

# Einführung in die Künstliche Intelligenz

**Vorlesung**  
**Sommersemester 2008**

Sebastian Rudolph  
Institut AIFB  
Universität Karlsruhe (TH)

# Dozent

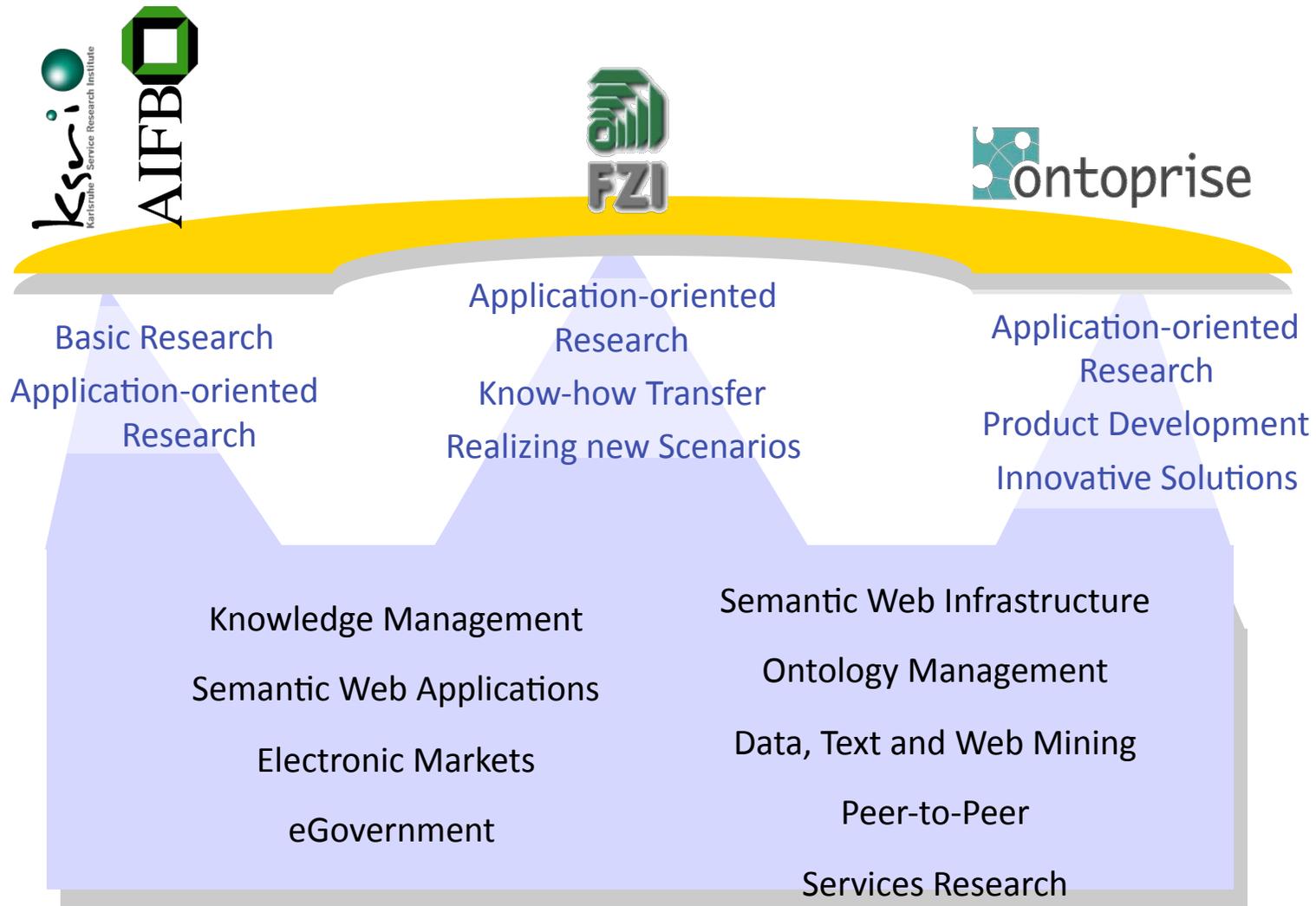
---

## ➤ Sebastian Rudolph

- ⇒ Dr. rer. nat. in Mathematik (Algebra) an der TU Dresden
- ⇒ Postdoc am Institut AIFB, Universität Karlsruhe
- ⇒ Erreichbarkeit:
  - ⇒ [rudolph@aifb.uni-karlsruhe.de](mailto:rudolph@aifb.uni-karlsruhe.de)
  - ⇒ Tel.: +49 (721) 608 7362
- ⇒ Forschungsinteressen:
  - ⇒ Wissensrepräsentation
  - ⇒ Logik
  - ⇒ Künstliche Intelligenz
  - ⇒ Semantic Web
  - ⇒ Komplexitätstheorie
  - ⇒ Formale Begriffsanalyse
  - ⇒ Methodologie der Wissensspezifikation



# Karlsruhe: Zentrum für Semantische Technologien



# Die Wissensmanagement-Gruppe

AIFB

FZI



+ 7 external Ph.D. students at SAP Research

+ ca. 40 people at Ontoprise

# Die Wissensmanagement-Gruppe



semantic mediaWiki

TEAM

THESEUS

SOA4ALL

ACTIVE  
KNOWLEDGE - POWERED  
ENTERPRISE

SmartWeb

kserio  
Karlsruhe Service Research Institute

sekt  
taste knowledge  
sekt.semanticweb.org

KompetenzNetzwerk  
Wissensmanagement

ime  
Information Management  
and Market Engineering

SAP

IBM

social semantic desktop  
NEPOMUK

PROJECT HALO

NeOn

DERI

empolis  
BERTELSMANN MOHM MEDIA GROUP

X-MEDIA

dip

meta4

iBIT

sesam

Dresdner Bank  
Advice you can bank on

BT

THE UNIVERSITY  
of MANCHESTER

universität  
innsbruck

hp  
invent

vrije Universiteit amsterdam

W3C

Stanford University

DAIMLERCHRYSLER



# 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
    - ✧ Planen
  - ⇒ Wissensrepräsentation und Inferenz
    - ✧ Aussagenlogik, FOL
    - ✧ Frames
    - ✧ Unscharfe („fuzzy“) Logik, Bayes’sche Logik
  - ⇒ Maschinelles Lernen
    - ✧ symbolische und subsymbolische Verfahren
    - ✧ Genetische Algorithmen

