

# Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. Sibylle Schwarz  
HTWK Leipzig, Fakultät IM  
Gustav-Freytag-Str. 42a, 04277 Leipzig  
Zimmer Z 411 (Zuse-Bau)  
<https://informatik.htwk-leipzig.de/schwarz>  
[sibylle.schwarz@htwk-leipzig.de](mailto:sibylle.schwarz@htwk-leipzig.de)

Sommersemester 2019

# Was ist Künstliche Intelligenz?

EU-Factsheet on Artificial Intelligence:

*Artificial intelligence (AI) refers to systems that show intelligent behaviour: by analysing their environment they can perform various tasks with some degree of autonomy to achieve specific goals.*

*Mobile phones, e-commerce tools, navigation systems and many other different sensors constantly gather **data** or **images**. AI, particularly **machine-learning** technologies, can learn from this torrent of data to **make predictions** and **create useful insights**.*

Aussage über das derzeitige (beschränkte) Verständnis von KI

# Können Maschinen denken?

Alan Turing 1950

Konkretisierung der Frage:  
Können Maschinen **denken**?

zur überprüfbareren Frage:  
Können Maschinen konstruiert werden, die einen  
**speziellen Test bestehen**?

# Imitation Game

Imitation Game (Alan Turing 1950):

- ▶ zwei verschlossene Räume,  
in einem befindet sich **Herr A**, im anderen **Frau B**
- ▶ eine Person C (Frager) stellt Fragen, A und B antworten
- ▶ Kommunikation über neutrales Medium,  
an welchem das Geschlecht nicht erkennbar ist,
- ▶ C soll herausfinden, in welchem der Räume Frau B ist
- ▶ Herr A versucht, C irrezuführen
- ▶ Frau B kooperiert mit C

Herr A besteht den Test, wenn ihn C für Frau B hält.

# Wie erkennt man Intelligenz: Turing-Test

Turing-Test 1950: verschiedene Versionen des Imitation Game

- ▶ A ist Machine statt Mann (B Person beliebigen Geschlechts)
- ▶ verschiedene Kooperationsverhalten von A und B

Vorschlag zur Bewertung natürlichsprachlicher  
Kommunikationsfähigkeiten

# Beginn koordinierter Forschung zur Künstlichen Intelligenz

John McCarthy

Programmiersprachen

Marvin Minsky

Kognitionswissenschaft

Claude Shannon

Informationstheorie

stellten 1955 die Vermutung auf, dass

„jeder Aspekt des Lernens oder jedes anderen Ausdrucks von Intelligenz prinzipiell so präzise beschrieben werden kann, dass sich eine Maschine konstruieren lässt, die ihn simuliert.“

# Begriff Künstliche Intelligenz

McCarthy formulierte das Ziel,

„herauszufinden, wie man Maschinen konstruiert, die

- ▶ natürliche Sprache benutzen,
- ▶ Abstraktionen und Begriffe entwickeln,
- ▶ Aufgaben lösen, die (bis dahin) nur Menschen lösen konnten,
- ▶ sich selbst verbessern.“

und prägte dafür den Begriff **Künstliche Intelligenz**.

# Beginn koordinierter Forschung zur Künstlichen Intelligenz

1956: erste Konferenz zur Künstlichen Intelligenz

Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence

Themen:

- ▶ Berechnungsmodelle in Computern
- ▶ Kommunikation mit Computern in natürlicher Sprache
- ▶ Berechenbarkeitstheorie
- ▶ Neuronale Netzwerke
- ▶ Selbst-Verbesserung
- ▶ Abstraktionen
- ▶ Zufälligkeit und Kreativität



# Forschung zur Künstlichen Intelligenz

Momentaufnahme 2006:

Dartmouth Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years

Themen:

- ▶ Modelle des (menschlichen) Denkens
- ▶ Neuronale Netzwerke
- ▶ (Maschinelles) Lernen und Suchen
- ▶ Maschinelles Sehen
- ▶ Logisches Schließen
- ▶ Sprache und Kognition
- ▶ KI und Spiele
- ▶ Interaktion mit intelligenten Maschinen
- ▶ Ethische Fragen und zukünftige Möglichkeiten der KI

