

Künstliche Intelligenz

Vorlesung 1, Teil 1: Einführung in die Künstliche Intelligenz



ORGANISATORISCHES

Literatur

- W. Ertel, Grundkurs Künstliche Intelligenz
- S. Russel, P. Norvig, Artificial Intelligence, A Modern Approach
- K. Frankish, W. Ramsey (eds.), The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence
- V. Wittpahl, Künstliche Intelligenz. Technologie, Anwendung, Gesellschaft
- J. Lunze, Künstliche Intelligenz für Ingenieure
- F. van Harmelen, V. Lifschitz, B. Porter, Handbook of Knowledge Representation

Sprechstunden

Nach Vereinbarung



CREDITS

Nach Slides von W. Ertel, D. Sabel, L. Diosan



WAS IST KÜNSTLICHE INTELLIGENZ (KI)

Marvin Minsky, 1967:

Die **künstliche Intelligenz** ist die Wissenschaft, Maschinen dazu zu bringen, Dinge zu tun, die Intelligenz erfordern, wenn sie von Menschen ausgeführt werden.

Sundar Pichai, CEO Google, 2018

Künstliche Intelligenz ist eines der wichtigsten Dinge, an denen Menschen arbeiten. Ihre Bedeutung ist grundlegender als Elektrizität oder das Feuer

Satya Nadella, Microsoft

Künstliche Intelligenz ist nicht einfach nur eine weitere Technologie, es könnte eine der wirklich grundlegenden Technologien sein, die Menschen jemals entwickelt haben.



KERNTHEMEN

- Smart software vs. cognitive modeling
- Symbolic AI vs. neural nets
- Reasoning vs. perception
- Reasoning vs. knowledge
- To represent or not
- Brain in a vat vs. embodied AI
- Narrow AI vs. human-level intelligence



SMART SOFTWARE VS. COGNITIVE MODELING

- KI ist ein Teil von Informatik. Diese zielt darauf intelligente Computer Programme zu schaffen, d.h. intelligente Softwareprodukte, die den Bedürfnissen der Menschen entsprechen.
- KI hat auch eine wissenschaftliche Seite, die uns helfen soll, die menschliche Intelligenz zu verstehen. Dies umfasst das Erstellen von Softwaresystemen, die menschenähnlich **denken**, sowie die Erstellung rechnerischer Modelle des menschlichen Wissenvermögens.
- Diese Rechenmodelle liefern Wissenschaftler Hypothesen für das kognitive Verhalten.



SYMBOLIC AI VS. NEURAL NETS

- Von Anfang an gab es zwei verschiedene Schienen, auf denen sich die KI entwickelt hat: **symbolische KI** und **neuronale Netze**
- **Symbolische KI**: Wissen wird durch das Manipulieren verschiedener Symbole nach vorgegebener Regeln - KI = Computer Programm
- **Neuronale Netze**: Intelligente Systeme erzeugen, die die biologische Systeme nachahmen - KI = Hirn



REASONING VS. PERCEPTION

- Intelligenz als hoch entwickeltes Denkvermögen für decision making
- Machine vision: image recognition



REASONING VS. KNOWLEDGE

- Frühe KI Forschungen fokussierten auf das Verstehen der Mechanismen (Algorithmen) des kritischen Denkens
- Wissen einbauen in die Systeme. Aber was ist Wissen?



TO REPRESENT OR NOT

- Wissenrepräsentation - das System muss die Welt modellieren.
- Oder nicht?



BRAIN IN A VAT VS. EMBODIED AI

- Frühere Systeme konnten mit der äußeren Welt nicht agieren
- Über Sensorik können moderne KI Systeme die äußere Welt wahrnehmen und mit ihr interagieren.



