

Künstliche Intelligenz

Einleitung

Dr. Christian Meilicke
Research Group Data and Web Science
Universität Mannheim

Teile der Vorlesung basieren auf einem
Foliensatz von Prof. Dr. Heiner Stuckenschmidt

Inhalt

- Was ist künstliche Intelligenz
- Geschichte der KI
- Agenten-Metapher
- Eigenschaften von Problemen

Einige Definitionen der KI

“The exciting new effort to make computers think ... Machines with minds, in the full and literal sense”

“The automation of activities that we associate with human thinking, activities such as decision-making, problem-solving, learning ...”

“The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people”

“The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better.”

“The Study of mental faculties through the use of computational models”

“The study of the computations that make it possible to perceive, reason and act”

“Computational Intelligence is the study of the design of intelligent agents”

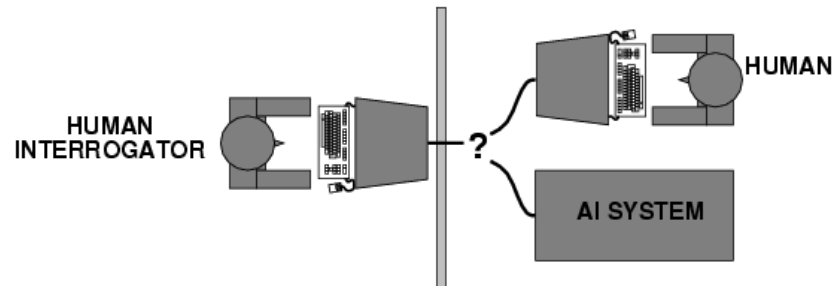
“AI is concerned with intelligent behaviour in artifacts.”

Einige Definitionen der KI

| | |
|---|------------------------------|
| Systeme die wie Menschen denken | Systeme die rational denken |
| Systeme die sich wie Menschen verhalten | Systeme die rational handeln |

Der Turing Test

- Bekannter Test um Intelligenz festzustellen
- Kriterium: Wenn sich eine Maschine wie ein Mensch verhält ist sie intelligent
 - Person unterhält sich im 'Chat' mit einem künstlichen Psychologen
 - Wenn er nicht entscheiden kann, ob es sich um einen Menschen oder eine Maschine handelt, ist diese intelligent



- Intelligenz = menschliches Verhalten

Rationale Agenten

- Annahme: Intelligente Wesen versuchen, immer das zu tun, was den meisten (erwarteten) Nutzen bringt
- Dies ist ein Unterschied zum Turing Test: Menschen verhalten sich auch irrational!
- Stehen nicht genügend Ressourcen zur Verfügung, wird die beste Lösung, die mit Hilfe dieser Ressourcen gefunden werden kann, gewählt (Bounded rationality)
- **Intelligenz = rationales Verhalten**

Einige Definitionen der KI

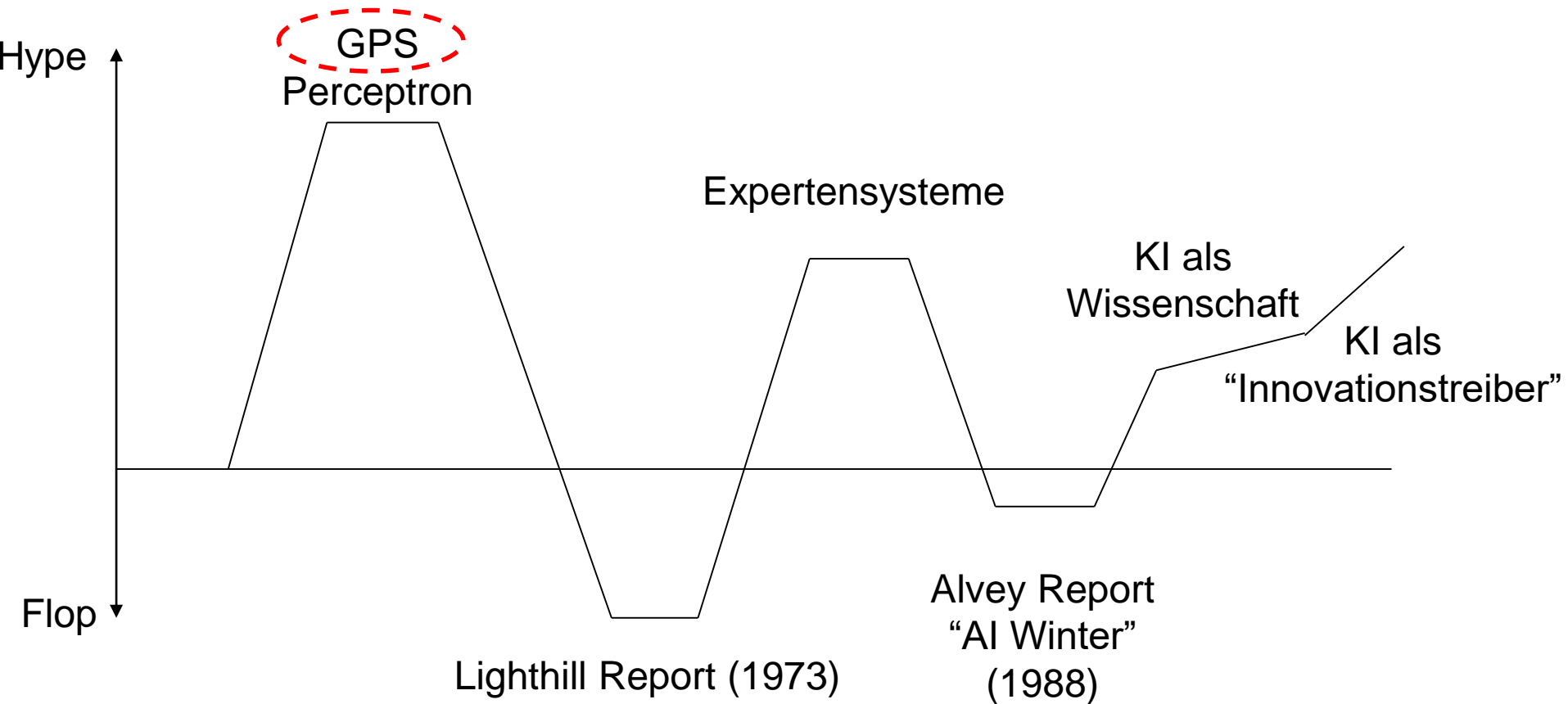
| | |
|---|------------------------------|
| Systems die wie Menschen denken | Systeme die rational denken |
| Systeme die sich wie Menschen verhalten | Systeme die rational handeln |

in Bezug auf eine bestimmte Problemklasse

Inhalt

- Was ist künstliche Intelligenz
- Geschichte der KI
- Die Agenten-Metapher
- Typen von Agenten
- Eigenschaften von Problemen