# Ansätze intelligenter Systeme

- ▶ Simulation menschlichen **Verhaltens**  
(Verständnis und eigenes Denken nicht notwendig)  
Modellierung von Kognition,  
statistische Verfahren, Training mit vielen Fällen  
Getroffene Entscheidungen werden nicht begründet.  
**schwache** künstliche Intelligenz
  
- ▶ Simulation des menschlichen **Denkens**  
(Verständnis und eigenes Denken notwendig)  
Denkmodelle, mentale Modelle als Grundlage  
logisches Schließen, Abstraktion  
Jede Entscheidungen kann nachvollziehbar begründet werden.  
**starke** künstliche Intelligenz

# Kritik am Turing-Test

Kritik:

**schwache KI genügt**, um den Turing-Test zu bestehen

1966: Maschinelle Psychotherapeutin Eliza besteht Turing-Test

Searle (1980) Chinese-Room-Argument:

eine (nicht chinesisch verstehende) Person B in einem verschlossenen Raum mit einem (riesigen) Regelbuch mit chinesischen Fragen und passenden Antworten.

- ▶ A stellt Fragen, B antwortet.
- ▶ B antwortet mit Hilfe des Buches immer passend, ohne die Frage verstanden zu haben.

These: (anscheinend) intelligentes Verhalten ist noch

**keine Intelligenz, wenn Verständnis fehlt** (Ansatz der starken KI)

außerdem: praktisch nicht umsetzbar (Datenmenge)

# Logische / regelbasierte KI-Methoden

**Wissensrepräsentation:** formale Beschreibung von Umwelt (Randbedingungen) und Problem

**Problemlöseverfahren:** zur Lösung vieler Probleme anwendbares Standardverfahren (z.B. logisches Schließen)

Beispiele:

- ▶ Entscheidungsbäume und -tabellen
- ▶ Regelsysteme, Logiken, logisches Schließen
- ▶ Constraint-Systeme und -Löser
- ▶ deklarative Programmierung (logisch, funktional)
- ▶ fallbasiertes Schließen (durch Analogien)
- ▶ Simulation

typische Anwendungen klassischer KI-Methoden:

- ▶ Entscheidungsunterstützung (z.B. Finanzwirtschaft)
- ▶ Diagnosesysteme (z.B. in Medizin, Technik)
- ▶ Bewegungs- und Ablaufplanung

# Statistische KI-Methoden

„Soft-Computing“ oft besser geeignet für Probleme

- ▶ die unvollständig beschrieben sind,
- ▶ die keine eindeutige Lösung haben,
- ▶ für die keine effizienten Lösungsverfahren bekannt sind, usw.

einige Ansätze:

- ▶ künstliche neuronale Netze
- ▶ evolutionäre Algorithmen
- ▶ Schwarm-Intelligenz, Ameisen-Algorithmen
- ▶ Fuzzy-Logiken, probabilistische Logiken

# Aktuelle Entwicklung

starker Fortschritt einiger KI-Methoden („Deep Learning“)  
in den letzten 10 Jahren aufgrund der Entwicklung bei

- ▶ Computertechnik: Parallelrechner, GPU (70% Einfluss)
- ▶ Speichermöglichkeit großer Datenmengen, Verfügbarkeit großer strukturierter und annotierter Datenmengen (20%)
- ▶ neue Typen künstlicher neuronaler Netze, bessere Algorithmen (10%)

sowie starkem Medieninteresse an bestimmten Erfolgen, z.B.

- ▶ 1997 Deep Blue gewinnt gegen amtierenden Weltmeister
- ▶ 2011 Watson schlägt zwei Meister in Quizshow Jeopardy!
- ▶ 2012 erste Zulassung eines autonomen Fahrzeugs für den Test auf öffentlichen Straßen
- ▶ 2016 AlphaGo schlägt Go-Meister
- ▶ ...

führte zum aktuellen Aufblühen der KI-Euphorie

# Leistung aktueller (statistischer) KI-Systeme

nahe und teilweise über den menschlichen Fähigkeiten z.B. bei

- ▶ Erkennung von Objekten in Bildern
- ▶ Einordnung / Klassifikation von Objekten und Situationen
- ▶ Reaktion auf klar erkannte Situationen
- ▶ strategischen Spielen mit endlichem Zustandsraum  
z.B. Schach, Go

prinzipielle Herausforderungen:

- ▶ Zuverlässigkeit, Sicherheit
- ▶ Begründung, Erklärung

# Schwächen aktueller (statistischer) KI-Systeme

KI derzeit noch weit von menschlichen Fähigkeiten entfernt bzgl.