NARROW AI VS. HUMAN-LEVEL INTELLIGENCE

- Anfangsphasen der KI: Strong AI = human intelligence
- Intelligente Systeme in engere Bereiche



EINSATZBEREICHE

- Task Automatisierung
- Prediction
- Intelligent decision-making
- Personalization (Amazon, Netflix)
- Creating conversational interfaces (Alexa, Siri, Google Home)



TRENDS IN KI

- Embedded KI: CRM, marketing automation und analytics solutions, NLP, image recognition (computer vision), voice recognition software (speech to text, text to speech)
- Machine learning as a service: Microservice Struktur; Cloud Dienste von Microsoft, Google, Amazon



KI PLATFOMEN



Pega Platform

4.2 ★★★★★☆

(121 reviews)



IBM Watson Studio

4.1 ★★★★★☆

(70 reviews)



Google Cloud Machine Learning Engine

4.3 ★★★★★☆

(66 reviews)



TensorFlow

4.5 ★★★★★☆

(25 reviews)



Azure Machine Learning

4.0 ★★★★★☆

(15 reviews)



Deep Cognition

4.6 ★★★★★☆

(14 reviews)

CONVERSATIONAL INTELLIGENT SOFTWARE



Intercom

4.3 ★★★★★
(696 reviews)



Drift

4.4 ★★★★★
(237 reviews)



Alexa for Business

4.1 ★★★★★
(38 reviews)



Google Cloud Translation
API

3.7 ★★★★★
(30 reviews)



TARS

4.8 ★★★★★
(28 reviews)



Zendesk Answer Bot

4.0 ★★★★★
(26 reviews)



DEEP LEARNING



Microsoft Computer
Vision API

4.0 ★★★★★
(42 reviews)



Dragon Speech
Recognition Software

4.0 ★★★★★
(36 reviews)



OpenCV

4.5 ★★★★★
(29 reviews)



Amazon Lex

4.2 ★★★★★
(28 reviews)



Microsoft Bing Speech
API

3.7 ★★★★★
(22 reviews)



Amazon Rekognition

4.3 ★★★★★
(19 reviews)



MACHINE LEARNING



Qubole

4.0 ★★★★★
(68 reviews)



IBM Watson Machine Learning

4.0 ★★★★★
(49 reviews)



scikit-learn

4.8 ★★★★★
(31 reviews)



BigML

4.7 ★★★★★
(24 reviews)



Microsoft Bing Image Search API

3.9 ★★★★★
(20 reviews)

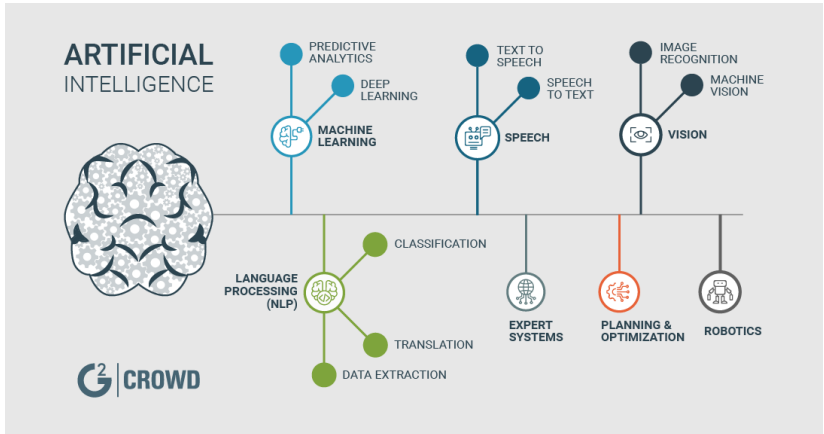


machine-learning in Python

4.7 ★★★★★
(19 reviews)



KI HEUTE

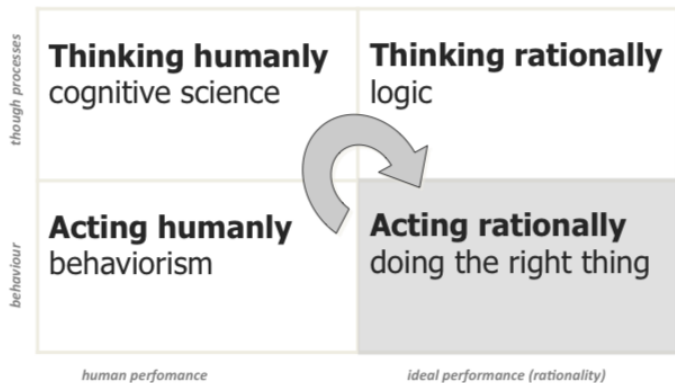


WAS IST KÜNSTLICHE INTELLIGENZ (KI)