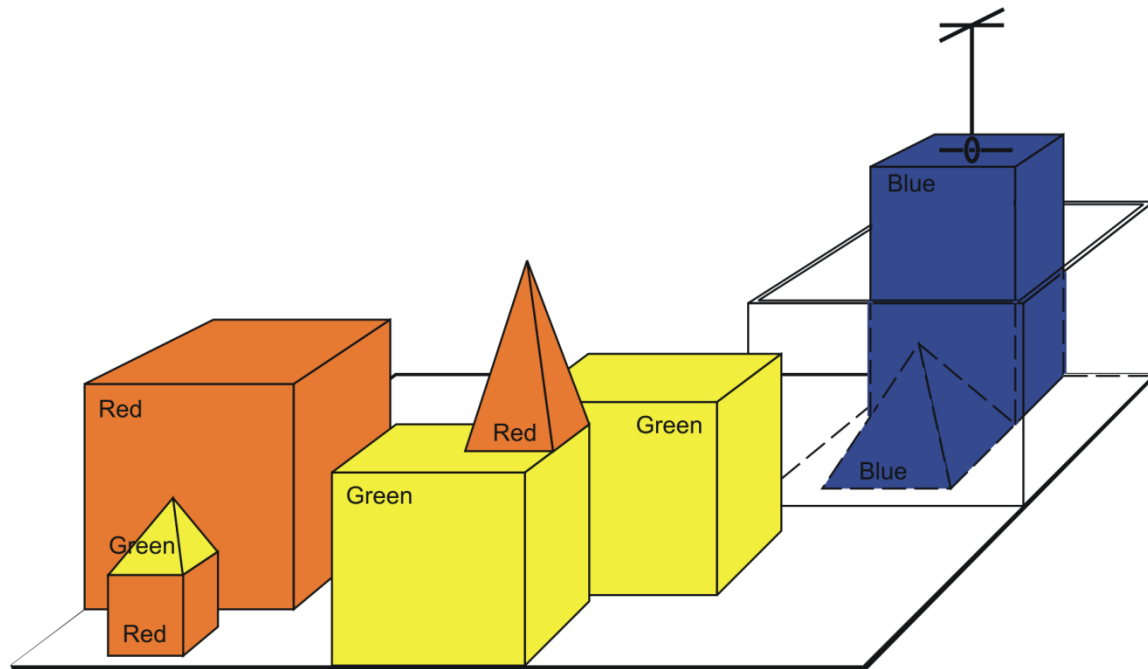
Geschichte der KI



“General Problem Solvers” und

- Ziel: ein genereller Problemlöser, der lediglich eine Beschreibung des Problems benötigt, um es zu lösen
- Erfolgreiche Anwendung an kleinen Beispielproblemen (= Micro Worlds)
- Reale Probleme zu komplex, dennoch prinzipielle Anwendbarkeit auf beliebige Probleme beeindruckend

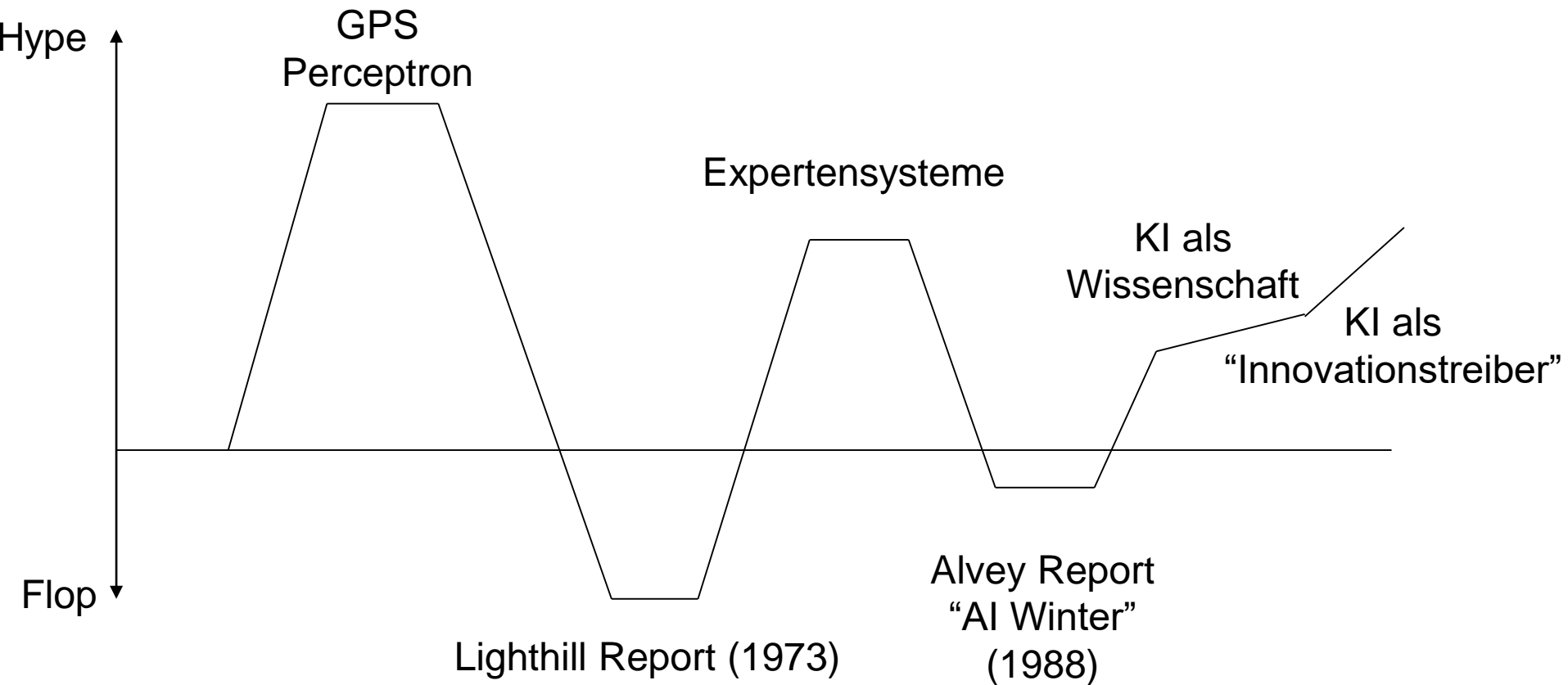
Ein Beispiel: “Blocks-World”



Auch heute noch relevant!