# Inhalt

---

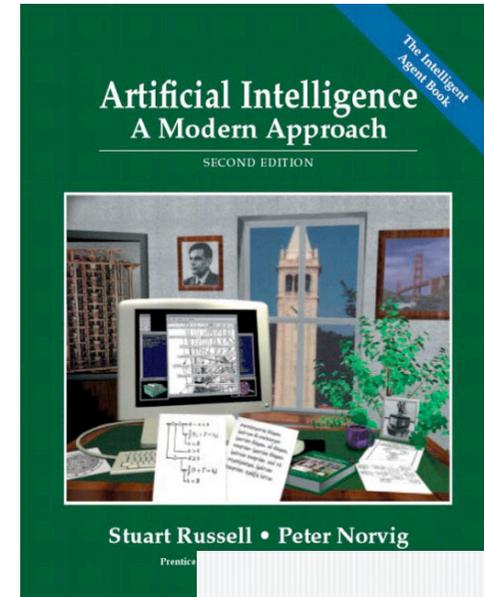
- Nicht behandelt werden im Rahmen dieser Veranstaltung folgende Aspekte der KI
  - ⇒ Kommunikation
  - ⇒ Natürliche Sprachverarbeitung
  - ⇒ Wahrnehmung
  - ⇒ Robotik
  
- Vorlesung und Folien folgen den vorangegangenen Vorlesungen von Dr. Rainer Malaka und Dr. Ulrich Scholz

# 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, AAAI, ECAI, PRICAI

## ➤ Spezielle Konferenzen/Worksops

⇒ KR, LPAR, AIMS, Agents, ....

## ➤ AI Resources

⇒ [www.aaai.org/Resources/resources.php](http://www.aaai.org/Resources/resources.php)

## ➤ Organisationen:

⇒ [www.eccai.org](http://www.eccai.org), [www.ijcai.org](http://www.ijcai.org), [www.dfki.de](http://www.dfki.de)

# Zeitschriften

---

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

# Administrativa

---

- Vorlesung ist prüfbar
  - ⇒ Computerlinguistik
  - ⇒ Bachelor-Informatik
  - ⇒ Klausur (schriftlich)
- Web-Seite:
  - ⇒ [semantic-web-grundlagen.de/wiki/IntroAI\\_SS08](http://semantic-web-grundlagen.de/wiki/IntroAI_SS08)
- Übungsaufgaben:
  - ⇒ sporadisch

# Plan (vorläufig)

---

- 10.4. Einleitung (Überblick)
- 17.4. Bereiche der KI, Agenten
  
- 24.4. Suchverfahren
- 8.5. Planungsverfahren
  
- 15.5. Maschinelles Lernen I (Theorie und Überblick)
- 29.5. Maschinelles Lernen II (Lernverfahren)
- 5.6. Genetische Algorithmen
  
- 12.6. Wissensbasierte Systeme
- 19.6. Wissensrepräsentation I (Überblick und Aussagenlogik)
- 26.6. Wissensrepräsentation II (Prädikatenlogik und Prolog)
- 3.7. Wissensrepräsentation III (Frames, Lisp, Ontologien)
- 10.7. Wissensrepräsentation IV (Bayes)
- 17.7. Wissensrepräsentation V (Fuzzy Logic/Nichtmonotone Logik)
  
- ?????. 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

<b>Menschliches Denken</b>	<b>Rationales Denken</b>
<b>Menschliches Handeln</b>	<b>Rationales Handeln</b>

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“, *intellegere* „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.