- Was ist Intelligenz?
- Wie kann man Intelligenz messen?
- Wie funktioniert unser Gehirn?
- Intelligente Maschine?
- Science Fiction?
- Menschlichen Geist nachbauen?
- Philosophie? z.B. Körper-Seele Problem



VIER PERSPEKTIVEN ÜBER DIE KI



MENSCHLICH HANDELN

ACTING HUMANLY

Alan Turing (1950):

- Können Maschinen denken?
- Können Maschinen wie Menschen handeln?

Turing Test

Ein Computer besteht den Test, wenn ein Mensch, der einige aufgeschriebene Fragen stellt, nicht feststellen kann, ob die geschriebenen Antworten von einem Menschen oder von einem Computer kommen.



REVERSE TURING TEST

Der Computer versucht zu erkennen, ob er mit einem Computer oder einer Person kommuniziert.

Security Check

Enter **both words** below, **separated by a space**.
Can't read the words below? Try different words or an audio captcha.



Sick of these? [Verify your account](#).

Text in the box: [What's This?](#)



MENSCHLICH DENKEN

THINKING HUMANLY

Kognitive Modellierung

- Modellierung des menschlichen Denkens
- Wir müssen bestimmen können, wie Menschen denken
 - Top-down-Ansatz (Psychologie)
 - menschliche Denkschritte folgen (z.B. gefunden durch Introspektion oder durch Beobachten der Handlungen einer Person)
 - GPS: Allgemeiner Problemlöser (General Problem Solver, Newell und Simon, 1957)
 - Bottom-up (Neurowissenschaft)
 - Modellierung des Gehirns (durch Beobachtung)
 - Verbindungsmodelle
 - Intelligentes Verhalten entsteht durch die Verbindung einer großen Anzahl einfacher Einheiten (**Neuronale Netze**)



RATIONALES DENKEN

THINKING RATIONALLY

Seit der Zeit von Aristoteles (384 - 322 v. Chr.) versuchten die Menschen, **richtiges Denken** zu formalisieren.

■ Syllogismen

- Muster für Argumentationen, die immer korrekt sind falls korrekte Prämissen vorhanden sind.
- Wenn Sokrates ein Mann ist, sind alle Menschen sterblich
⇒ Sokrates ist sterblich

■ Diese Studie initiierte das Gebiet der Logik (und Mathematik).



RATIONALES DENKEN

THINKING RATIONALLY

Haupthindernisse:

- Es ist nicht einfach, informelles Wissen zu nehmen und es in den von der logischen Notation geforderten formalen Bedingungen zu formulieren, insbesondere wenn das Wissen weniger als 100% sicher ist.
- Es besteht ein großer Unterschied, ob man ein Problem **im Prinzip** löst oder, ob man es in der Praxis löst.



RATIONALES HANDELN

ACTING RATIONALLY

Rationales Verhalten = *Richtige Dinge* tun

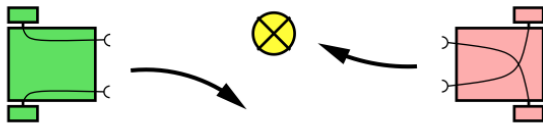
- *Richtig* = das Beste (erwartete) zu erreichen auch wenn es eine gewisse Unsicherheit gibt
- Korrekte Schlüsse zu ziehen (rationales Denken) ist Teil eines **rationalen Agenten**, aber nicht exklusiv.
 - In manchen Situationen gibt es keine beweisbare richtige Handlungsweise, es muss trotzdem gehandelt werden.
 - Es gibt auch rationales Handeln, von dem nicht behauptet werden kann, dass es logische Schlüsse beinhaltet (z. B. Reflexhandlungen).
 - Diese Lehrveranstaltung konzentriert sich auf allgemeine Prinzipien von rationalen Agenten und auf Komponenten für deren Konstruktion.