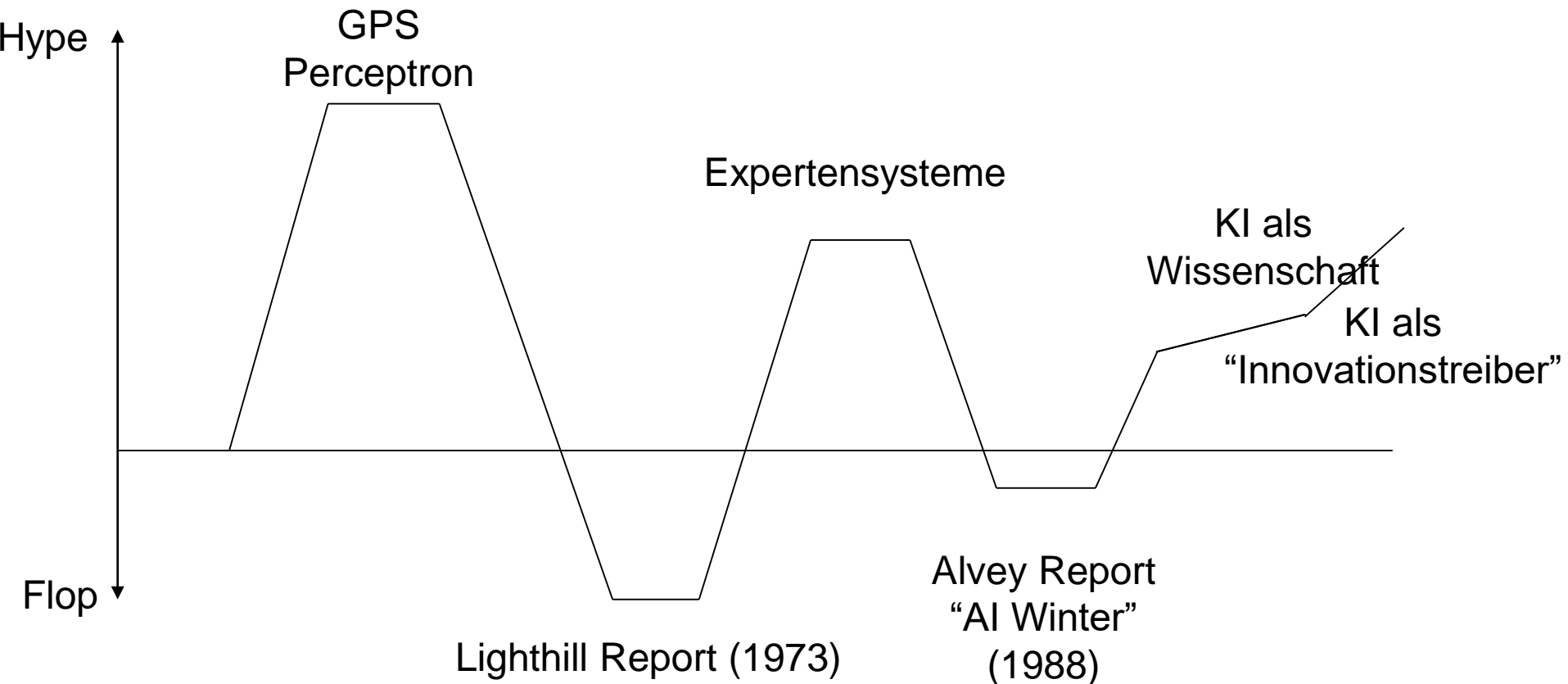
Geschichte der KI



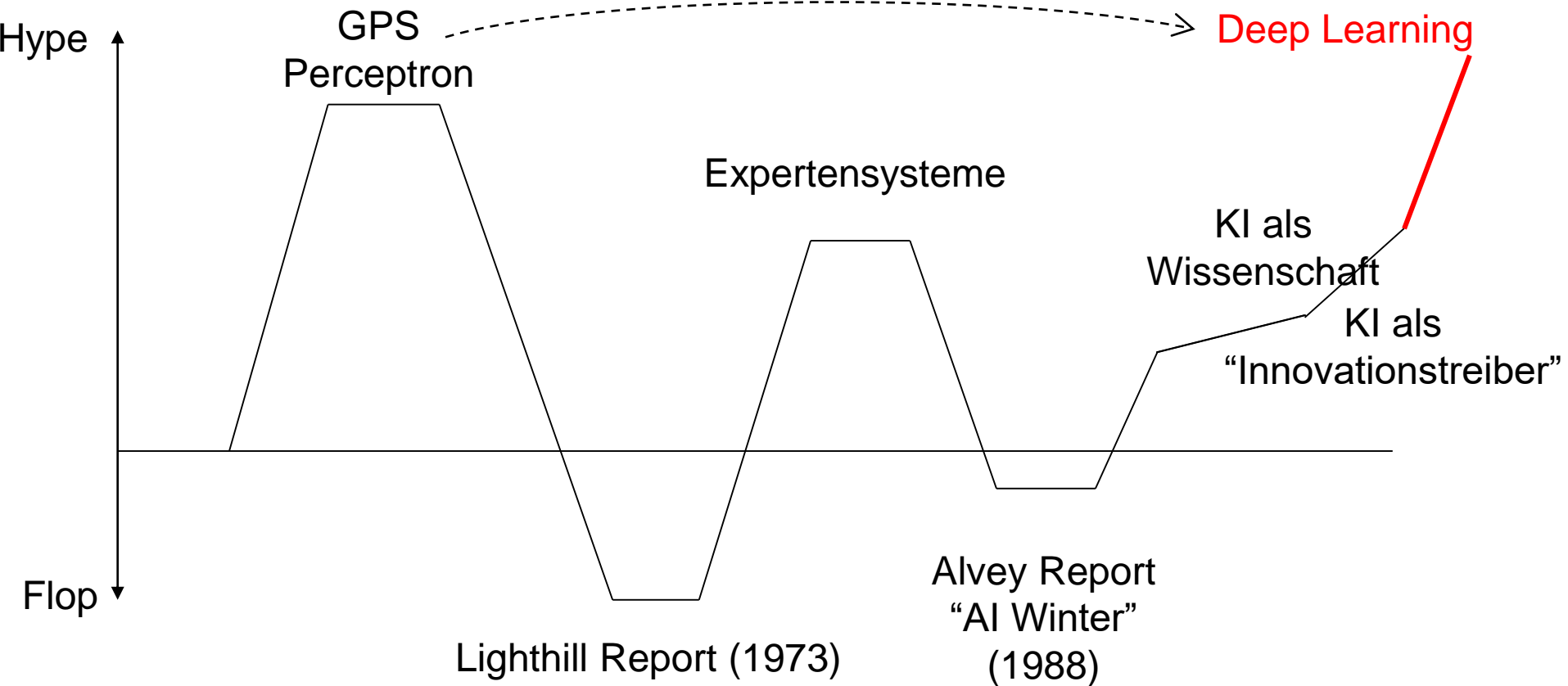
Expertensysteme

- Beschränkung auf einen kleinen, aber komplexen Problembereich
- Anwendung von heuristischen Regeln, die von Experten akquiriert werden
- Erste kommerzielle Erfolge:
 - Diagnose von Krankheiten (um 1970)
 - Konfiguration von Computersystemen (1982)
- Problem: Inselwissen
 - Systeme versagen bei unbekanntem Problemen vollständig

