

Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. Sibylle Schwarz

HTWK Leipzig, Fakultät IM

Gustav-Freytag-Str. 42a, 04277 Leipzig

Zimmer ZU 411 (Zuse-Bau)

<https://informatik.htwk-leipzig.de/schwarz>

sibylle.schwarz@htwk-leipzig.de

Wintersemester 2026/27

Was ist Künstliche Intelligenz?

EU-Factsheet on Artificial Intelligence

(<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/factsheet-artificial-intelligence-europe>)

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** (eingeschränkte) Verständnis von KI

Können Maschinen denken?

Alan Turing 1950

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

zur überprüfbaren 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
(1927-2011)

Programmiersprachen

Marvin Minsky
(1927-2016)

Kognitionswissenschaft

Claude Shannon
(1916-2001)

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

KI-Entwicklung – einige Meilensteine

- ▶ 1943 abstraktes Modell künstlicher Neuronen
- ▶ 1945 frühe Schachprogramme (ohne Implementierung)
- ▶ 1955 Logic Theorist: automatischer Beweiser
- ▶ 1958 erster erfolgreicher Neurocomputer Mark I Perceptron
- ▶ 1961 General Problem Solver, löst z.B. Rätsel und Intelligenztests
- ▶ 1966 Chatbot Eliza (maschineller Psychotherapeut)
- ▶ 1972 erster mobiler Roboter
- ▶ ab ca. 1970 Beschränkung auf spezialisierte Expertensysteme
- ▶ 1976 MYCIN (Medizinisches Diagnosesystem)
- ▶ 1980 Dendral (Molekülstruktur aus Massenspektrogramm)
- ▶ 1982 XCON (Konfiguration von Computersystemen)
- ▶ ab ca. 1980 autonome Fahrzeuge, Expertensystem-Shells
- ▶ seit 1993 RoboCup Roboter-Fußball
- ▶ 1997 Deep Blue gewinnt gegen amtierenden Schach-Weltmeister
- ▶ 2011 Watson schlägt zwei Meister in Quizshow Jeopardy!
- ▶ 2012 Zulassung des ersten autonomen Fahrzeuges
- ▶ 2016 AlphaGo schlägt Go-Meister Lee Sedol
- ▶ 2022 Large Language Models (LLM, aus NLP)
 - + Generative Pre-Trained Transformer (GPT, aus KNN)
 - = Chatbot-Revival

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 (subsymbolische) künstliche Intelligenz
- ▶ Verstehen und Nachbilden des menschlichen **Denkens**
(Verständnis und eigenes Denken notwendig)
Denkmodelle, mentale Modelle als Grundlage
logisches Schließen, Abstraktion
Jede Entscheidungen kann nachvollziehbar begründet werden.
starke (symbolische) künstliche Intelligenz

Kritik am Turing-Test

Kritik:

schwache KI genügt, um den Turing-Test zu bestehen

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)

ELIZA

1966: Chatbot ELIZA (maschineller Psychotherapeut)
besteht Turing-Test

ELIZA-Entwickler Joseph Weizenbaum:

„The reaction to the program ELIZA showed me more vividly than anything I had seen hitherto the enormously exaggerated attributions an even well-educated audience is capable of making, even strives to make, to a technology it does not understand.“

Symbolische 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

Subsymbolische KI-Methoden

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 20 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
- ▶ Unterhaltsames in Bilderkennung, -interpretation, -erzeugung
- ▶ 2022 Chatbot-Systeme, LLMs, z.B. ChatGPT
- ▶ ...

führt zum wiederholten Aufflammen der Euphorie bzgl.
subsymbolischer KI-Methoden

Leistung aktueller (subsymbolischer) 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
- ▶ Kontext menschlichen Denkens (z.B. Ethik, Recht)
- ▶ individuelle / kulturelle Bezugssysteme
- ▶ mentale Modelle

Schwächen aktueller (subsymbolischer) KI-Systeme

KI derzeit noch weit von menschlichen Fähigkeiten entfernt bzgl.