WAS IST KÜNSTLICHE INTELLIGENZ (KI)

John McCarthy (1955):

Ziel der KI ist es, Maschinen zu entwickeln, die sich verhalten, als verfügten sie über Intelligenz.



Zwei ganz einfache Braitenberg-Vehikel und deren Reaktion auf eine Lichtquelle.

WAS IST KÜNSTLICHE INTELLIGENZ (KI)

Encyclopedia Britannica:

KI ist die Fähigkeit digitaler Computer oder computergesteuerter Roboter, Aufgaben zu lösen, die normalerweise mit den höheren intellektuellen Verarbeitungsfähigkeiten von Menschen in Verbindung gebracht werden . . .

Nach dieser Definition ist also jeder Computer ein KI-System.



WAS IST KI?

Elaine Rich

Artificial Intelligence is the study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better.

- Auch im Jahr 2050 noch aktuell!
- Mensch heute noch besser in vielen Bereichen!
u.a. Bildverstehen, Lernfähigkeit
- Computer heute schon besser in vielen Bereichen!
- Beisp. Schachcomputer/Go



HIRNFORSCHUNG UND PROBLEMLÖSEN

Unterschiedliche Ansätze:

- Wie arbeitet das menschliche Gehirn?
- Problemorientiert: Intelligente Agenten bauen!
- Gemischtwarenladen!



WOMIT BESCHÄFTIGT SICH DIE KÜNSTLICHE INTELLIGENZ?

Ziel der Künstlichen Intelligenz:

Herstellung eines intelligenten Agenten

Auch: Herstellung eines möglichst guten

- autonomen
- lernenden
- intelligenten
- automatischen

Informationssystem



BEISPIELE

- Taschenrechner
- Schachspielende Computer,
z.B. [Deep Blue](#), Deep Thought und Deep Fritz
- Go und KI ([hier](#) und [hier](#))
- Sprachübersetzer wie z.B. GoogleTranslate, Babelfish, etc.
- Wissensbasierte Systeme in vielen Varianten
- Texterkennungssysteme in Kombinationen mit
Hintergrundwissen wie z.B. [IBM Watson](#)
([Jeopardy-Gewinner](#))
- Roboter, z.B. Haushaltsroboter wie Staubsaugerroboter,
Industrieroboter, etc.
- intelligente Informationssysteme



GRUNDLAGEN DER KI

Die KI bezieht sich auf Ideen und Methoden aus vielen Bereichen.

- Philosophie (400 v.C. –) – Wie entstehen die Gedanken im Gehirn? **Logik, Schlussverfahren**
- Mathematik (800 –) – Welche **formale** Regeln werden benutzt um gültige Schlüsse zu ziehen? Was ist berechenbar?
- Wirtschaft (1776 –) – Wie kann man Gewinne maximieren? **Utility Theory, Decision Making**
- Neurowissenschaft (1861 –) – Wie verarbeitet unser Gehirn die Information?
- Psychologie (1879 –) – Wie denken und handeln Menschen? **Behaviourism**



GRUNDLAGEN DER KI

- Computer Engineering (1940 –) – Wie baut man einen Computer?
- Kontroll Theorie (1948 –) – Dynamische Systeme, deren Verhalten durch sogenannte **Eingangsgrößen** von außen beeinflusst werden kann
- Sprachwissenschaften (1957 –) – Welche Beziehungen existieren zwischen Sprache und Denken? **Knowledge Representation**