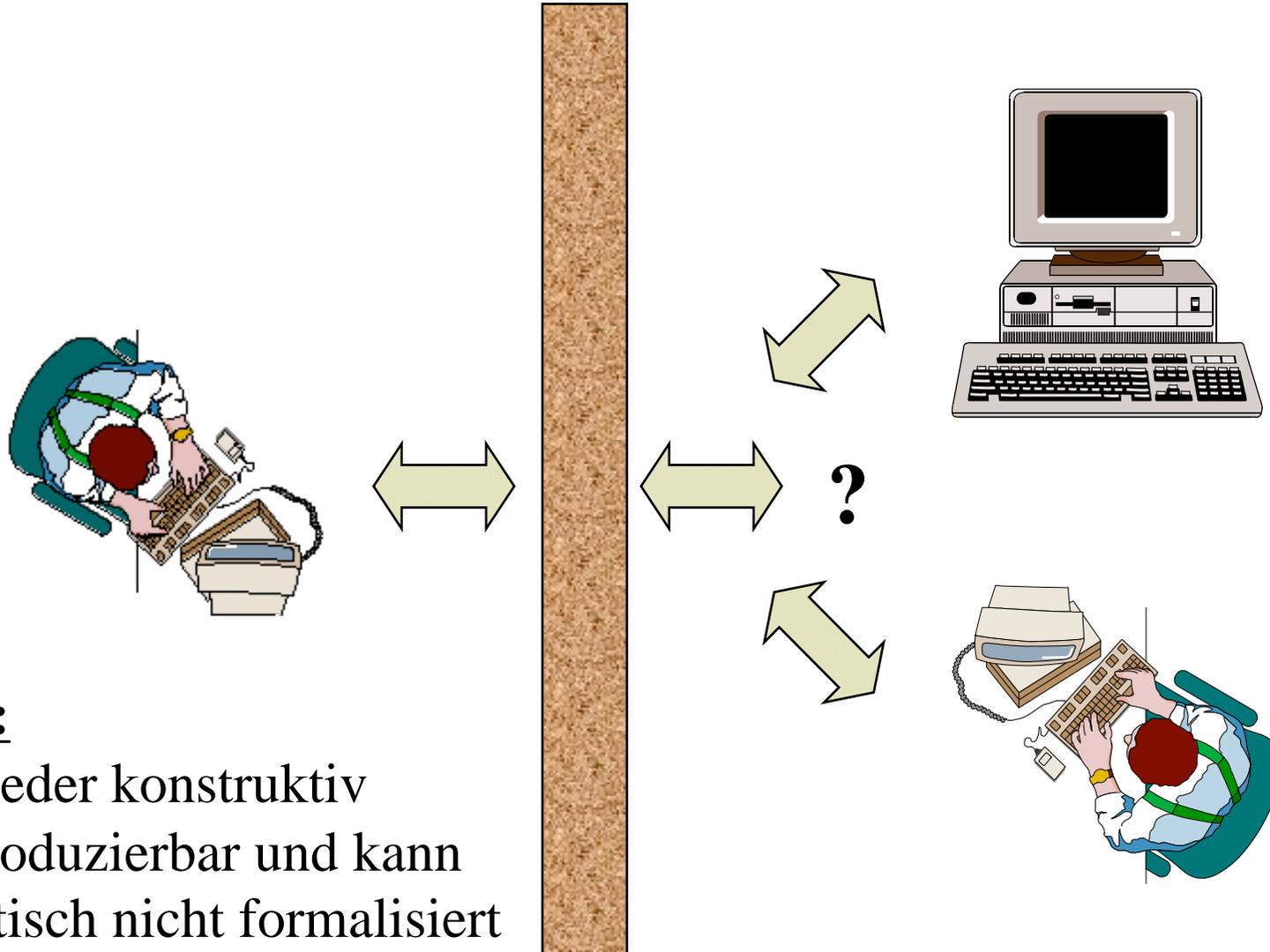
[deutsche Wikipedia, April 2008]

# 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

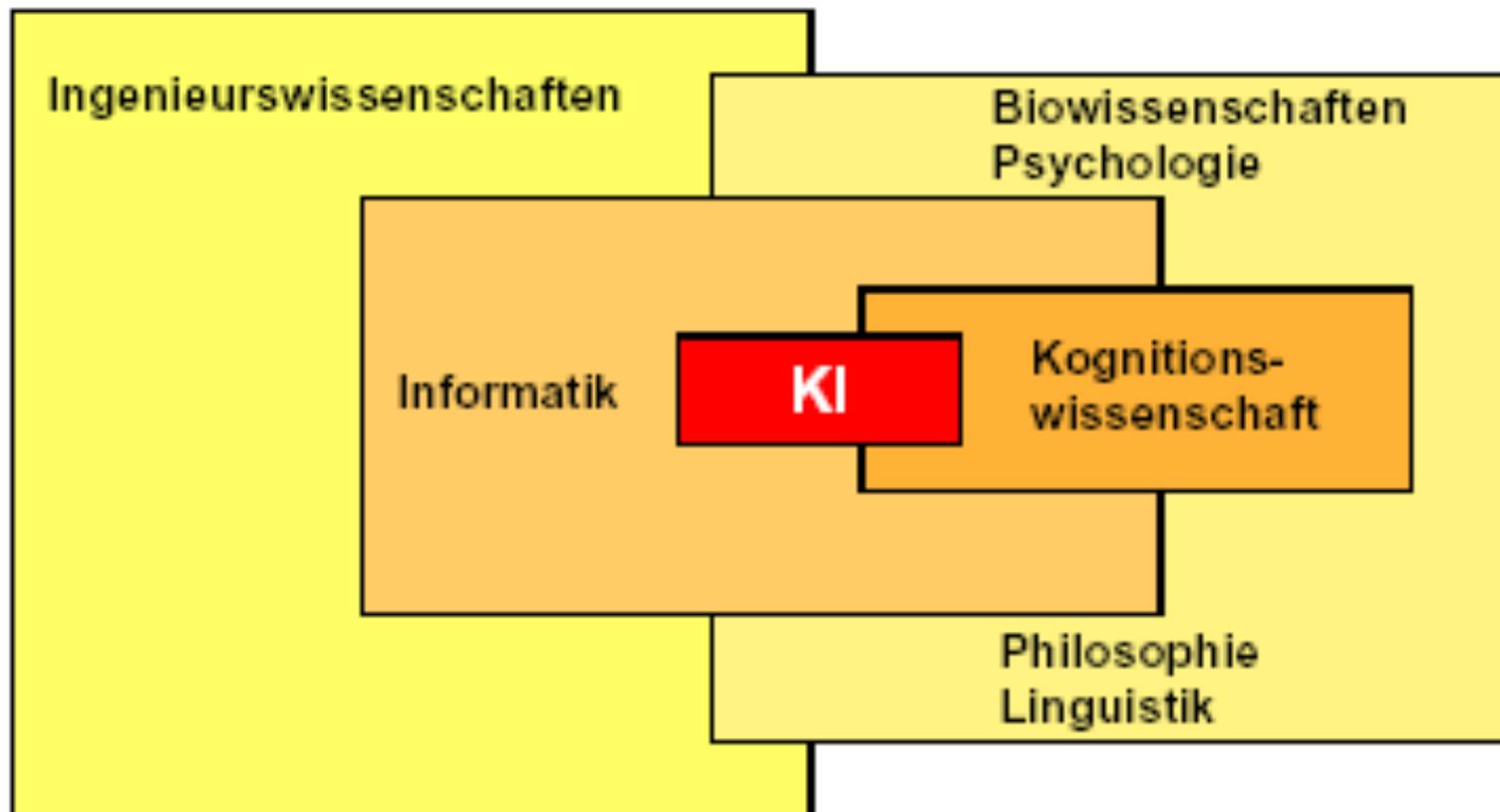


## Problem:

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)