- ▶ Erkennung der eigenen Grenzen
- ▶ Lernen ohne vorheriges Training mit großen Mengen (manuell) annotierter Daten
- ▶ Übertragen von Wissen zwischen verschiedenen Anwendungsbereichen
- ▶ Intuition
- ▶ Aufstellen und Überprüfen sinnvoller Annahmen bei unvollständig vorhandener Information
- ▶ Kombination verschiedener Methoden
- ▶ Schließen im Kontext menschlicher Bezugssysteme

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:

- ▶ symbolische Verfahren:
 - ▶ Suche in Zustandsübergangssystemen (vollständig, heuristisch)
 - ▶ Klassifikation
 - ▶ Regelsysteme
 - ▶ Logiken (klassische und nichtklassische)
 - ▶ Logische Programme
 - ▶ Unvollständiges Wissen (nichtmonotones Schließen)
 - ▶ Entscheidungstabellen, -bäume und -diagramme
- ▶ subsymbolische Verfahren:
 - ▶ mehrwertiges / fuzzy / unscharfes Schließen
 - ▶ maschinelles Lernen
 - ▶ künstliche neuronale Netze

Literatur

Folien, Aufgaben, ... zur aktuellen Vorlesung unter
<https://informatik.htwk-leipzig.de/schwarz/lehre/ws26/kib>

Bücher:

- ▶ Ingo Boersch, Jochen Heinsohn, Rolf Socher:
Wissensverarbeitung (Spektrum, 2007)
- ▶ Wolfgang Ertel:
Grundkurs Künstliche Intelligenz (Springer, 2016)
(elektronische Version in HTWK-Bibliothek)
- ▶ 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 (ÜS + gelegentlich Autotool)
 - ▶ Übung je Gruppe
- ▶ Prüfungsvorleistung: Beleg
 - ▶ 3 Präsentationen der Lösung der Übungsaufgaben
(je ein vor Ende November, Ende Dezember, Ende Januar)
 - ▶ 50 % aller Punkte für Autotool-Pflichtaufgaben
- ▶ Prüfung: Klausur 90 min
Aufgabentypen wie in Übungsserien
zulässiges Hilfsmittel: A4-Blatt, handbeschrieben

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 Problem es bei,
Nutzen abhängig von vorhandenem Kontextwissen
im Beispiel: Kontext Körpertemperatur > 39.0 ist Fieber,
Fieber ist Symptom von Erkältungen oder Nebenwirkung
einer Impfung oder ...
mögliche Behandlung, z.B. Wadenwickel, Medikamente
Diagnose und Auswahl aus Therapie-Alternativen speziell
für die zu behandelnde Person

Wissenserwerb selbständige Informationsgewinnung (auch zum Kontext)
im Beispiel über (derzeit typische) Auslöser,
Nebensymptome, neue Behandlungsmethoden,
klinische Studien

Intelligenz Überweisung zu Spezialisten an Grenzen eigener Expertise
Reflexion, Erklärung, Entwicklung neuer Methoden

Explizites und implizites Wissen

explizites Wissen

z.B. Fakten, Aussagen, Zusammenhänge, Verfahren
symbolische Repräsentation ermöglicht
Anwendung symbolischer / 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.

Zur Kommunikation (in Raum und Zeit) ist
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.

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

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.

KI / Wissensverarbeitung – Methoden (Beispiele)

Suche / Planen:

Kontext: Zustandsübergangssystem

Aufgabe: Startzustand und Anforderungen an Zielzustände

Lösung: Zielzustand (und evtl. Pfad dorthin)

Lösungsverfahren: Suche (vollständig oder heuristisch)

Inferenz, logisches Schließen:

Kontext: Menge logischer Formeln

Aufgabe: Gilt die Behauptung (logische Formel) im Kontext?

Lösung: ja / nein (evtl. mit Begründung)

Lösungsverfahren: logisches Folgern oder Schließen

Statistische Klassifikation:

Kontext: klassifizierte Datenmenge (bekannte Fälle)

Aufgabe: neuer Fall

Lösung: Zuordnung zu einer Klasse / mehreren Klassen

Lösungsverfahren: statistische Verfahren (z.B. trainiertes KNN)