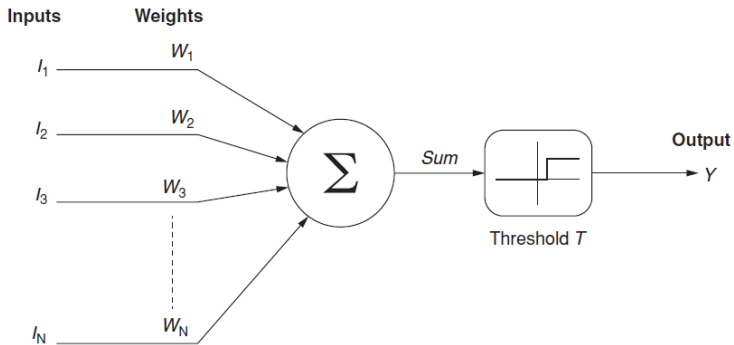


GESCHICHTE DER KI

- 1931: Der österreichischer Kurt Gödel zeigt, dass in der Prädikatenlogik erster Stufe alle wahren Aussagen herleitbar sind. In Logiken höherer Stufe hingegen gibt es wahre Aussagen, die nicht beweisbar sind .
- 1937: Alan Turing zeigt mit dem Halteproblem Grenzen intelligenter Maschinen auf .
- 1943: McCulloch und Pitts modellieren Neuronale Netze und stellen die Verbindung zur Aussagenlogik her.



ERSTES KÜNSTLICHES NEURON



GESCHICHTE DER KI

- 1950: Alan Turing definiert über den Turingtest Intelligenz von Maschinen und schreibt über lernende Maschinen und genetische Algorithmen
- 1951: Marvin Minsky entwickelt einen Neuronenrechner. Mit 3000 Röhren simuliert er 40 Neuronen. SNARC, erstes neuronales Netzwerk, simuliert eine Ratte in ein Labyrinth.
- 1955: Arthur Samuel (IBM) baut lernfähige Dame Programme die besser spielen als ihre Entwickler
- 1956 McCarthy organisiert eine Konferenz im Dartmouth College. Hier wird der Name Artificial Intelligence festgelegt.

Newell und Simon von der Carnegie Mellon University (CMU) stellen den Logic Theorist, das erste symbolverarbeitende Programm, vor.



GESCHICHTE DER KI

- 1958: McCarthy erfindet am MIT (Massachusetts Institute of Technology) die Hochsprache LISP. Er schreibt Programme, die sich selbst verändern können.
- 1958: Frank Rosenblatts Perzeptron - Neuronales Netz
- 1959: Samuels' Checker Player. Erster Machine Learning Algorithmus.
- 1959: Gelernter (IBM) baut den Geometry Theorem Prover.
- 1961 Der General Problem Solver (GPS) von Newell und Simon imitiert menschliches Denken.
- 1963 McCarthy gründet das AI-Lab an der Stanford Universität.



GESCHICHTE DER KI

- 1965: Robinson erfindet den Resolutionskalkül für Prädikatenlogik.
- 1966: Weizenbaum's Eliza-Programm führt Dialoge mit Menschen in natürlicher Sprache.
- 1969: Minsky und Papert zeigen in ihrem Buch Perceptrons auf, dass das Perzeptron, ein sehr einfaches neuronales Netz, nur lineare Zusammenhänge repräsentieren kann ⇒ **neural net winter** bis in den '80er Jahre.
- **1952 - 1969: Die Zeit der großen Erwartungen...**
- J. McCarthy: **Look, Ma, no hands!** Ära.



GESCHICHTE DER KI

EINE DOSIS WIRKLICHKEIT (1966 -1973)

- 1972: Der Franzose Alain Colmerauer erfindet die Logikprogrammiersprache PROLOG.
- Es existieren Maschinen die denken können, lernen können und schaffen können, aber nur einfache Aufgaben meistern. Weshalb?
- Frühere Programme wussten nichts über das Thema, welches sie bearbeitet haben. Der Erfolg entsteht über einfache syntaktische Manipulationen
- Viele KI Probleme sind mit Computer schwer lösbar.
- Grundlegende Einschränkungen der Basisstrukturen (z.B. der Perzeptron).
- 1972: NLP mit SHRDLU System.



GESCHICHTE DER KI

KNOWLEDGE BASED SYSTEMS (1969 -1979)

- **Domain specific language** wird benutzt. Der britische Mediziner de Dombal entwickelt ein Expertensystem zur Diagnose von Bauchkrankheiten. Es blieb in der bis dahin überwiegend amerikanischen KI-Community unbeachtet.
- 1976: Shortliffe und Buchanan entwickeln MYCIN, ein Experten- system zur Diagnose von Infektionskrankheiten, das mit Unsicherheit umgehen kann.
- DENDRAL (Buchanan): inferriert über molekulare Strukturen ausgehend von Informationen, die von einem Masse Spektrometer geliefert werden. Regeln, basiert auf bekannten Mustern werden eingeführt, um die Anzahl möglicher Strukturen zu verringern.
- FRAMES (Minsky, 1957) - Motivation für die heutigen OOP Sprachen.