---

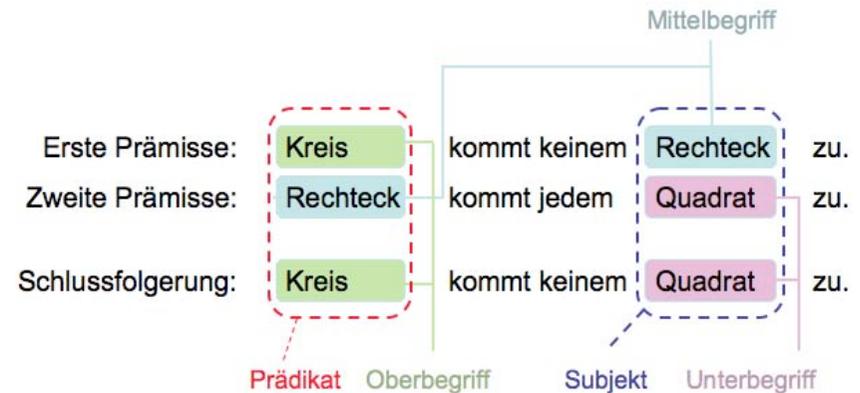
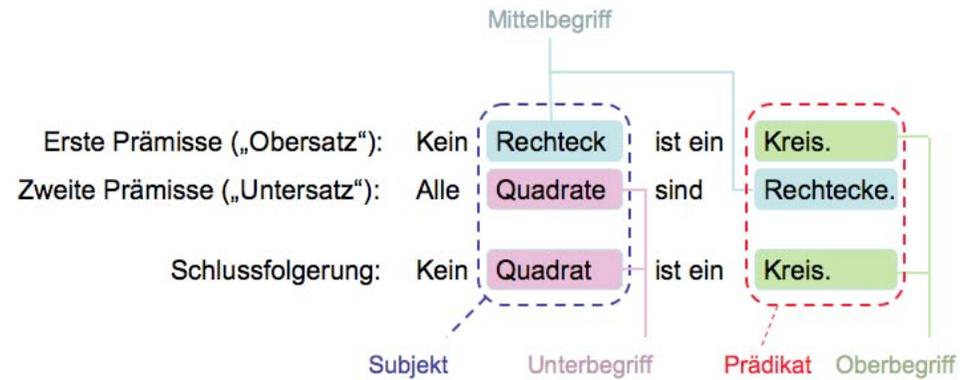
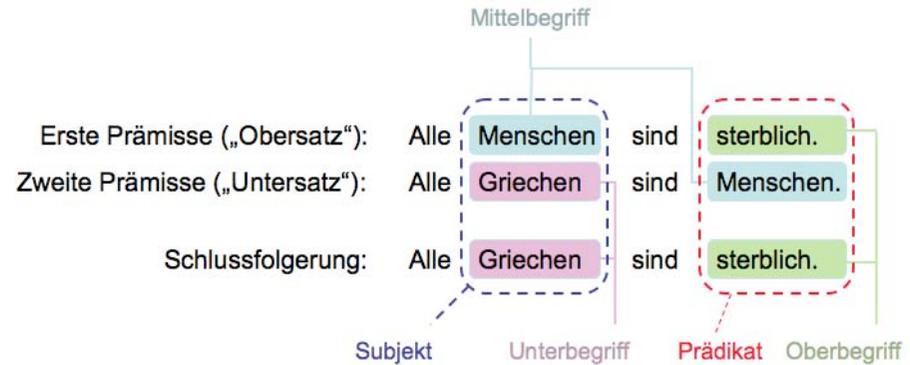
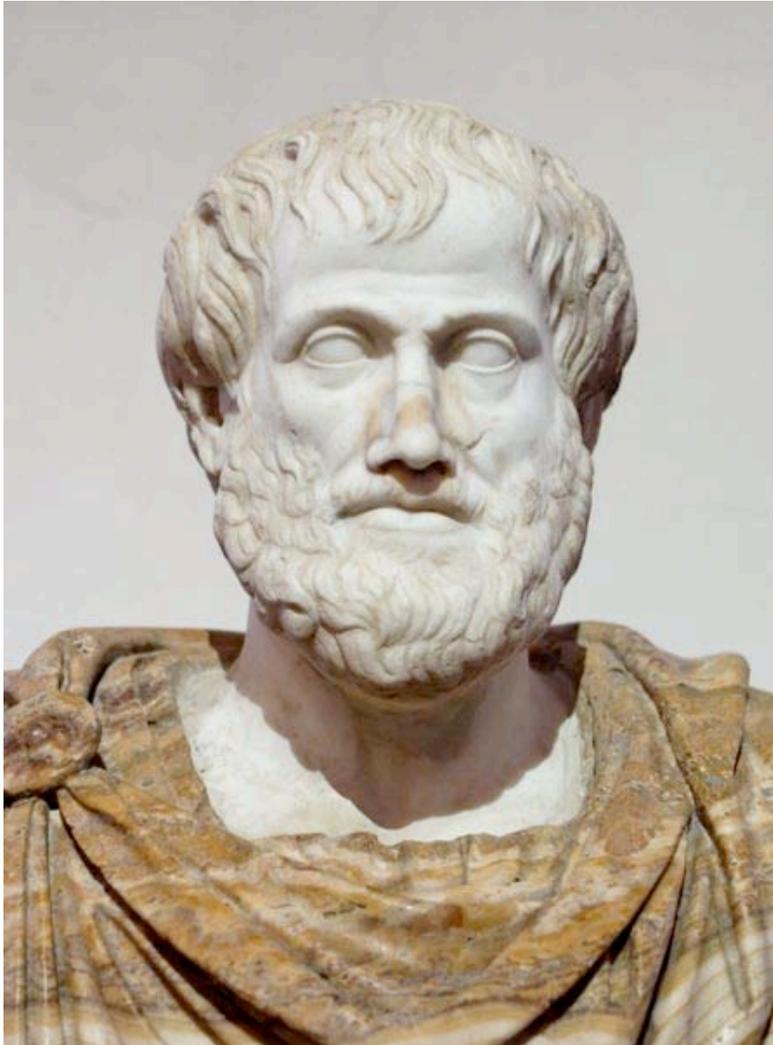
- Advanced Computer Science
  - ⇒ Rechner dazu bringen, Dinge zu tun, die zur Zeit nur Menschen tun können (insbesondere Lösen von Problemen durch “intelligente” Methoden)
  - ⇒ Gebiet tendiert dazu, sich selbst zu eliminieren:
    - ✧ Bsp.: SAINT Programm (James Slagle) zur symbolischen Integration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