Geschichte der KI



Geschichte der KI



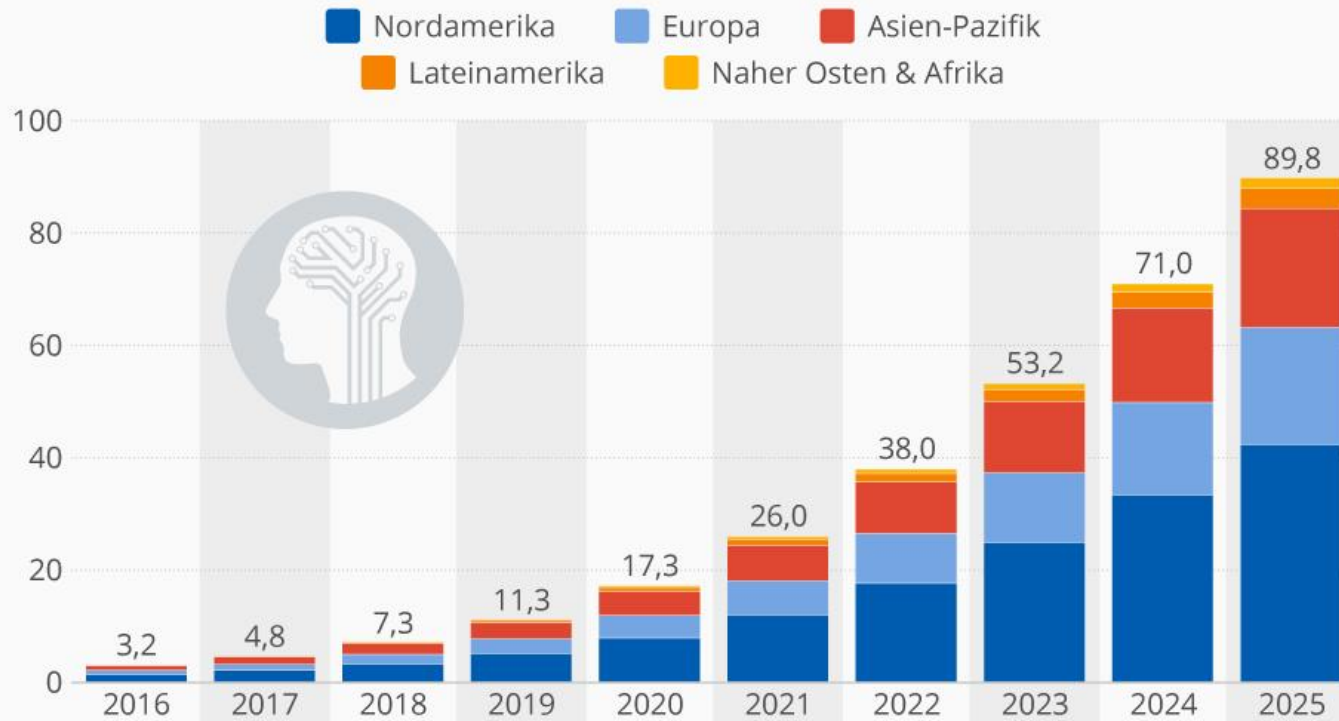
Wo steht die KI heute ?

- Spiele:
 - IBM Deep Blue schlägt den Schachweltmeister Kasparov
 - IBM Watson gewinnt gegen zwei Jeopardy Champions
 - Google DeepMind schlägt Profi GO Spieler
- Logistik:
 - US Armee setzt im Golfkrieg KI Planungssoftware ein
- Autonome Systeme:
 - Autos fahren selbstständig
 - Testzulassung für autonomen LKW in Deutschland
 - Google plant Drohnen zur Paketauslieferung einzusetzen
- Verarbeitung von Sprache
 - Automatische Übersetzung zwischen Sprachen
- Bilderkennung
 - Verschiedenste Objekte auf Bildern werden erkannt

Unternehmen und KI

Das Milliardenengeschäft mit der künstlichen Intelligenz

Prognostizierter Umsatz mit KI-Anwendungen weltweit (in Mrd. US-Dollar)



Unternehmen und KI

IoT

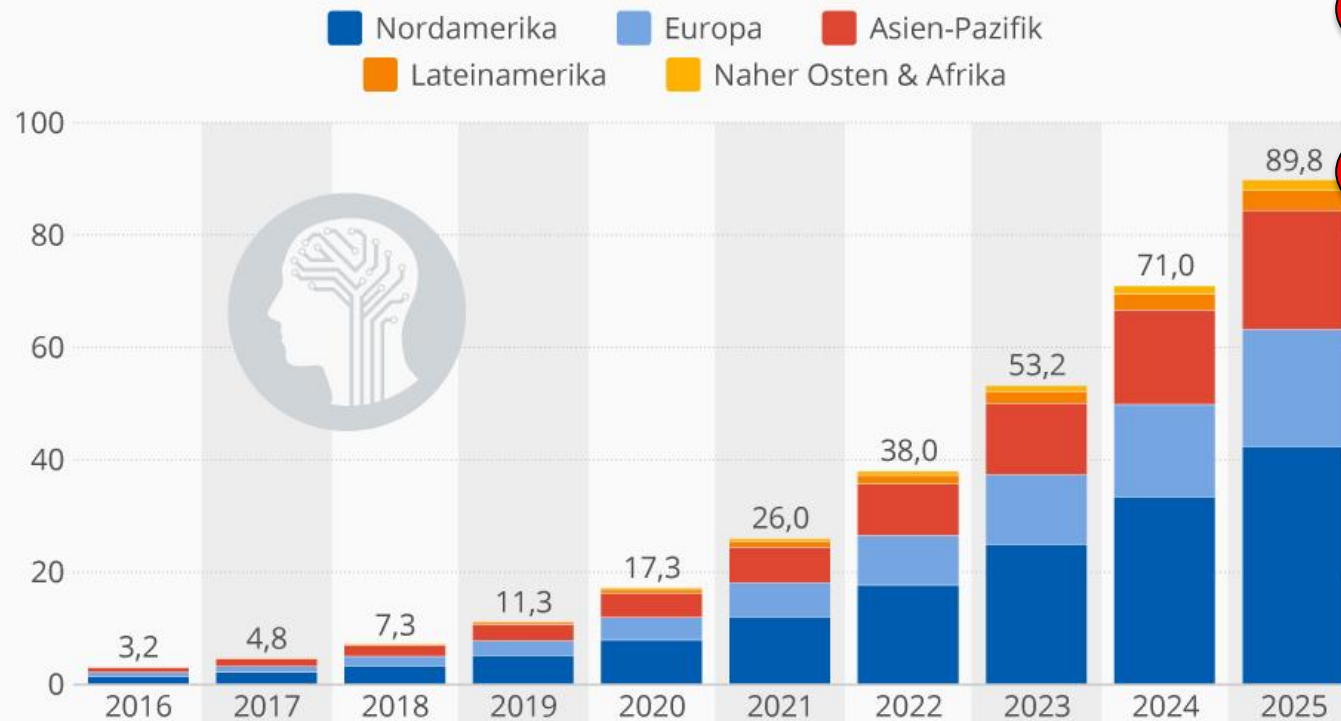
Cloud

Adaptiv

something
4.0

Das Milliardenengeschäft mit der künstlichen Intelligenz

Prognostizierter Umsatz mit KI-Anwendungen weltweit (in Mrd. US-Dollar)