GESCHICHTE DER KI

KI WIRD ZU EINER INDUSTRIE

- 1981: Japan startet mit großem Aufwand das *Fifth Generation Project* mit dem Ziel, leistungsfähige intelligente PROLOG- Maschinen zu bauen.
- Boom der KI Industrie (Ertrag: Mld. Dollars in 1988).
- 1982: Das Expertensystem R1 zur Konfiguration von Computern spart der Digital Equipment Corporation 40 Millionen Dollar pro Jahr.
- 1986: Renaissance der Neuronalen Netze unter anderem durch Rumelhart, Hinton und Sejnowski . Das System Nottalk lernt das Vorlesen von Texten.
- 1990: Pearl, Cheeseman , Whittaker, Spiegelhalter bringen mit den Bayes-Netzen die Wahrscheinlichkeitstheorie in die KI.

Multiagentensysteme werden populär.

- 1993 Weltweite RoboCup Initiative zum Bau Fußball spielender autonomer Roboter.



GESCHICHTE DER KI

- Der Winter... Die Firmen schaffen nicht, die extravaganten Versprechungen einzuhalten.
- Die Rückkehr der neuronalen Netze (1986).
- KI wird wissenschaftlich fundiert (1987), sowie neue Methoden: Hidden Markov Modelle, Bayesische Netzwerke, Data Mining.
- Formalisierung und Spezialisierung führt aber zur Fragmentierung.



GESCHICHTE DER KI

DIE ENTSTEHUNG INTELLIGENTER AGENTEN

- 1997: Erster internationaler RoboCup Wettkampf in Japan.
- 2003: Die Roboter im RoboCup demonstrieren eindrucksvoll, was KI und Robotik zu leisten imstande sind.
- 2006 Servicerobotik entwickelt sich zu einem dominanten Forschungsgebiet in der KI.
- 2010 Autonome Roboter fangen an, ihr Verhalten zu lernen.
- 2011 Die IBM-Software *Watson* schlägt zwei menschliche Meister in der US-Fernsehshow *Jeopardy!*. Watson kann natürliche Sprache verstehen und sehr schnell beantworten.



DIE RÜCKKEHR DER KI

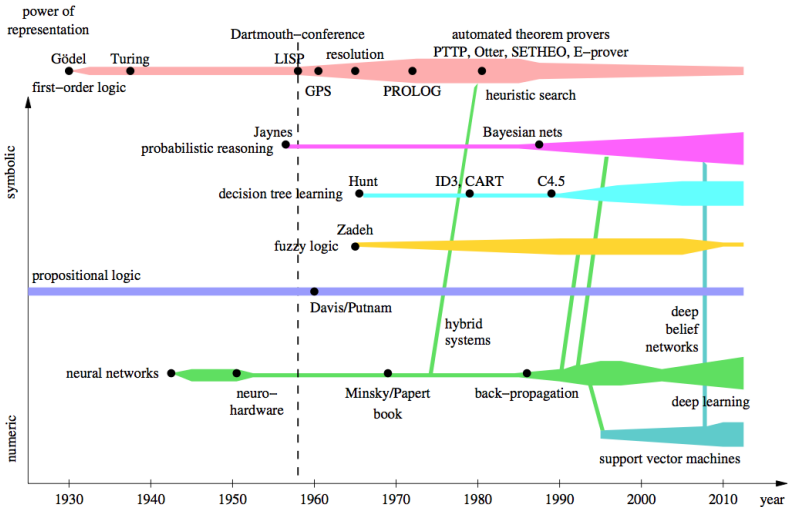
- 1997 IBM Deep Blue schlägt Schachmeister Kasparov.
- 1997 General purpose AI automatic theorem prover **EQP: EQuational Prover**. Die Konjektur von Robbins über Boolesche Algebren wird bewiesen.
- Games - Die Killer App.
- Game AI.