# Vorgeschichte der KI

---

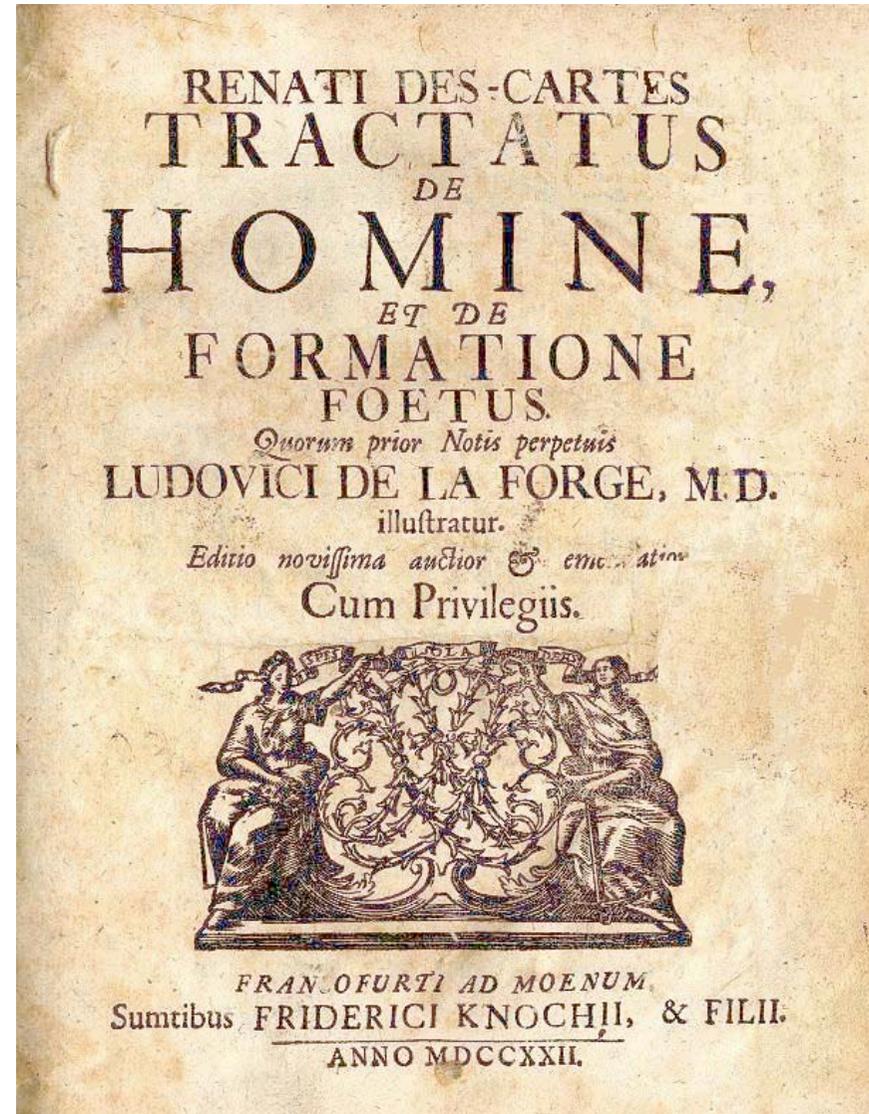
- Philosophie (seit Sokrates, \*469 v.Chr. - )
  - ⇒ Logik, Folgerungsmethoden, rationales Denken, Natur des menschlichen Denkens,...
- Mathematik (seit al-Khwarizmi, \*ca. 750 n.Chr. - )
  - ⇒ formale Repräsentation und Beweisen, Berechenbarkeit, Entscheidbarkeit, Algorithmik, Wahrscheinlichkeit,...
- 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

