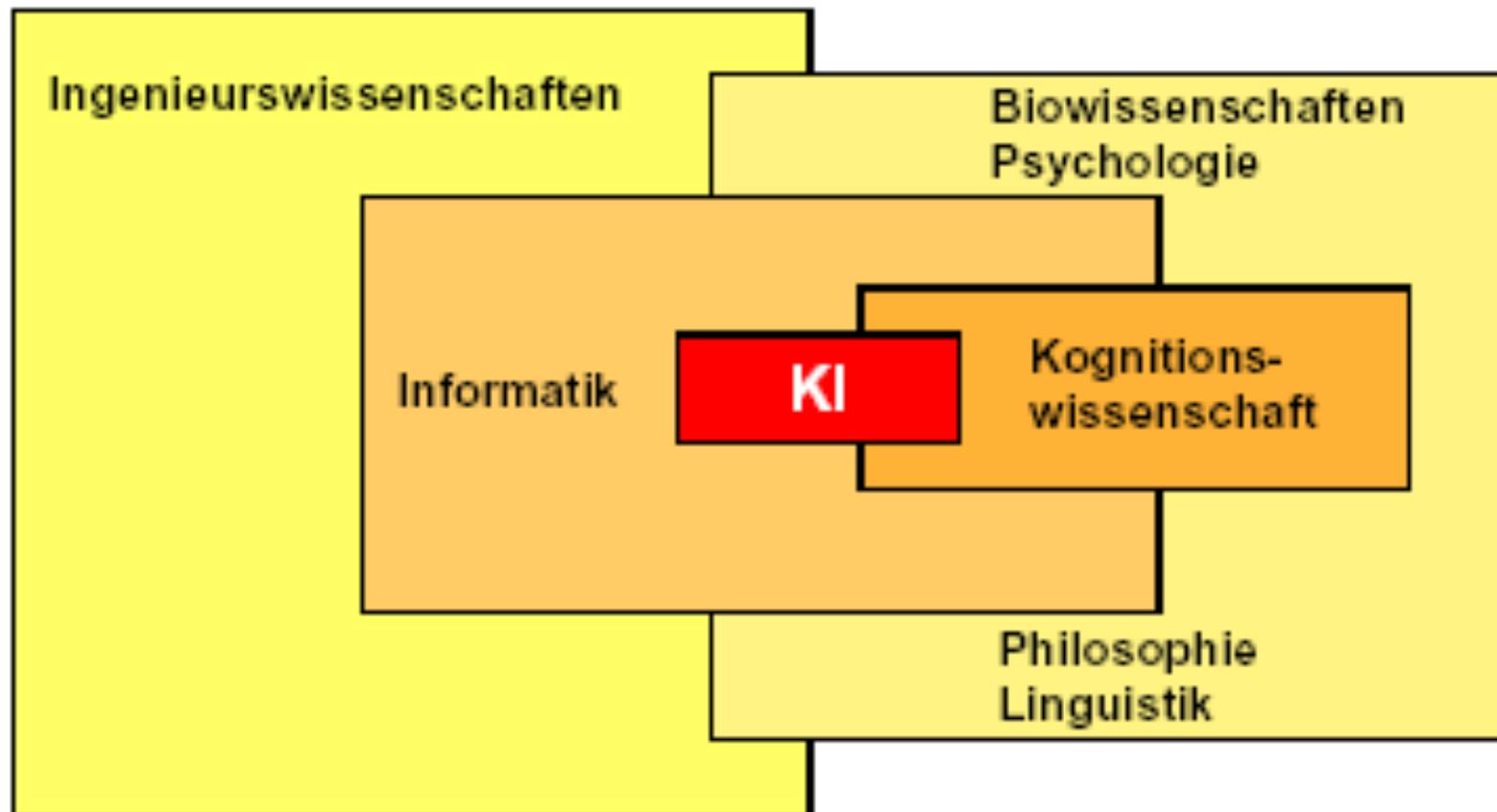


Problem:

Test ist weder konstruktiv
noch reproduzierbar und kann
mathematisch nicht formalisiert
werden

Ziele der KI (I)

- Die KI hat
 - ⇒ Ingenieurwissenschaftliche Ziele
 - ⇒ Kognitionswissenschaftliche Ziele



Ziele der KI (I)

➤ Computational Psychology (Cognitive Science)

⇒ Verstehen menschlichen, intelligenten Verhaltens durch Simulation im Rechner: Programme, deren Datenstrukturen und Algorithmen denen entsprechen, die der Mensch nutzt

✧ Verhalten soll das eines Menschen nachbilden, inklusive Fehler

➤ Computational Philosophy

⇒ Verstehen von intelligentem Verhalten und erzeugen eines Modells, das nicht zwingend dem des menschlichen Geists entspricht.

⇒ Ist Intelligenz eine berechenbare Funktion?