DIE PHASEN DER KI-GESCHICHTE

- Die ersten Anfänge.
- Logik löst (fast) alle Probleme.
- Der neue Konnektionismus.
- Schließen mit Unsicherheit.
- Verteilte, autonome und lernende Agenten.
- Die KI wird erwachsen.





AKTUELLE FORSCHUNGSRICHTUNGEN

- Technologie zum textuellen Sprachverstehen und zur Ermöglichung von Mensch-Computer-Dialogen. (Wahlster: Verbomobil-Projekt).
- Robotik-Ansatz: (Embodied artificial intelligence, R. Pfeifer). Untersuchung und Entwicklung von Sensorik, Motorik, d.h. physikalische Gesetzmäßigkeiten des Roboters und der Steuerung mittels Computer, *intelligentes Insekt*.
- Automatische Deduktion Logik.
- Robotik.
- künstliche neuronale Netze.
- Autonomes Fahren.



AKTUELLE FORSCHUNGSRICHTUNGEN

- Knowledge Representation (Wissensdarstellung)
- Heuristic Search (Heuristische Suche)
- Planning
- Expert Systeme
- Machine Vision
- Machine Learning
- NLP
- Software Agenten
- Intelligente Lernsysteme
- Roboter



RECENT TRENDS

- Soft computing
- AI for Data Mining
- Agent based AI
- Cognitive Computing



ROBOTER UND WEITERE BEGRIFFE

- Roboter = Intelligenter Agent, Computer im Kern, agiert mit der physikalischen Umwelt
- Softbot = Software-Roboter, Umwelt ist i.A. nicht physikalisch, hat Wissensbasis und gibt Antworten und Ratschläge
- Webbot = Web-Roboter, (inter-)agiert im WWW, z.B. um Suchdatenbanken zu erstellen
- Chatbot = Chat-Roboter, interagiert in einem Chat

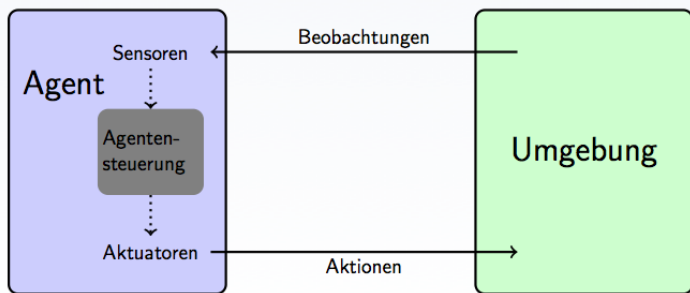


INTELLIGENTE AGENTEN

Agent = Überbegriff für alle KI-Systeme

Ein Agent hat

- *Sensoren* zum Beobachten seiner Umgebung und
- *Aktuatoren* (Aktoren; Effektoren) um die Umgebung zu manipulieren.



INTELLIGENTE AGENTEN

Agent

- macht Beobachtungen (Folge = Beobachtungssequenz)
- Aktion beeinflussen Umgebung und evtl. ihn selbst (z.B. Position)
- Agentenfunktion: Beobachtungsfolgen \rightarrow Aktionen.

Agentfunktion kann durch das Agentenprogramm implementiert werden



BEISPIELE

- Menschliche Agenten. Sensoren: Augen, Nase, Ohren.
Aktuatoren: Hände, Beine, Mund
- Roboter. Sensoren: Kamera, Infrarotsensoren. Aktuatoren:
Greifarme, Räder
- Software Agenten: Sensoren: Tastatur, Datenpakete.
Aktuatoren: Bildschirm, Datenpakete