CC BY ND
@Statista_com

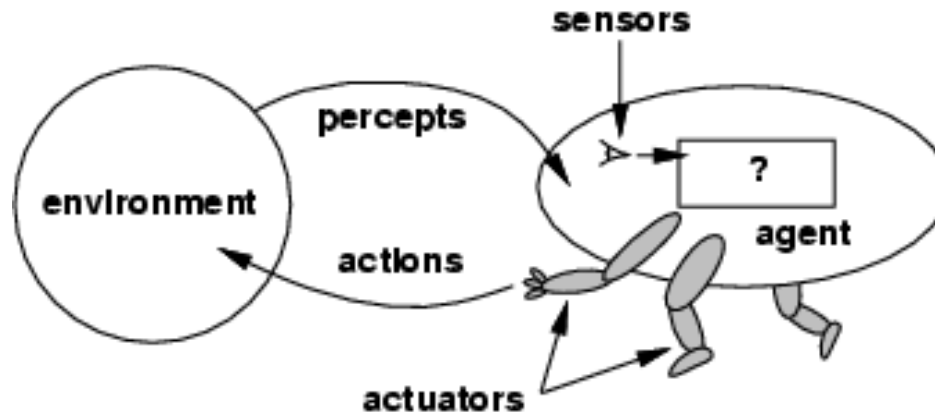
Quelle: Tractica

statista

Inhalt

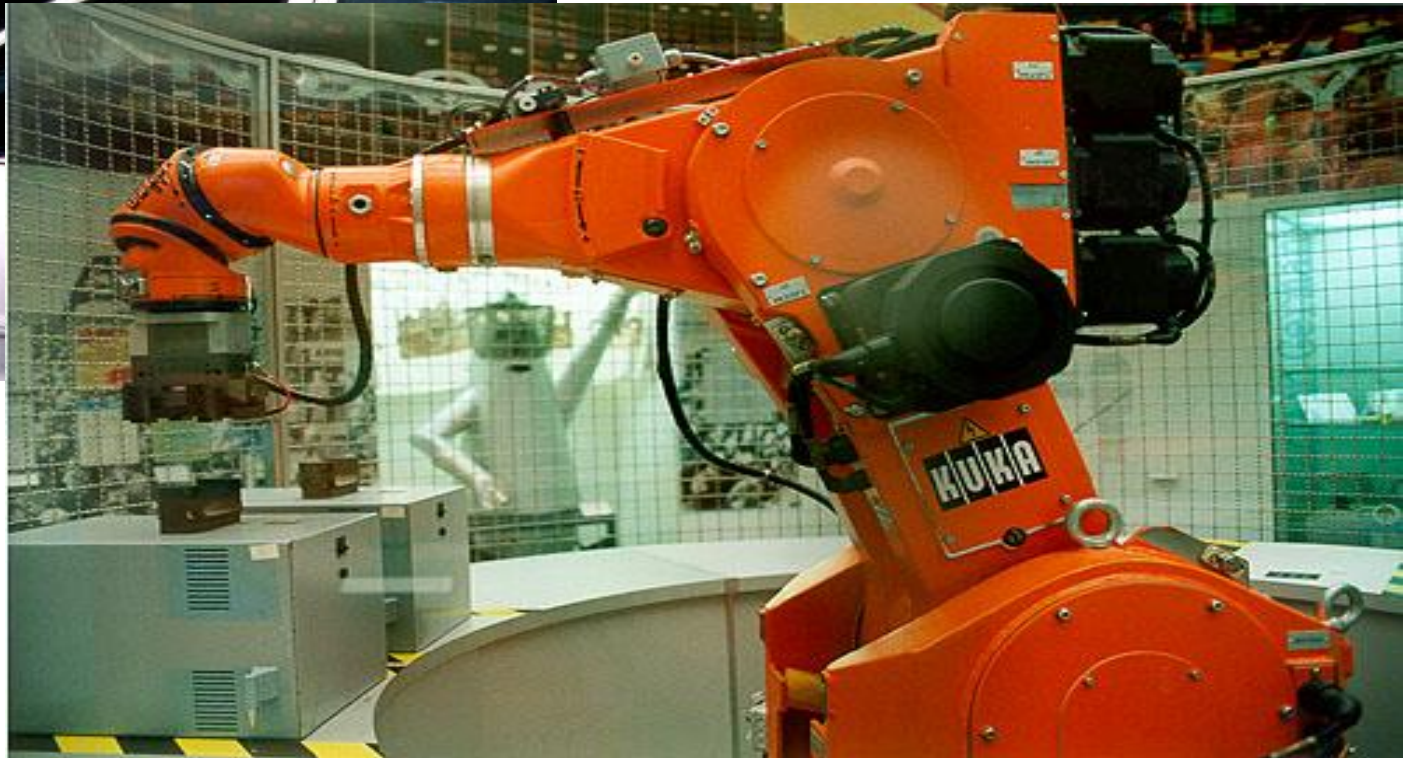
- Was ist künstliche Intelligenz
- Geschichte der KI
- Agenten-Metapher
- Eigenschaften von Problemen

Die Agenten-Metapher

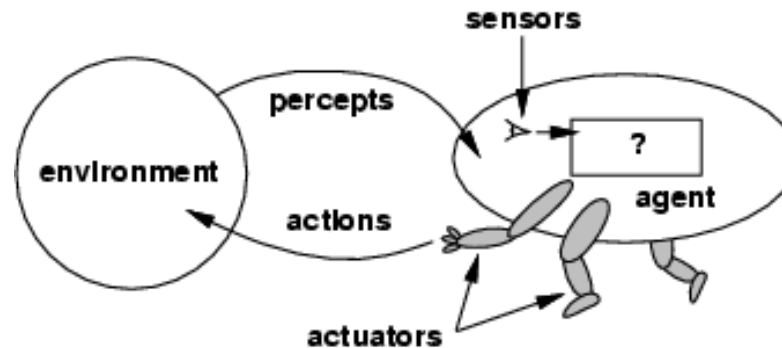


- Aktuatoren: Verändern die Umwelt
- Perzeptoren: Verändern die Wahrnehmung des Agenten
- Mit „Umwelt“ kann die echte physikalische Umwelt gemeint sein, aber auch eine Abstraktion
 - Zum Beispiel Landkarte mit Weglängen
 - Positionen auf dem Schachbrett
 - ...