Ziele der KI (II)

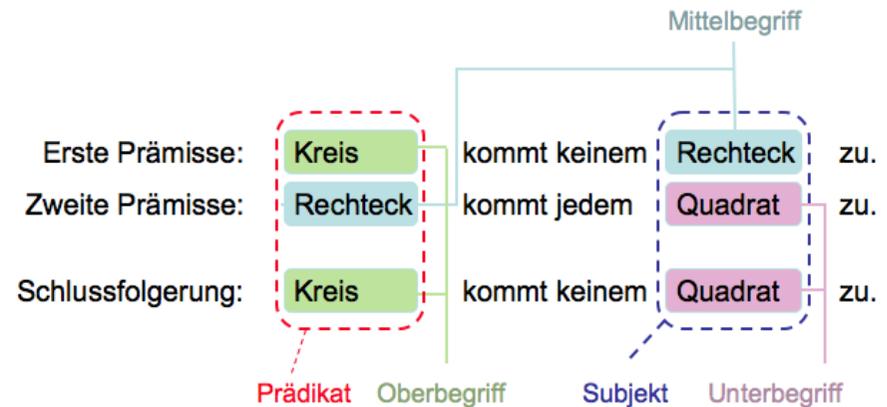
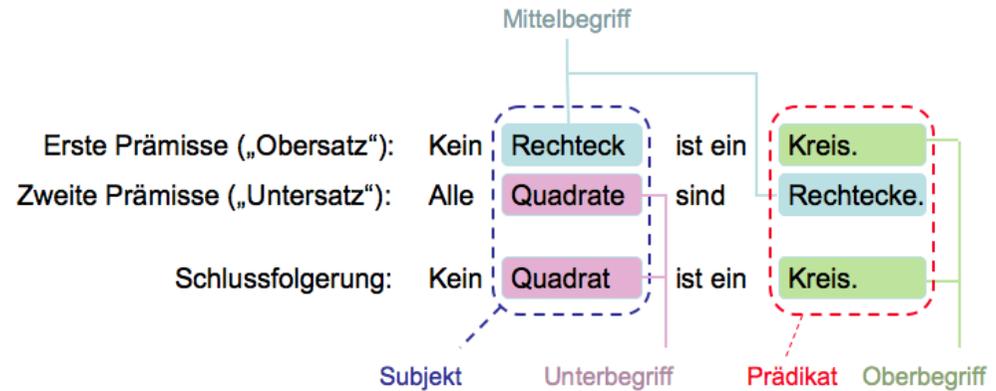
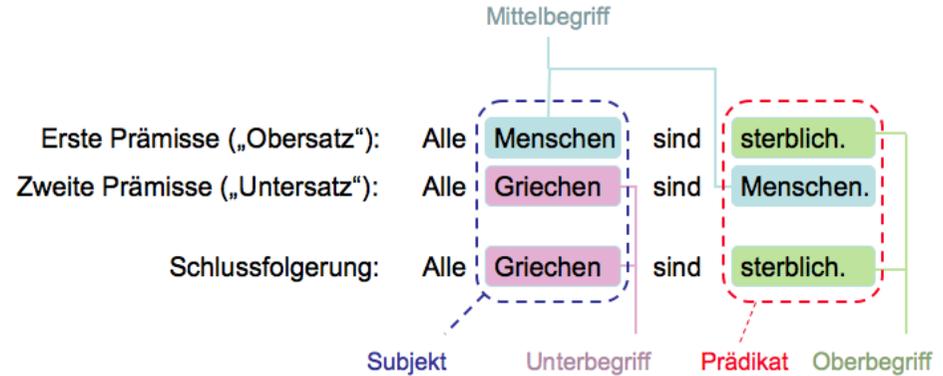
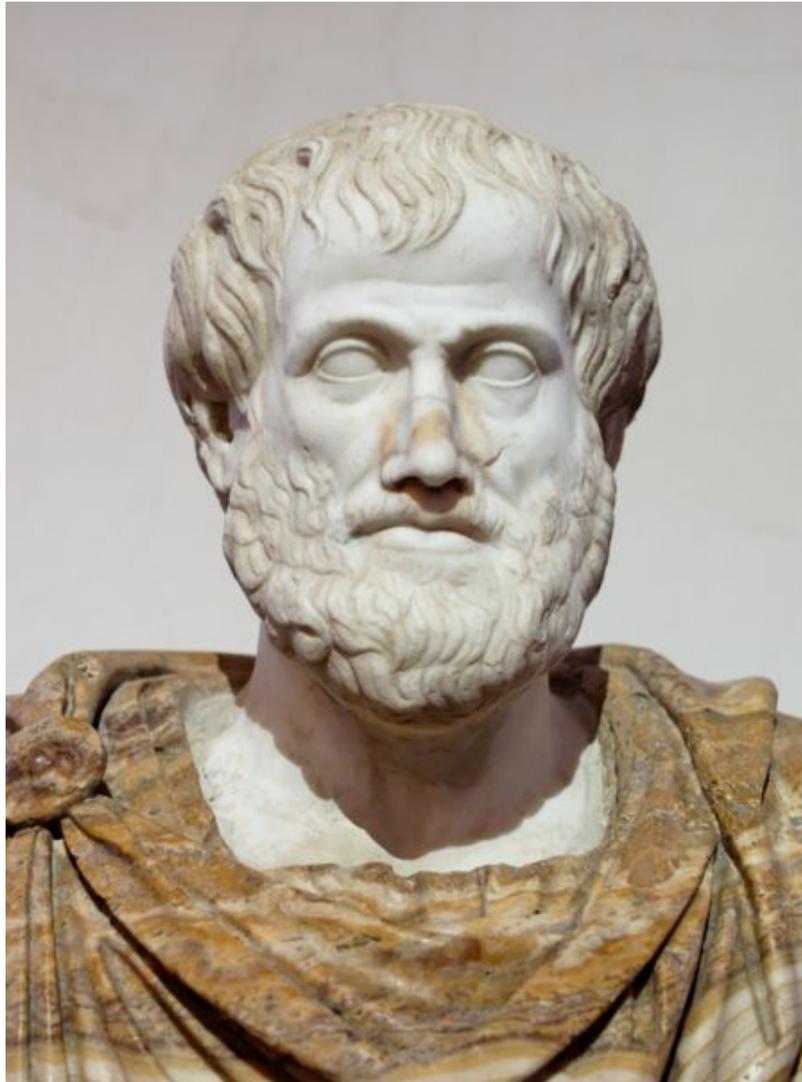
➤ Advanced Computer Science