- ▶ Erkennung der eigenen Grenzen
- ▶ Intuition
- ▶ Aufstellen und Überprüfen sinnvoller Annahmen bei unvollständig vorhandener Information
- ▶ Lernen ohne vorheriges Training mit großen Mengen (manuell) annotierter Daten
- ▶ Übertragen von Wissen zwischen verschiedenen Anwendungsbereichen
- ▶ Kombination verschiedener Methoden
- ▶ Schließen bzgl. rechtlicher und moralischer Bezugssysteme, mentaler Modelle



# Einordnung in die Informatik

**Informatik** Wissenschaft von der Darstellung und Verarbeitung symbolischer Information durch Algorithmen

Einordnung in die Teilgebiete der Informatik:

- theoretisch**
- ▶ Sprachen zur Formulierung von Information und Algorithmen,
  - ▶ Berechenbarkeit durch Algorithmen,
  - ▶ Grundlagen für technische und praktische (und angewandte) Informatik

Grundlagen, z.B. Logik, formale Sprachen

- technisch**
- ▶ maschinelle Darstellung von Information
  - ▶ Mittel zur Ausführung von Algorithmen

Anwendung, z.B. technische Diagnose

- praktisch** Entwurf und Implementierung von Algorithmen
- Grundlagen, z.B. Graph-Suchverfahren,  
Inferenzalgorithmen, Algorithmen zum Constraint-Lösen

- angewandt** Anwendung von Algorithmen, z.B.
- Anwendung, z.B. KI, Spracherkennung, Bilderkennung,  
Suchmaschinen, autonome Agenten

# Inhalt der Lehrveranstaltung

## Motivation und Grundlagen:

- ▶ Daten, Information, Wissen
- ▶ Wissenbasierte Systeme (Aufgaben, Aufbau)

## Wissensrepräsentations- und -verarbeitungsprinzipien:

- ▶ Suche in Zustandsübergangssystemen (vollständig, heuristisch)
- ▶ Regelsysteme
- ▶ Logiken (klassische und nichtklassische)
- ▶ Logische Programme
- ▶ Unvollständiges Wissen (nichtmonotones Schließen)
- ▶ Ungenaues Wissen (unscharfes Schließen)
- ▶ Entscheidungstabellen, -bäume und -diagramme
- ▶ Constraint-Systeme
- ▶ statistische Verfahren

# Literatur

Folien, Aufgaben, ... zur aktuellen Vorlesung unter

`https:`

`//informatik.htwk-leipzig.de/schwarz/lehre/ss19/kib`

Bücher:

- ▶ Ingo Boersch, Jochen Heinsohn, Rolf Socher:  
Wissensverarbeitung (Spektrum, 2007)
- ▶ Wolfgang Ertel:  
Grundkurs Künstliche Intelligenz (Springer, 2016)
- ▶ Ronald Brachman, Hector Levesque:  
Knowledge Representation and Reasoning  
(Morgan Kaufmann 2004)
- ▶ Stuart Russell, Peter Norvig:  
Künstliche Intelligenz (Pearson 2004)
- ▶ George Luger: Künstliche Intelligenz (Pearson 2001)

# Organisation

5 ECTS (Präsenzzeit 56 h, Vor- und Nachbereitungszeit 94 h)

- ▶ wöchentlich eine Vorlesung
- ▶ Übungsaufgaben
- ▶ wöchentlich eine Übung (2 Gruppen)
- ▶ Prüfungsvorleistung: Beleg
  - ▶ Präsentation der Lösung der Übungsaufgaben
  - ▶ Autotool
- ▶ Klausur 90 min

# Daten, Wissen, Intelligenz

Umwelt		Reize, Eindrücke
Agent	Wahrnehmen, Beobachten	Daten
	Erkennen, Verstehen	Information
	Anwenden, Können	Wissen
	Lernen	Wissenserwerb (Intelligenz?)
	Reflektieren, Begründen, Erkennen der Grenzen, Verstehen	Intelligenz