Beispiele intelligenter Agenten



Abstraktes Agentenmodell

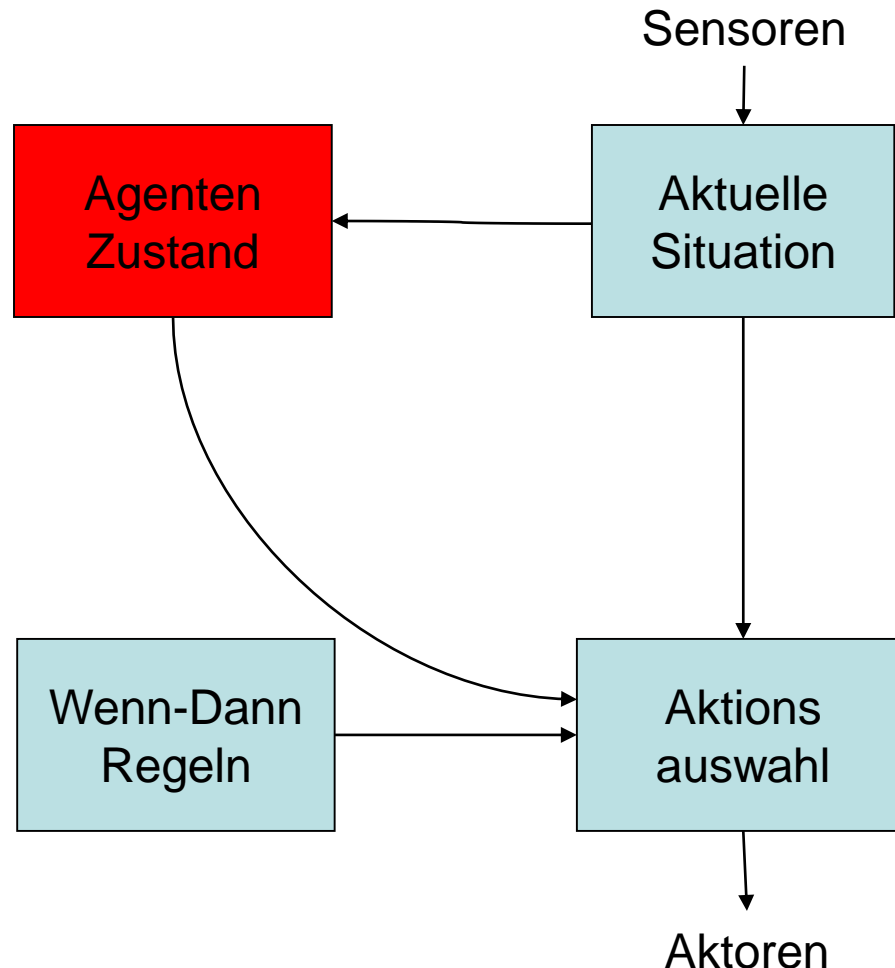


- Eine Handlungsfunktion bildet Sequenzen von Beobachtungen auf Handlungen ab:

$$[f: P^* \rightarrow \mathcal{A}]$$

- Zentrale Frage: Wie realisiert man f ?

Reflex-Basierte Agenten



- Einfache Reflex-Basierte Agenten
- Modellbasierte Reflexagenten

Reflexbasierte Agenten

- Typische Anwendung: Steuerung von Computergegnern in Action-Spielen
- Grundlage:
 - Finite State Machines (Automatentheorie)

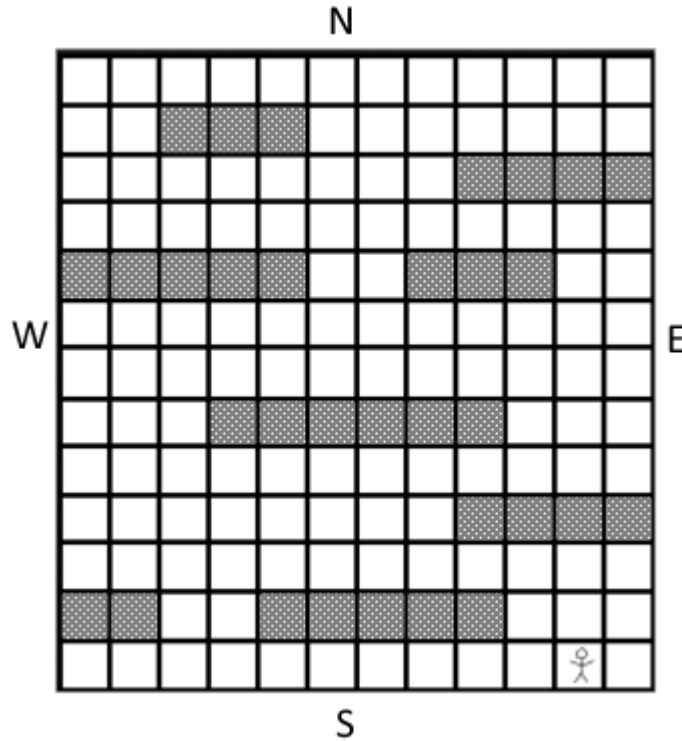
Ein weiteres Beispiel

Perzeptoren:

Wand direkt im Norden (= WN),
Westen (= WW) , ...

Aktuatoren:

Gehe einen Schritt nach
Norden (= go(N)), Westen
(= go(W)), ...