- ⇒ Rechner dazu bringen, Dinge zu tun, die zur Zeit nur Menschen tun können (insbesondere Lösen von Problemen durch “intelligente” Methoden)
- ⇒ Gebiet tendiert dazu, sich selbst zu eliminieren:
 - ✧ Bsp.: SAINT Programm (James Slagle) zur symbolischen Integration war zu Beginn KI-Projekt, heutzutage leisten viele kommerzielle Systeme mehr als dieses Programm

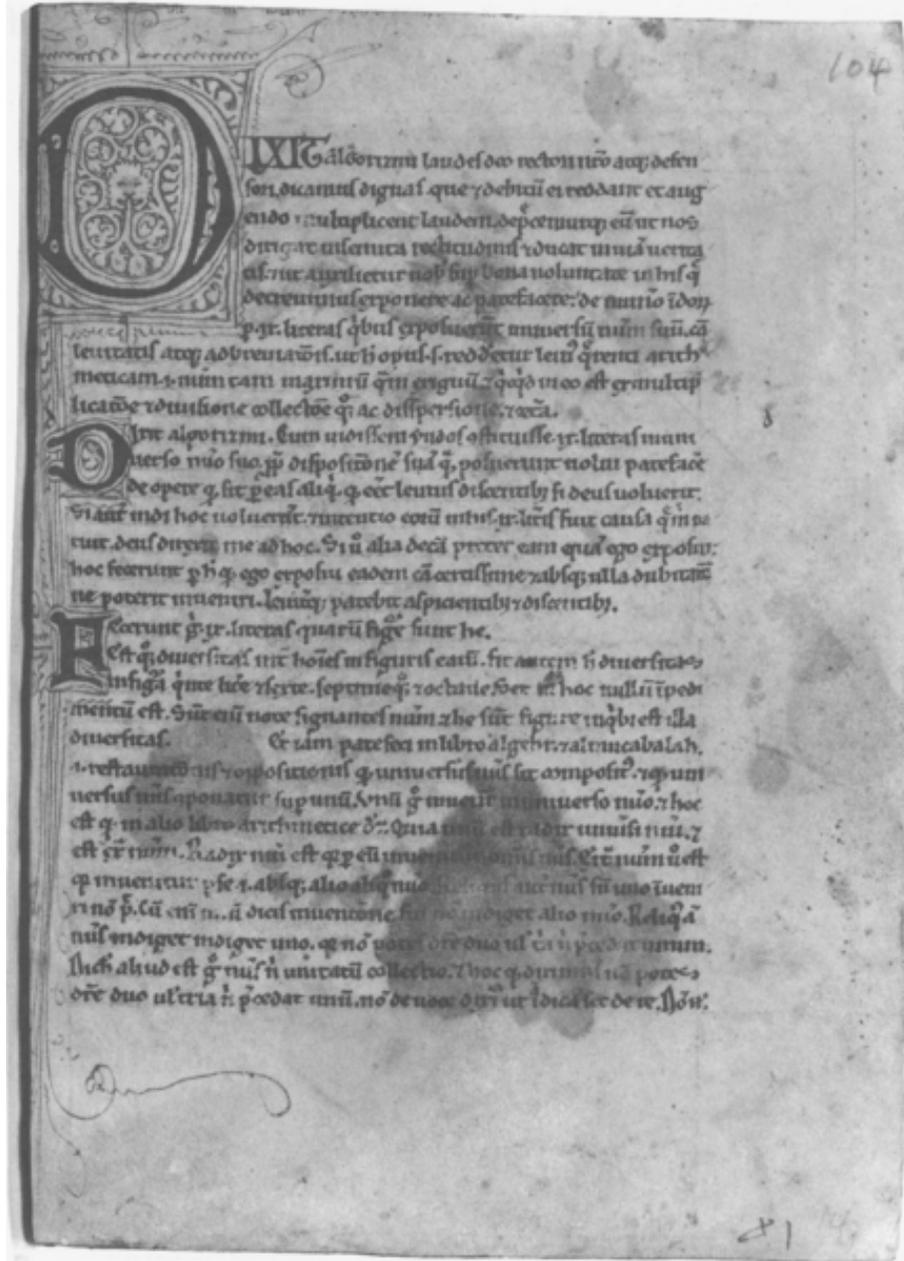
Vorgeschichte der KI

- Philosophie (seit Sokrates, *469 v.Chr. -)
 - ⇒ Logik, Folgerungsmethoden, rationales Denken, Natur des menschlichen Denkens,...
- Mathematik (seit al-Khwarizmi, *ca. 750 n.Chr. -)
 - ⇒ formale Repräsentation und Beweisen, Berechenbarkeit, Entscheidbarkeit, Algorithmik, Wahrscheinlichkeit,...
- Aufklärung (1662/1633 Descartes: *De homine*)
 - ⇒ Nerven leiten Information zum Gehirn und steuern Reaktionen
- Psychologie (seit 1879, erstes Laboratorium für experimentelle Psychologie durch W. Wundt)
 - ⇒ Analyse von Verhalten, Phänomene der Wahrnehmung, experimentelle Technik,...
- Linguistik (seit 1957, N. Chomsky publiziert "Syntactic Structures")
 - ⇒ Wissensrepräsentation, Grammatik,...
- Neurowissenschaft (seit 1927 I.P. Pawlov: *Conditioned Reflexes*)
 - ⇒ Beschreibung, Formalisierung und Modellierung von Lernen
- Kontroll-Theorie
 - ⇒ Stabilität von Systemen, einfache Agenten,...