# Beispiel: Daten, Information, Wissen, Intelligenz

**Daten** Darstellungsform (Syntax)  
Zeichenketten, Bilder, Ton, ... (z.B 39.7)

**Information** Bedeutung der Daten (Semantik)  
in einem bestimmten Kontext  
im Beispiel: Körpertemperatur = 39.7°

**Wissen** Information mit einem Nutzen,  
trägt zur Lösung eines Problemes bei,  
Nutzen abhängig von vorhandenem Kontextwissen  
im Beispiel: Kontext Körpertemperatur > 39.0° ist Fieber,  
bei Fieber ist Fieberbehandlung notwendig,  
mögliche Fieberbehandlungen z.B. Wadenwickel,  
Medikamente

**Wissenserwerb** selbständige Informationsgewinnung (auch zum Kontext)  
im Beispiel über Auslöser, Nebensymptome, Therapien für  
Körpertemperatur-Unregelmäßigkeiten

**Intelligenz** Diagnose und Auswahl aus Therapie-Alternativen speziell  
für die zu behandelnde Person durch Abwägung der zu  
erwartenden Wirkungen, ggf. Überweisung zu Spezialisten

# Explizites und implizites Wissen

## explizites Wissen

z.B. Fakten, Aussagen, Zusammenhänge, Verfahren  
ermöglicht Anwendung logischer Verfahren

## implizites Wissen

z.B. Fähigkeiten wie Laufen, Autofahren,  
Schachspielen  
wird durch Training erworben,  
(ggf. mit Hilfe expliziten Wissens, z.B. Spielregeln)  
Nachbildung durch statistische Verfahren

Kommuniziert werden kann nur explizites Wissen.

Transformation von implizitem in explizites Wissen notwendig

# Arten von Wissen

**deklarativ** über Zustände (der Welt) Fakten, Aussagen, Zusammenhänge, z.B.

- ▶ Fliegenpilze sind ungenießbar.
- ▶ Es existieren gerade Primzahlen.
- ▶ Eine Liste  $(x_1, \dots, x_n)$  ist genau dann aufsteigend sortiert, wenn sie leer ist oder  $(x_1 \leq x_2$  und  $(x_2, \dots, x_n)$  aufsteigend sortiert ist).

**prozedural** über Zustandsübergänge Regeln, Algorithmen, Funktionen, z.B.

- ▶ Kochrezept
- ▶ Euklidischer Algorithmus
- ▶ aussagenlogisches Resolutionsverfahren
- ▶ Sortierverfahren

Ist die folgende Aussage Fakten- oder prozedurales Wissen?

Jedes Kind eines Kindes einer Person  $X$  ist ein Enkel von  $X$ .

Also: Repräsentationen von Regeln, Algorithmen und Funktionen lassen sich auch als Faktenwissen auffassen.



# ÜA: Missionare + Kannibalen

- ▶ Zu Beginn: 3 Missionare + 3 Kannibalen an einem Flussufer
- ▶ An diesem Ufer gibt es auch ein Boot, welches höchstens zwei Personen fasst.
- ▶ Sobald an einem Ufer die Kannibalen in der Überzahl sind, werden die anwesenden Missionare gefressen.

Aufgabe: Plan zum Übersetzen aller Personen

ÜA: Modellierung des relevanten Wissens

## ÜA: Zahlenrätsel

Eine Person A wählt zwei natürliche Zahlen zwischen (einschließlich) 2 und 100 und verrät S deren Summe und P deren Produkt. Dann kommt es zu folgendem Gespräch:

P: Ich kenne die beiden Zahlen nicht.

S: Das weiß ich. Ich kenne sie auch nicht.

P: Dann kenne ich die beiden Zahlen jetzt.

S: Dann kenne ich sie jetzt auch.

Welche Zahlen hat A gewählt ?

ÜA: Modellierung des relevanten Wissens

## ÜA: 3 Weise mit Hut

3 von 5 Hüten (2 weiß, 3 rot) werden 3 Weisen aufgesetzt, so dass keiner die Farbe seines Hutes, aber die Farben aller anderen Hüte sehen kann.

Jeder wird der Reihe nach gefragt, ob er die Farbe seines Hutes weiß.

Antworten:

1: Nein

2: Nein

3: Ja

- ▶ Warum weiß der dritte Gefragte seine Farbe auf jeden Fall?
- ▶ In welchen Fällen kennt der erste Gefragte seine Farbe?
- ▶ In welchen Fällen kennt der erste Gefragte seine Farbe nicht, aber der Zweite?

ÜA: Modellierung des relevanten Wissens