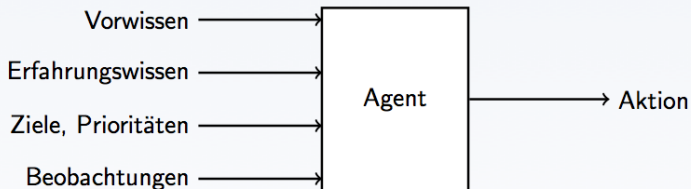


INTELLIGENTE AGENTEN FORMALISIEREN

- Das Verhalten des Agenten ist beeinflusst von der vollständigen Geschichte der Daten, die der Agent aufgenommen hat.
- Formal, die Auswahl einer Handlung kann durch eine Agentenfunktion (Tabelle) beschrieben werden
 - $V^* \rightarrow A$, V ist eine Menge von Empfindungen, A ist die Menge der Handlungen
 - Die Agentenfunktion kann konstruiert werden, indem das Verhalten des Agenten für alle möglichen Wahrnehmungssequenzen beobachtet wird.
 - Wir brauchen eine Neustart - Fähigkeit für den Agenten und genug Speicherplatz
 - Die Agentenfunktion ist eine abstrakte mathematische Beschreibung.
- Intern wird die Agentenfunktion von einem Agentenprogramm implementiert.



AGENT ALLGEMEIN

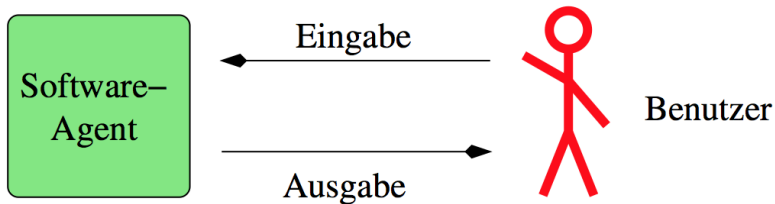


- **Vorwissen**: Wissen über die Umgebung z.B. Karte
- **Erfahrungswissen**: erlerntes Wissen, Testfälle
- **Ziele**: üblicherweise mit Prioritäten und Wichtigkeiten versehen.
- **Beobachtungen**: über die Umgebung und über sich selbst

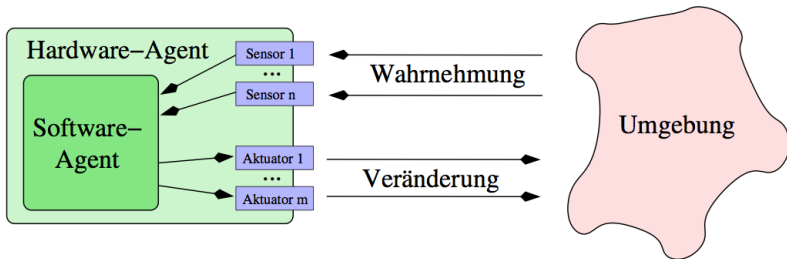
Nächste **Aktion** als Ausgabe (aufgrund von Schlussfolgern, Lernen,...)

AGENTEN

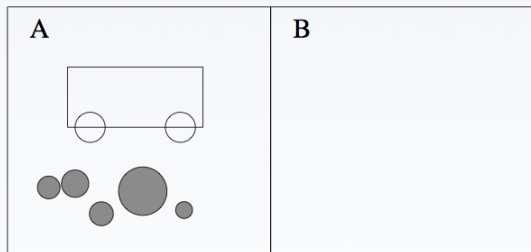
Software-Agent



Hardware-Agent (autonomer Roboter)



BEISPIEL: STAUBSAUGERWELT (RUSSEL & NORVIG)



- Orte: *A* oder *B*
- Jeder Ort: Dreckig / Sauber
- Agent kann nur aktuellen Ort beobachten (Sauber/Dreckig)
- Aktionen: *InsAndereQuadrat*, *Saugen* und *NichtsTun*.

BEISPIEL: STAUBSAUGERWELT (RUSSEL & NORVIG)

Problem:

Wann ist der Agent (das zugehörige Programm) gut / vernünftig bzw. intelligent ?

Notwendig:

Performanzmaß, d.h. eine Leistungsbewertung des Agenten

Z.B.

- Alles immer maximal sauber
- Möglichst sauber, aber wenig Stromverbrauch
- Möglichst sauber, aber wenig störend
- ...

Der optimale agierende Agent ist der intelligente Agent.



INTELLIGENTER AGENT

Definition

Ein vernünftiger (intelligenter, rationaler) Agent ist derjenige, der stets die optimale Aktion bzgl des Performanzmaßes wählt, aufgrund seiner Beobachtungsfolge und seines Vorwissens über die Umgebung.