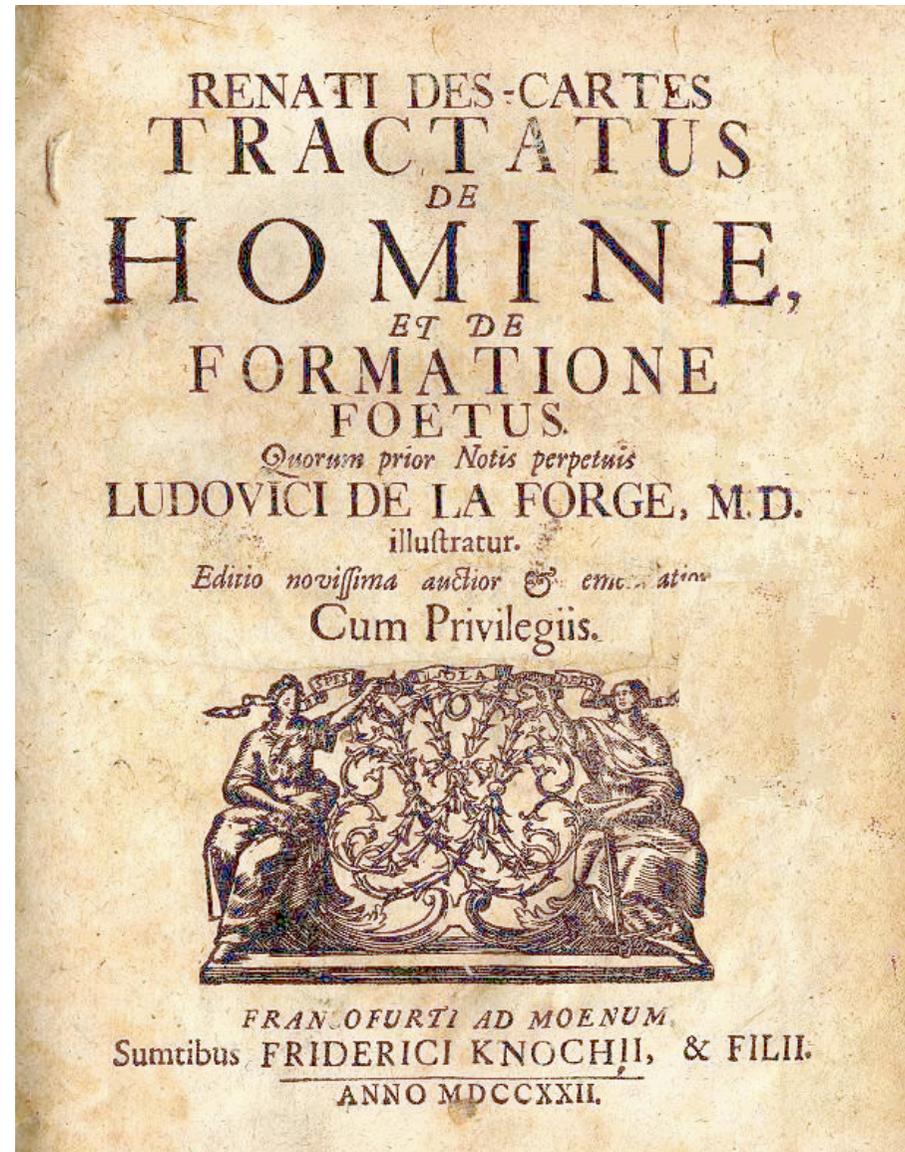
Vorgeschichte der KI



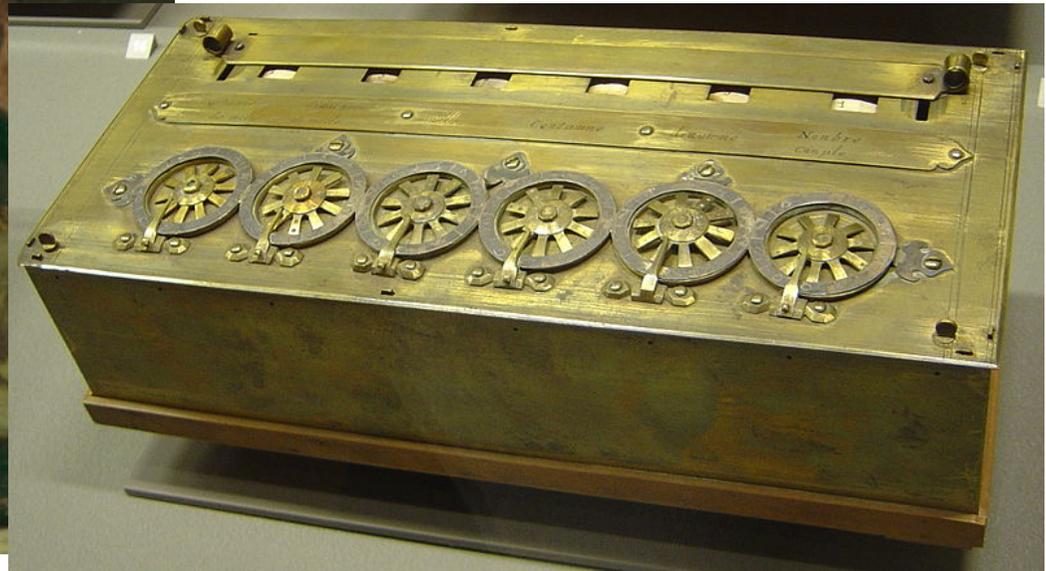
Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI

Zuo facto, quando orientur controversiae, non magis disputatione opus erit inter duos philosophos, quam inter duos Computistas. Sufficiet enim calamos in manus sumere sedereque ad abacos, et sibi mutuo . . . dicere: calculemus.