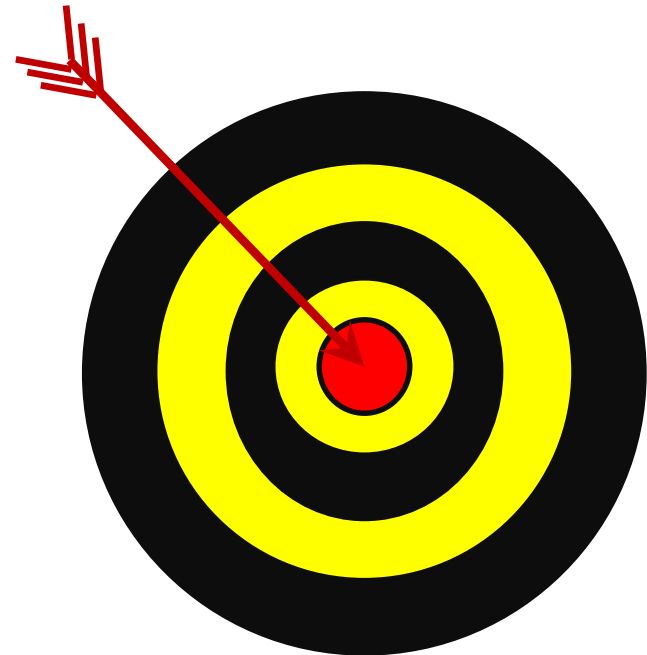
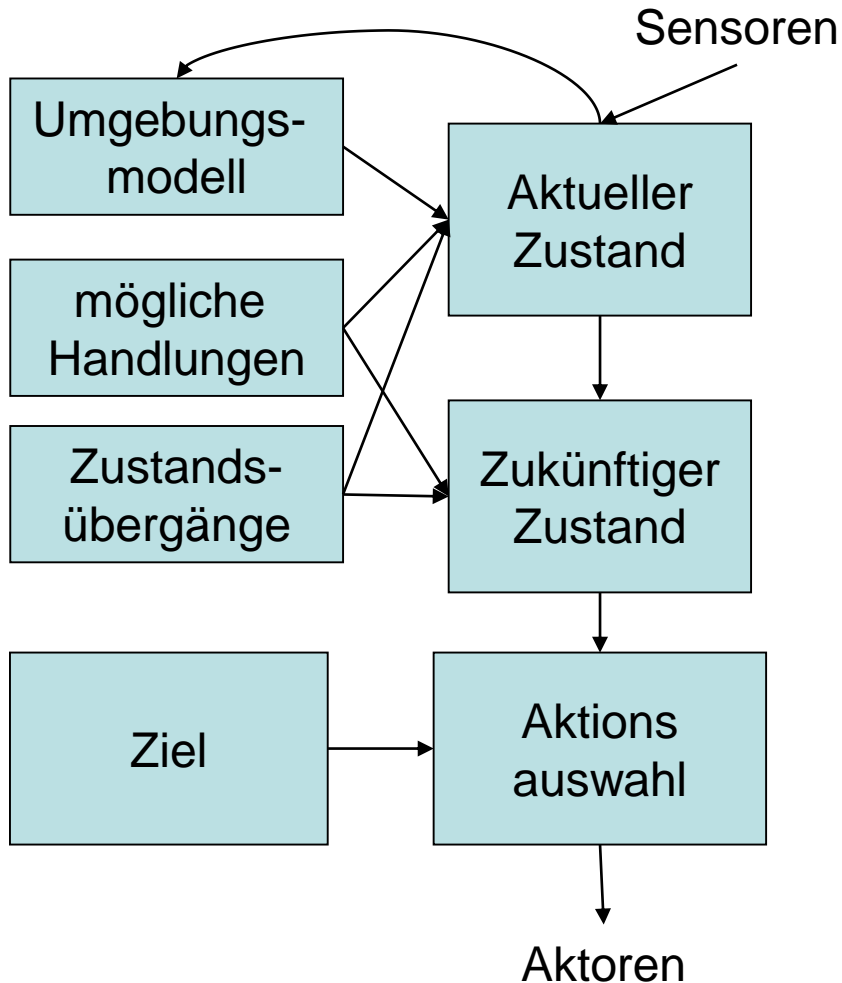


Wie sähe eine endlicher Automat aus, so dass der Agent immer das Ende des Raums erreicht?

Probleme reflex-basierter Agenten

- Umgebung nur teilweise „sichtbar“
 - Universelle Sensoren gibt es nicht
 - Minimales Modell der Umgebung
 - Modell wird über Sensoren aktualisiert
- Kaum Möglichkeiten einer Strategie
 - Definition von Zielen
 - Planung von Handlungssequenzen
 - Voraussetzung: Wissen über Effekte von Handlungen

Ziel-basierter Agent

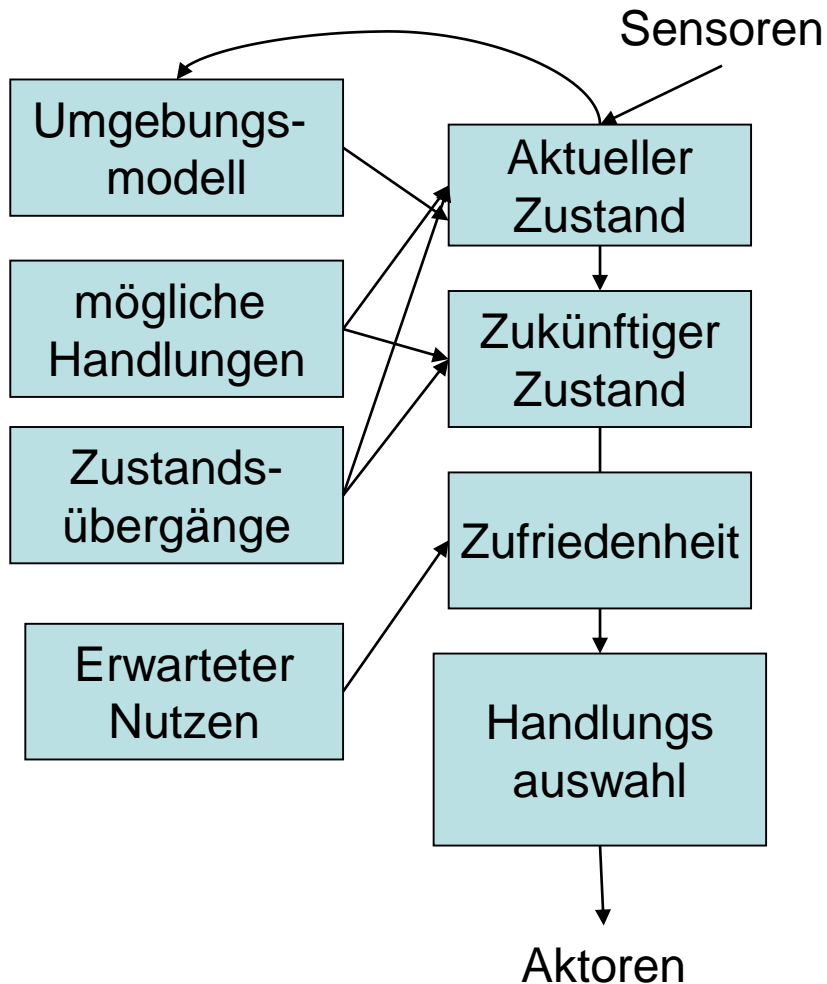


Nur Treffer ins
Bulls Eye zählen

Was ist Rationalität ?