*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

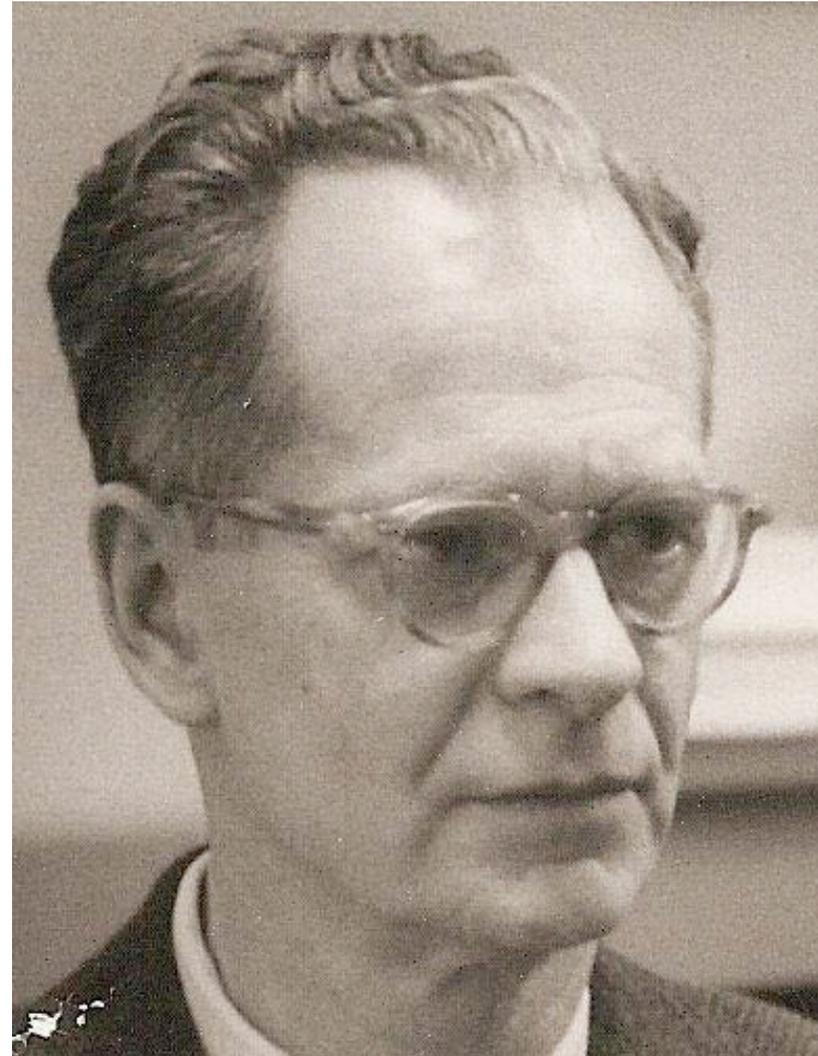
---



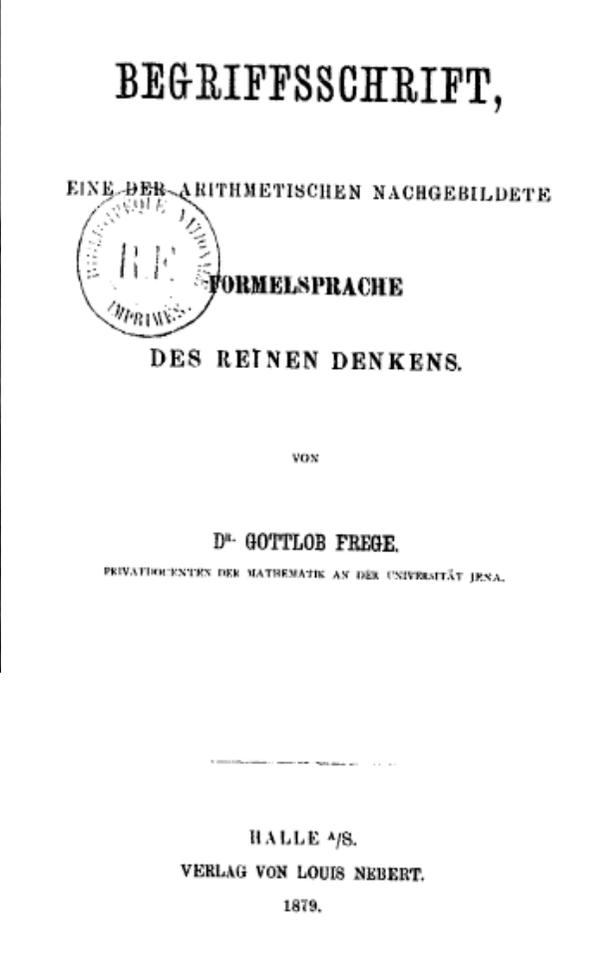
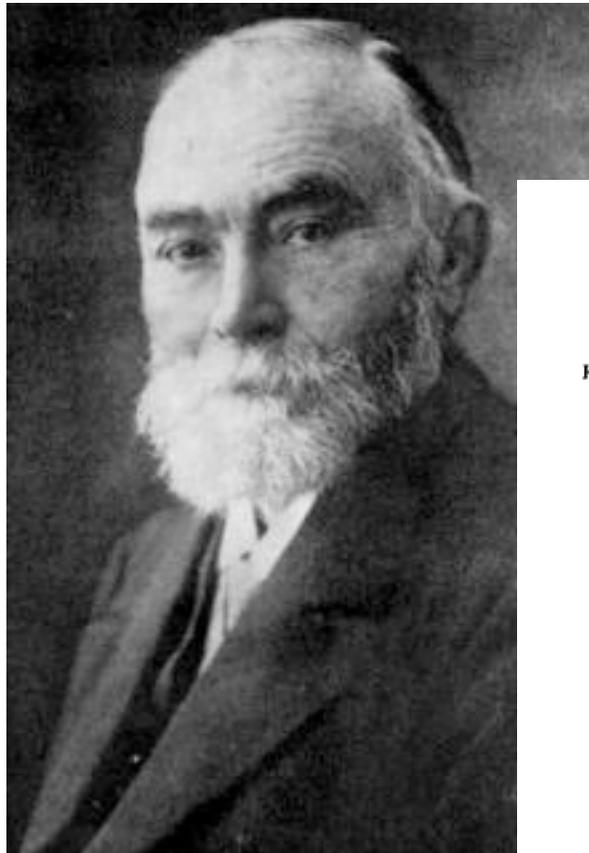
$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}.$$