Leibniz

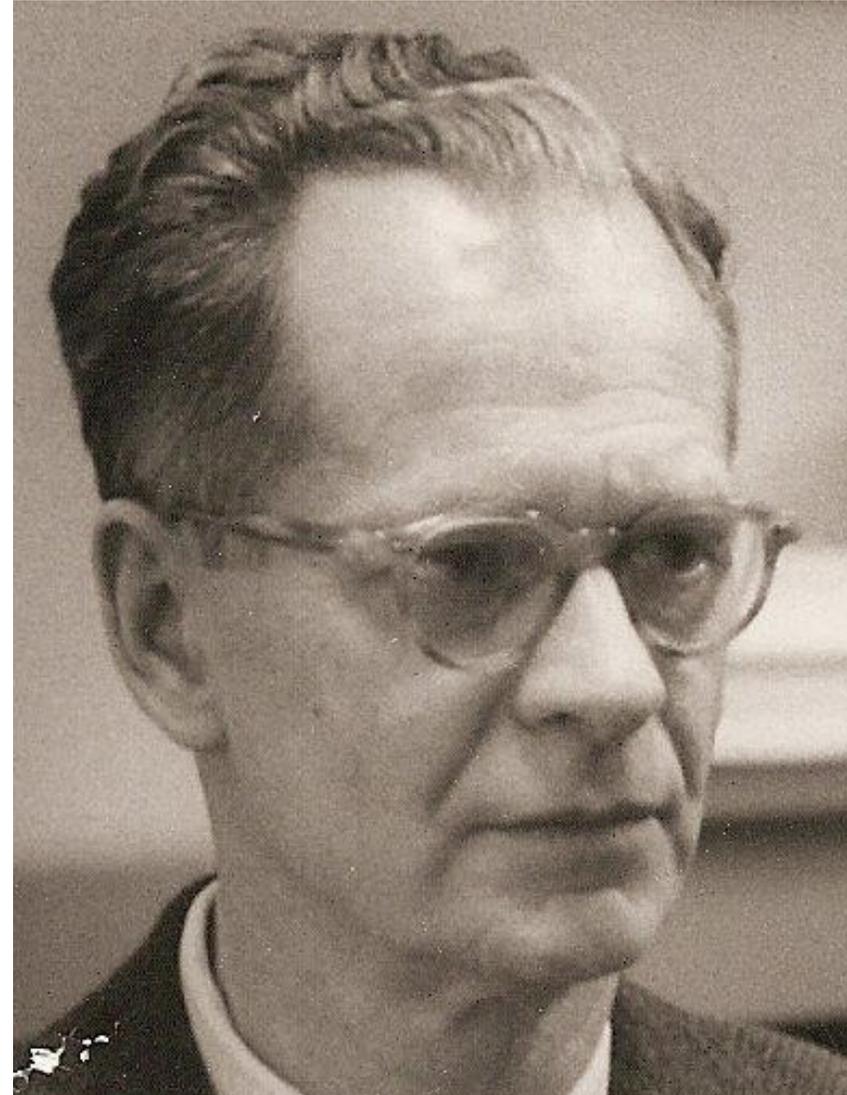


Vorgeschichte der KI

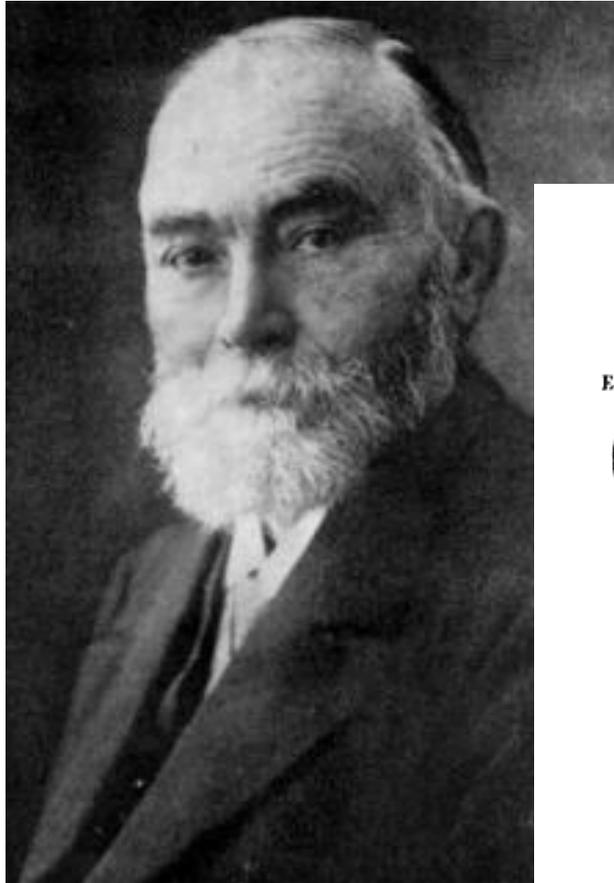


$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}.$$

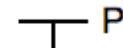
Vorgeschichte der KI



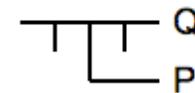
Vorgeschichte der KI



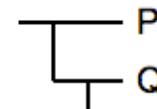