- Auswahl der „besten“ Handlung
- Problem: Ergebnis einer Handlung nicht immer klar
- Statt dessen: Erwartetes Ergebnis
- Bewertungsfunktion, die jedem Zustand einen Nutzen zuordnet
- Grundlage für die Bewertung von Handlungsalternativen
- Rationalität = Auswahl der Handlung die den größten (erwarteten) Nutzen bringt

Nutzen-Basierter Agent



Agententypen im Überblick

- Einfacher Reflex-Agent
 - Kann keine komplexen Probleme lösen
 - Keine Vergangenheit, keine Repräsentation der Welt
- Modelbasierter Reflexagent
 - Als Automat denkbar
 - Modell nur sehr implizit in den Zuständen codiert
 - Ziel ebenfalls nur implizit modelliert
- Zielbasierter Agent
 - Repräsentation der Umwelt
 - Ziel als eine Menge von erstrebenswerten Zuständen
 - Auf konkrete Problemumgebung angepasst
- Nutzenbasierter Agent
 - Abstrakte Nutzenfunktion erlaubt flexible Definition des Ziels

Inhalt

- Was ist künstliche Intelligenz
- Geschichte der KI
- Die Agenten-Metapher
- Typen von Agenten
- Eigenschaften von Problemen

Problemeigenschaften

Probleme lassen sich mittels der folgenden Unterscheidungen als leichte oder schwere Probleme beschreiben:

- Vollständig beobachtbar vs. teilweise beobachtbar
- Deterministisch vs. stochastisch
- Episodisch vs. sequenziell
- Statisch vs. dynamisch
 - Schach ist semidynamisch
- Diskret vs. stetig (kontinuierlich)
- Einzelagent vs. Multiagent

Problemeigenschaften



Fully vs. **partially observable**: an environment is fully observable when the sensors can detect all aspects that are *relevant* to the choice of action.

| | Solitaire | Backgammom | Intenet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|------------------|------|
| Observable | | | | |
| Deterministic | | | | |
| Episodic | | | | |
| Static | | | | |
| Discrete | | | | |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Fully vs. **partially observable**: an environment is fully observable when the sensors can detect all aspects that are *relevant* to the choice of action.

| | Solitaire | Backgammon | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | | | | |
| Episodic | | | | |
| Static | | | | |
| Discrete | | | | |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Deterministic vs. **stochastic**: if the next environment state is completely determined by the current state and the executed action then the environment is deterministic.

| | Solitaire | Backgammon | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | | | | |
| Episodic | | | | |
| Static | | | | |
| Discrete | | | | |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Deterministic vs. **stochastic**: if the next environment state is completely determined by the current state and the executed action then the environment is deterministic.

| | Solitaire | Backgammom | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | YES | NO | YES | NO |
| Episodic | | | | |
| Static | | | | |
| Discrete | | | | |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Episodic vs. sequential: In an episodic environment the agent's experience can be divided into atomic steps where the agents perceives and then performs a single action. The choice of action depends only on the episode itself

| | Solitaire | Backgammom | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | YES | NO | YES | NO |
| Episodic | | | | |
| Static | | | | |
| Discrete | | | | |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Episodic vs. sequential: In an episodic environment the agent's experience can be divided into atomic steps where the agents perceives and then performs a single action. The choice of action depends only on the episode itself

| | Solitaire | Backgammom | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | YES | NO | YES | NO |
| Episodic | NO | NO | NO | NO |
| Static | | | | |
| Discrete | | | | |
| Single-agent | | | | |

Beispiel für ein episodisches Problem: Bilderkennung

Problemeigenschaften

Static vs. dynamic: If the environment can change while the agent is choosing an action, the environment is dynamic. Semi-dynamic if the agent's performance changes even when the environment remains the same.

| | Solitaire | Backgammon | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | YES | NO | YES | NO |
| Episodic | NO | NO | NO | NO |
| Static | | | | |
| Discrete | | | | |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Static vs. dynamic: If the environment can change while the agent is choosing an action, the environment is dynamic. Semi-dynamic if the agent's performance changes even when the environment remains the same.

| | Solitaire | Backgammom | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | YES | NO | YES | NO |
| Episodic | NO | NO | NO | NO |
| Static | YES | YES | SEMI | NO |
| Discrete | | | | |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Discrete vs. continuous: This distinction can be applied to the state of the environment, the way time is handled and to the percepts/actions of the agent.

| | Solitaire | Backgammom | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | YES | NO | YES | NO |
| Episodic | NO | NO | NO | NO |
| Static | YES | YES | SEMI | NO |
| Discrete | | | | |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Discrete vs. continuous: This distinction can be applied to the state of the environment, the way time is handled and to the percepts/actions of the agent.

| | Solitaire | Backgammom | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | YES | NO | YES | NO |
| Episodic | NO | NO | NO | NO |
| Static | YES | YES | SEMI | NO |
| Discrete | YES | YES | YES | NO |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Single vs. multi-agent: Does the environment contain other agents who are also maximizing some performance measure that depends on the current agent's actions?

| | Solitaire | Backgammom | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | YES | NO | YES | NO |
| Episodic | NO | NO | NO | NO |
| Static | YES | YES | SEMI | NO |
| Discrete | YES | YES | YES | NO |
| Single-agent | | | | |

Problemeigenschaften

Single vs. multi-agent: Does the environment contain other agents who are also maximizing some performance measure that depends on the current agent's actions?

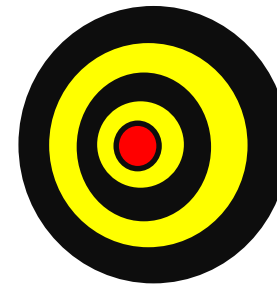
| | Solitaire | Backgammom | Internet shopping | Taxi |
|---------------|-----------|------------|-------------------|---------|
| Observable | FULL | FULL | PARTIAL | PARTIAL |
| Deterministic | YES | NO | YES | NO |
| Episodic | NO | NO | NO | NO |
| Static | YES | YES | SEMI | NO |
| Discrete | YES | YES | YES | NO |
| Single-agent | YES | NO | NO/YES | NO |

Fazit

- Es gibt unterschiedliche Sichtweisen auf Intelligenz
 - Denken oder Handeln? Mensch oder Maschine (Rationalität)?
- Ziel der “strong AI” ist Abbildung des denkenden Menschen
- Das Ziel der “weak AI” ist die Entwicklung intelligenter Software
- Erfolgreiche Beispiel für KI Systems
 - Expertensysteme, Planungssoftware, Bilderkennung, Übersetzungstools, ...
- Wir benutzen die Agenten als Metapher für KI Systeme
 - Reflex-basiert (mit oder ohne minimalem Modell)
 - Ziel-basiert (kann auf Suchverfahren basieren)
 - Nutzen-basiert
- Es gibt unterschiedlich schwere Problemkategorien die sich über bestimmte Eigenschaften unterscheiden lassen

Ausblick

- Im folgenden werden wir uns zunächst mit der (nahezu) einfachsten Problemklasse beschäftigen
 - Vollständig beobachtbar (später auch nur teilweise beobachtbar)
 - Deterministisch (später auch stochastisch)
 - Sequentiell
 - Statisch (später auch semi-dynamisch)
 - Diskret
 - Single-Agent (später auch Multiagent)
- Die Verfahren die zunächst im Zentrum stehen sind informierte und uninformierte **Suchverfahren**, z.B.
 - Breitensuche
 - Tiefensuche
 - Iterative Tiefensuche
 - Greedy Suche
 - A*-Suche



zielbasierter
Agent

Darauf aufbauend als Ende des ersten großen Blocks: Spielbaumsuche