# Vorgeschichte der KI

---



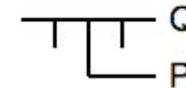
# Vorgeschichte der KI



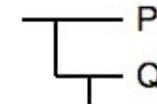
a) Konditional:  $P \rightarrow Q$



b) Verneinung:  $\neg P$



c) Konjunktion:  $P \wedge Q$



d) Disjunktion:  $P \vee Q$

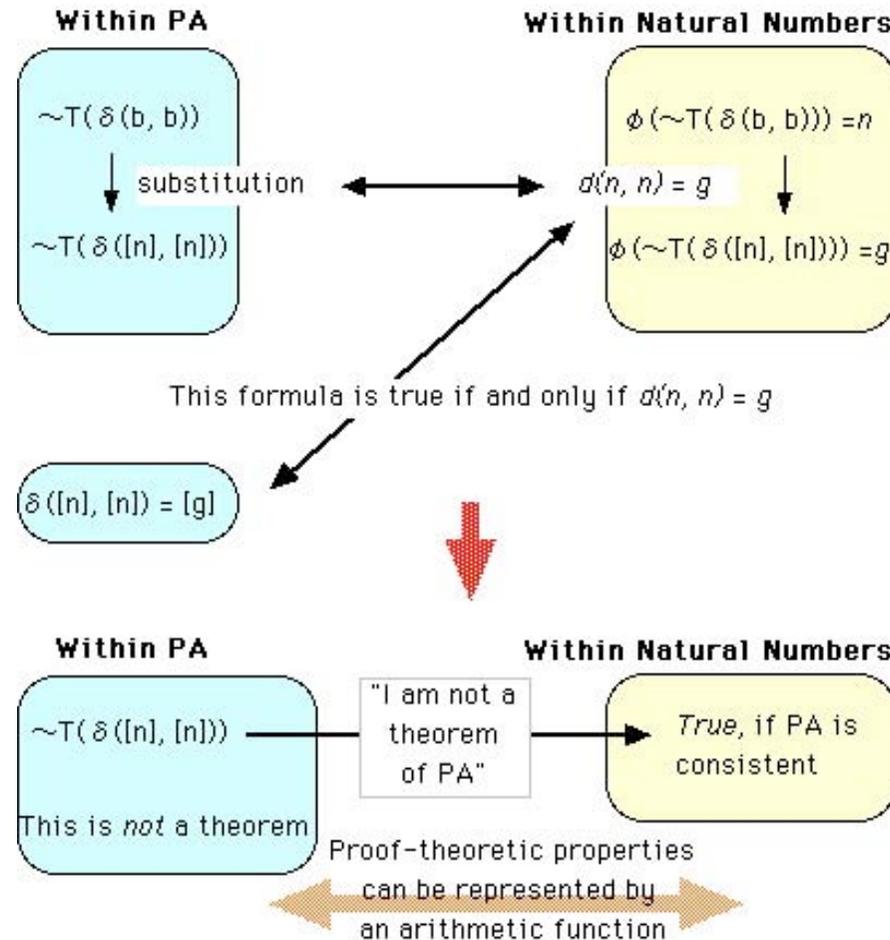


a) Allquantor:  $\forall x Fx$



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

# Vorgeschichte der KI

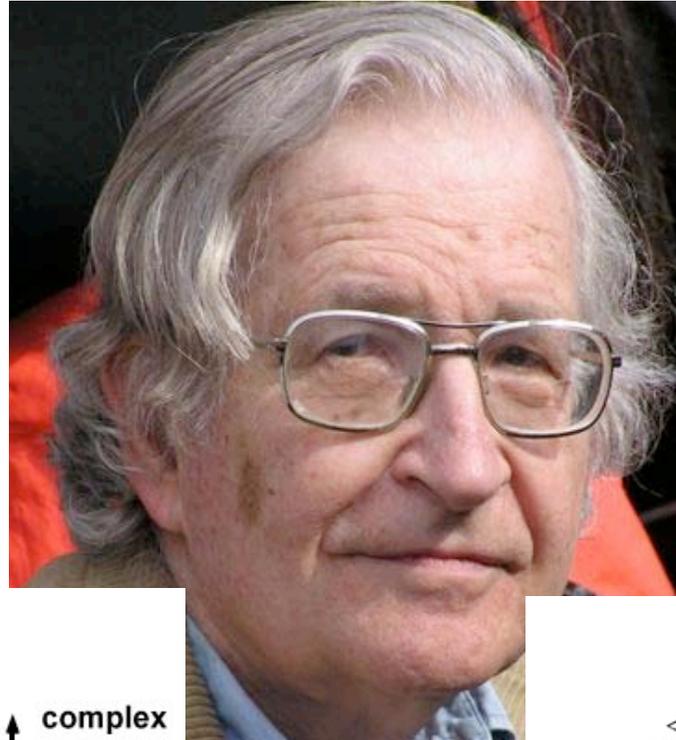


# Vorgeschichte der KI

---



# Vorgeschichte der KI

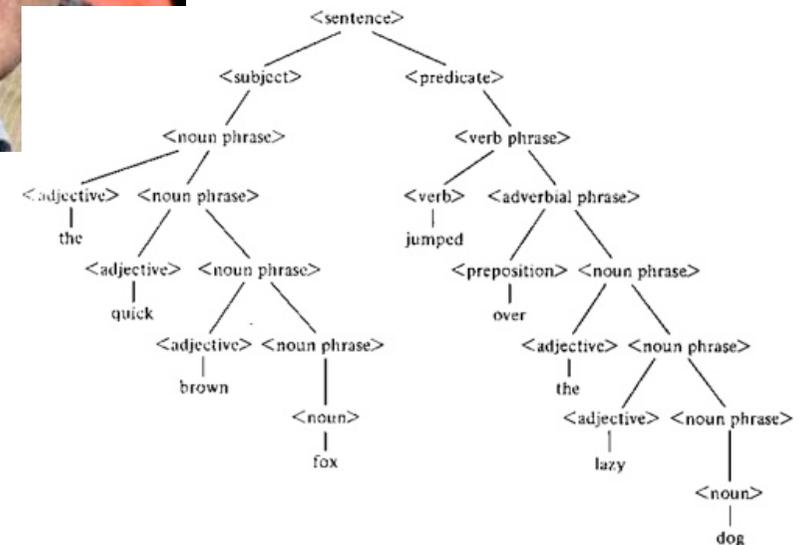
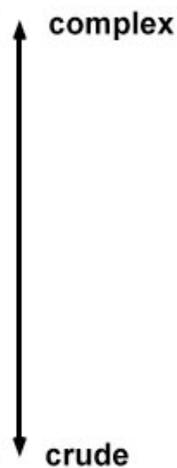


uncomputable

<b>Turing machines</b>	<b>Phrase structure</b>
<b>Linear-bounded automata</b>	<b>Context-sensitive</b>
<b>Push-down automata</b>	<b>Context-free</b>
<b>Finite state automata</b>	<b>Regular</b>