a) Konditional: $P \rightarrow Q$



b) Verneinung: $\neg P$



c) Konjunktion: $P \wedge Q$



d) Disjunktion: $P \vee Q$

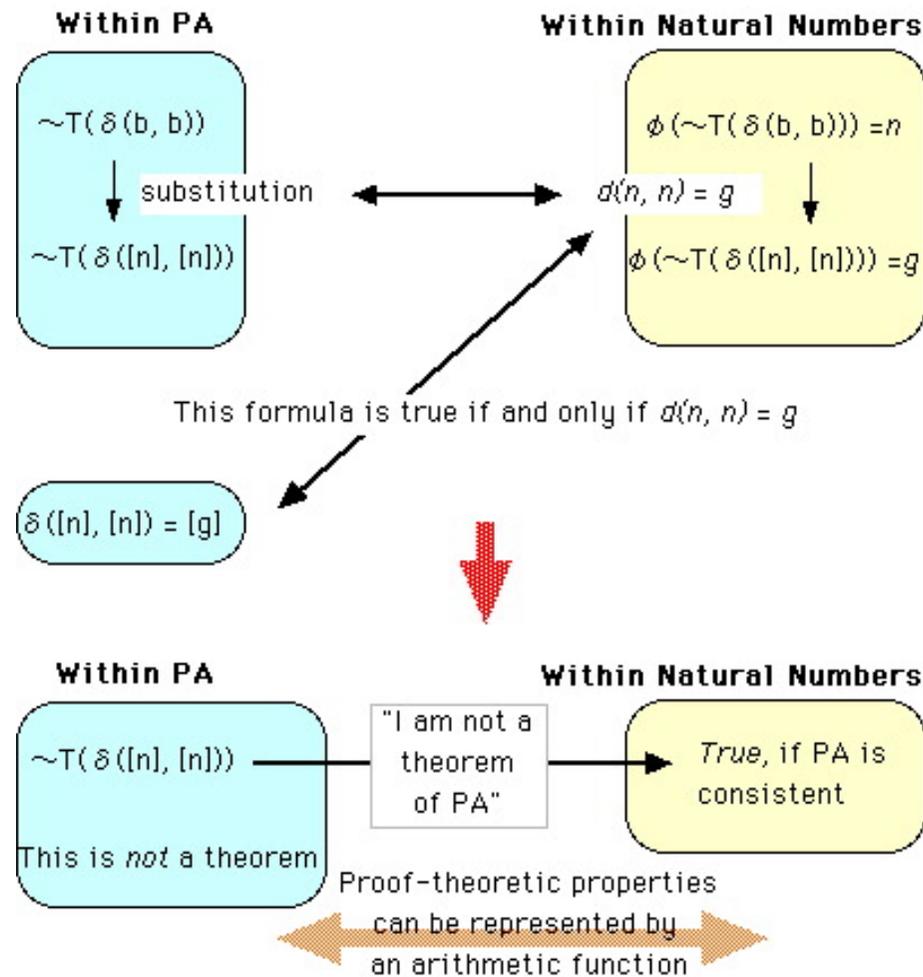


a) Allquantor: $\forall x Fx$

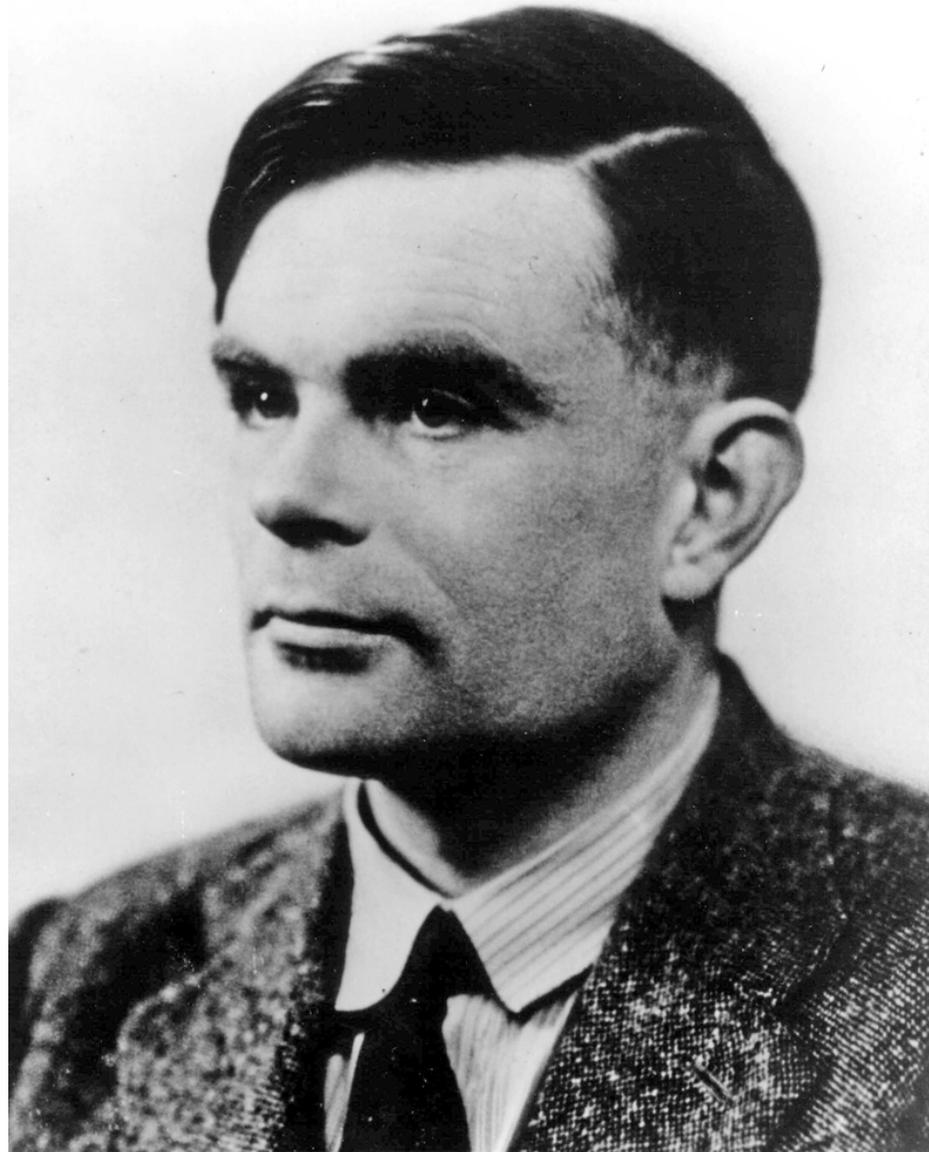


b) Existenzquantor: $\exists x Fx$
(eigentlich $\neg \forall x \neg Fx$)

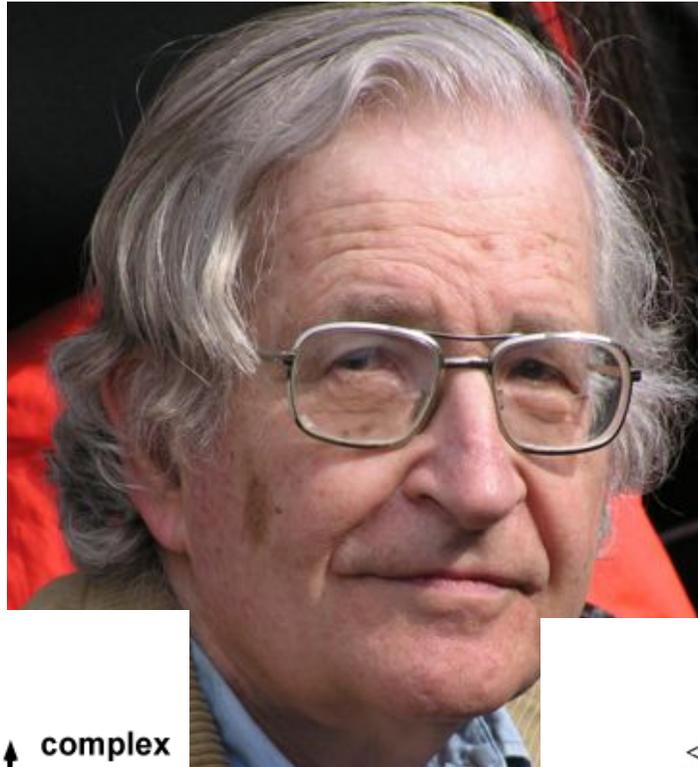
Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI



Vorgeschichte der KI



uncomputable

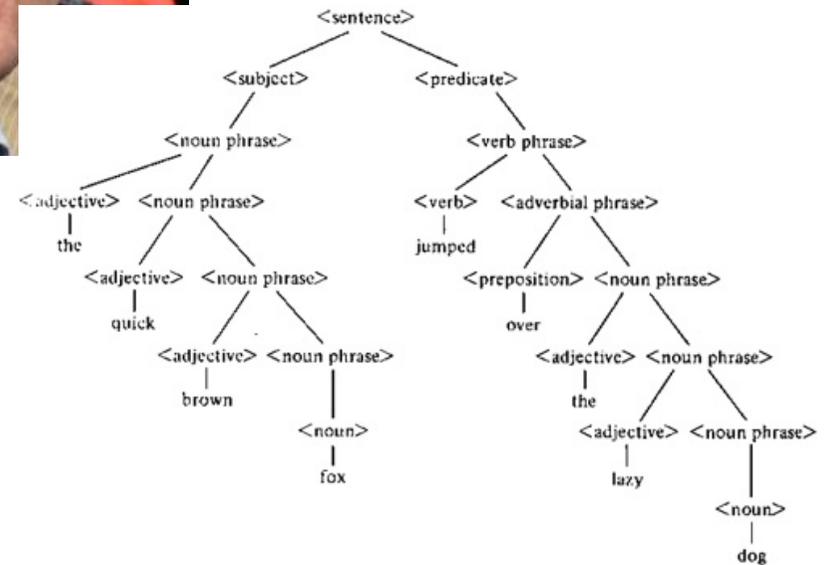
| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Turing machines | Phrase structure |
| Linear-bounded automata | Context-sensitive |
| Push-down automata | Context-free |
| Finite state automata | Regular |