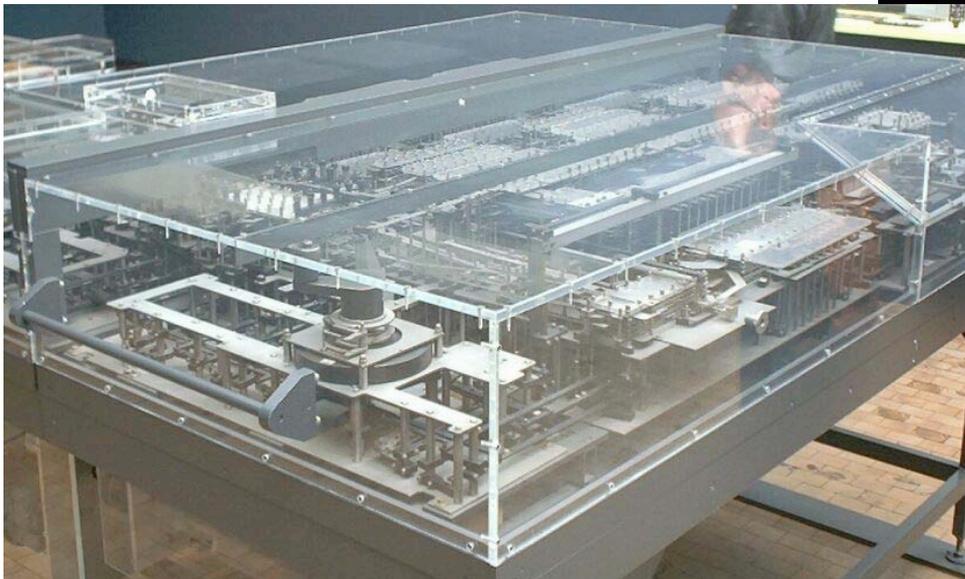
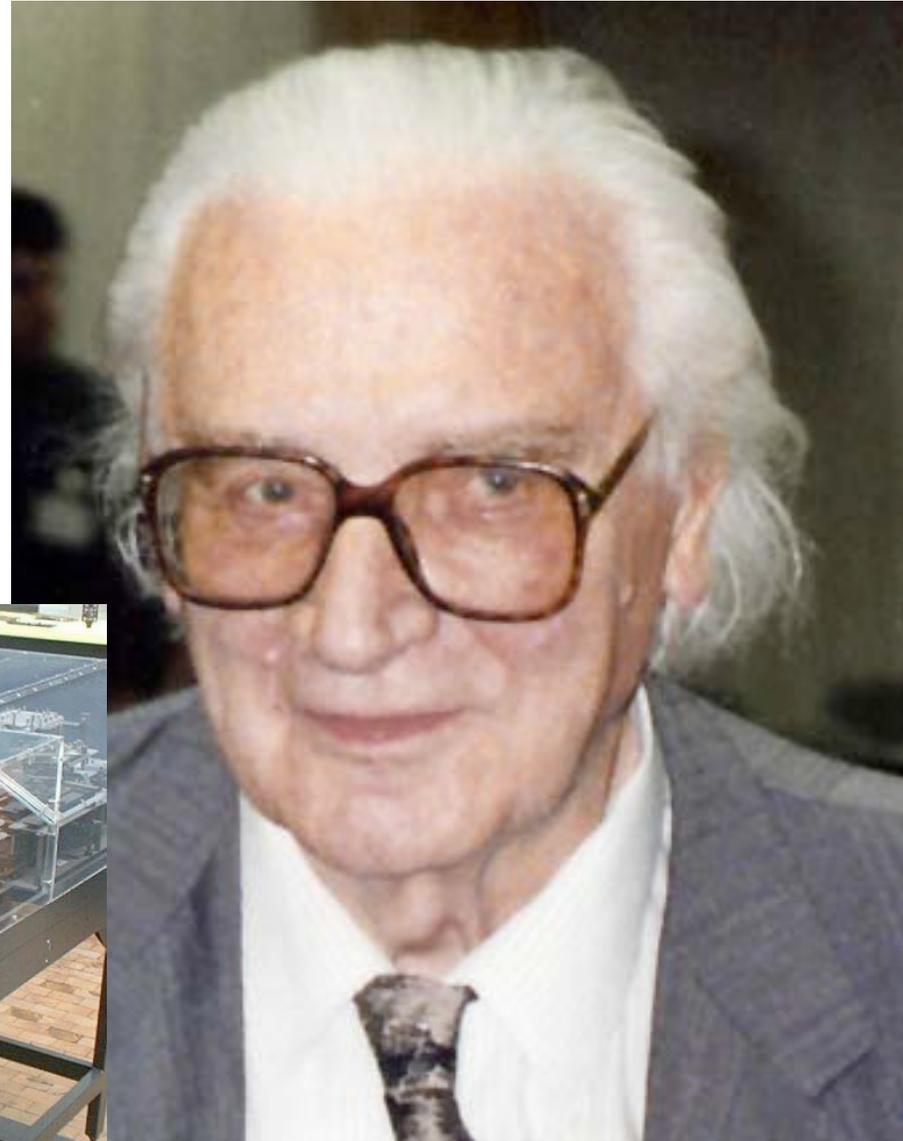
machines

grammars



# 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)
- 1964 Dartmouth-Konferenz (John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, Claude Shannon)
- 1967 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
- 1973 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

1976 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
  - ⇒ (symbolische) Lernverfahren im Bereich Data Mining
- Aber: viele Probleme immer noch nicht gelöst:
  - ⇒ Sprachverstehen (HAL9000)
  - ⇒ Bildverstehen
  - ⇒ Menschliche Fähigkeiten (lernen, erfinden, ...)