machines

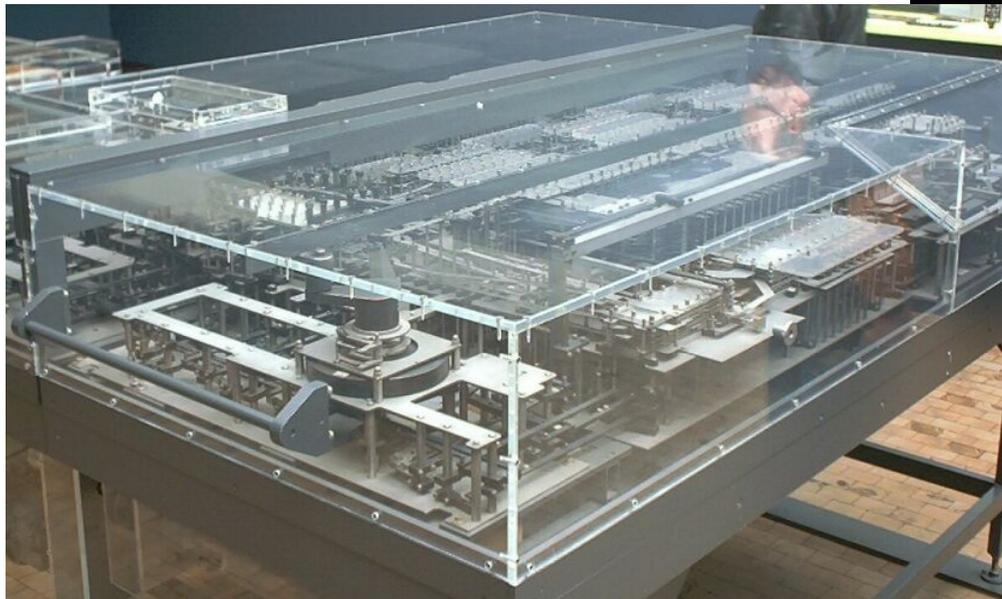
grammars

complex

crude



Vorgeschichte der KI



Geschichte der KI I

- Seit 1941 Computer: erster programmierbarer Rechner Z3 von Zuse, Betriebssysteme, Programmiersprachen, ...
- 1943 - 1961 Frühe Phase der KI**
- 1943 McCulloch/Pitts: A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity:
 → Neurons as logical circuits
- 1949 erste Lernregel für Netzwerke aus Neuronen (Hebb)
- 1951 Erstes neuronales Netzwerk (simulierte 40 Neuronen mit Hilfe von 3000 Vakuumröhren und Autopilot-Mechanismus eines B24 – Bomber)
- 1956 Dartmouth-Konferenz (John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, Claude Shannon)
- 1957 J. von Neumann, C.E. Shannon, N. Wiener: Automata Studies

Geschichte der KI II

- 1952 - 1972 Viel Enthusiasmus und hohe Erwartungen**
- 1952 1. Version eines Dame-Spiels (Samuel), beruht auf Anpassung numerischer Parameter, spielte am Ende aber besser als sein Autor.
- 1958 Advice Taker (Prinzipien wissensbasierter Systeme)
- 1958 LISP (McCarthy)
- 1962 Perzeptron (Rosenblatt)
- 1963 GPS (Newell/Simon), Means-End Analyse
- 1965 Eliza (Weizenbaum)
(<http://www.manifestation.com/neurotoys/eliza.php3>)
- 1968 ANALOGY (Lösung geometrischer Anaolgien)
- 1972 Blocks-Welt (Winston, Winograd, Huffman, Waltz)

Geschichte der KI III

1966 - 1974 Back to Reality

1966

Bericht über Fortschritte im Bereich maschinelle Übersetzung führt zur Streichung aller Regierungsmittel für die Forschung in diesem Bereich
“the spirit is willing but the flesh is weak”
→RU → EN

“the vodka is good but the meat is rotten”

1969

Minsky und Papert haben mit Ihrem Buch Perceptrons die Grenzen dieser (einfachen) Modelle aufgezeigt und für längere Zeit neuronale Netze diskreditiert. Dies führte zu einer einseitigen Festlegung auf symbolische KI

1973

Lighthill Bericht (kombinatorische Explosion) führt dazu, daß in England nur noch zwei Universitäten KI-Forschungsmittel erhalten

Geschichte der KI IV

1969 - 1979 Wissensbasierte Systeme

- 1969 DENDRAL: Ableitung von Molekular-Strukturen aus Daten eines Massenspektrometers mit Regeln zur Identifikation von Substrukturen, die aus theoretischem Modell abgeleitet wurden (Buchanan)
- 1976 MYCIN, medizinisches Expertensystem mit 450 Regeln und Unsicherheitsfaktoren (Shortliffe)
- 1975 Entwicklung von Frames (Minsky) zur Wissensrepräsentation, Aufbau von Taxonomien

Seit 1969: neuronaler Winter

Geschichte der KI V

1980 - 1988 Migration in die Industrie und Revival

1982 R1 ist erstes kommerzielles Expertensystem
(Konfiguration von Bestellungen von

Rechnersystemen)

1981 Ankündigung der 5. Rechner-Generation (Prolog-
basierte Rechner für NLP, ...) durch Japaner

Folge: Forschungsprogramme werden aus Angst vor
einer japanischen Vorherrschaft neu belebt

~ Entwicklung von LISP-Maschinen (Symbolics, Lisp
Machines Inc., TI, Xerox)

~ erste Systeme für die industrielle Bildverarbeitung

~ Wiederaufleben Neuronaler Netzwerke (Multilayer),
vier Gruppen erfinden wieder den Backpropagation-
Algorithmus, der 1969 zuerst beschrieben wurde

Stand der Technik

- Einige gut etablierte KI-Verfahren in der Praxis:
 - ⇒ Neuronale Netzwerke als statistische Klassifikatoren
 - ⇒ Hidden Markov-Modelle (HMM) zur Beschreibung stochastischer Prozesse
 - ⇒ Belief Networks für unsicheres Schließen
 - ⇒ Ontologien und Wissensbasen
 - ⇒ Dialogsysteme, Sprachsysteme
 - ⇒ Lernverfahren im Bereich Data Mining
- Aber: viele Probleme immer noch nicht gelöst:
 - ⇒ Sprachverstehen (HAL9000)
 - ⇒ Bildverstehen
 - ⇒ Menschliche Fähigkeiten (lernen, erfinden, ...)