

# Wie funktioniert KI eigentlich?

**Basiswissen zu KI** Damit Schülerinnen und Schüler die Chancen und Risiken von KI-Systemen bewerten können, ist ein grundlegendes Verständnis davon nötig. Künstliche Intelligenz ist dabei als Teilgebiet der Informatik ohne ein Informatik-Basiswissen nicht verständlich. Nicht nur deshalb war es eine wichtige Entscheidung das Pflichtfach Informatik an allen Gymnasien in der Jahrgangsstufe 11 des G9 zu verankern und dort das Thema Künstliche Intelligenz aufzunehmen. Im alltäglichen Umgang und in der Konfrontation durch die Jugendlichen ist es auch für Lehrkräfte wichtig, Basiswissen zu besitzen.

## Was ist Künstliche Intelligenz?

Halten Sie jemanden für intelligent, der Sie oder einen Vereinspieler im Schach besiegt? Würden Sie es als intelligent bezeichnen, wenn jemand in Sekundenschnelle ein Wort in zehn Sprachen übersetzen könnte? Oder haben Sie schon einmal jemanden mit einem hohen Intelligenzquotienten kennen gelernt? Was hat ihn ausgezeichnet? Es gibt viel wissenschaftliche Forschung zur Intelligenz, aber eine eindeutige Definition gibt es nicht. Aus diesem Grund existiert auch keine eindeutige Definition für Künstliche Intelligenz. Definitionsversuche zeigen einer-

<p>„Bei künstlicher Intelligenz geht es darum, Maschinen zu entwickeln, die sich in einer Weise verhalten, die man bei Menschen als intelligent bezeichnen würde.“ – John McCarthy (1955)</p>	<p><i>Autonome Fahrzeuge, die Hindernissen ausweichen, erfüllen diese Definition. Abhängig von der Problemstellung kann dies sowohl durch einfachste elektronische Schaltungen ohne Steuerprogramm geschehen, aber auch mit modernster Sensorik in Kombination mit lernenden Algorithmen.</i></p>
<p>„KI ist die Automatisierung von Aktivitäten, die wir dem menschlichen Denken zuordnen, Aktivitäten wie beispielsweise Entscheidungsfindung, Problemlösung, Lernen [...]“. – Richard Bellman (1978)</p>	<p><i>Hier sind die Anforderungen an eine KI deutlich höher, spielen doch beim menschlichen Denken z. B. auch Emotionen und Intuition eine Rolle.</i></p>
<p>„KI ist die Wissenschaft, die der Frage nachgeht, wie man Computer dazu bringen kann, Dinge zu tun, bei denen ihnen momentan der Mensch noch überlegen ist.“ – Elaine Rich und Kevin Knight (1991)</p>	<p><i>Diese zeitlose Definition verdeutlicht, dass sich die drängendsten Fragestellungen von KI regelmäßig verändern und gelöste Probleme an Bedeutung verlieren.</i></p>

Abbildung 1: Definitionsversuche zu Künstlicher Intelligenz

seits die unterschiedlichen Dimensionen des Begriffs, andererseits auch Schwierigkeiten ihn kurz und prägnant zu beschreiben (siehe *Abbildung 1*). Es wird jedoch deutlich, dass Künstliche Intelligenz (KI) ein Sammelbegriff für Programme ist, die rational menschliches Denken und Handeln nachahmen.

Grob wird zwischen zwei KI-Systemen unterschieden: die sogenannte schwache KI, die eine bestimmte vordefinierte Tätigkeit übernimmt und die starke KI, die dem Menschen hinsichtlich aller seiner Fähigkeiten ebenbürtig ist oder ihn sogar übertrifft. Letztere gibt es (noch) nicht und ist deshalb nur in Büchern oder Science-Fiction-Filmen zu finden, wie zum Beispiel „I, Robot“ und „Wall-E“.

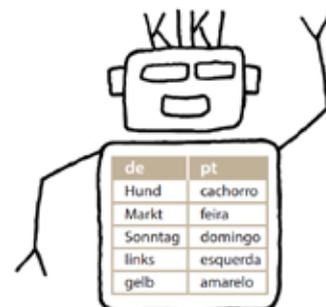
Bei schwachen KIs gibt es eine hohe Vielfalt an Systemen. Deshalb ist es wichtig, zwei Lösungsansätze zu unterscheiden. Denn abhängig vom Ansatz sind Chancen und Risiken deutlich unterschiedlich zu bewerten. Viele Ansätze zu KI sind im Übrigen nicht neu, sondern wurden bereits in den 1970/80er-Jahren beschrieben.

## Wissensbasierte Systeme

Mit wissensbasierten Ansätzen wird versucht, Intelligenz durch die explizite Formulierung von Wissen, Regeln oder Strategien nachzuahmen. Die folgende Aufzählung zeigt einige verbreitete wissensbasierte Ansätze:

### Tabellenbasiertes Wissen

Das Abrufen von Fakten ist hilfreich bei vielen Aufgaben wie dem Übersetzen von einzelnen Wörtern, der Erklärung von Fachbegriffen oder Preisvergleichen. Auch die passende Aktion für eine gegebene Situation kann mithilfe einer solchen Tabelle ausgewählt werden.



### Problemlösen durch Suche

Auch Suchstrategien können bei der Problemlösung helfen. Suchalgorithmen sind nicht nur bei der Wegfindung in Navigationssystemen und Computerspielen zentral,

sondern generell, wenn es darum geht, eine Abfolge von Schritten zu planen. Bei Spielen wie Schach kann ein KI-System dann etwa möglichst viele Züge im Voraus berechnen, das heißt erlaubten Spielzügen einen Wert zuweisen z.B. auf Basis des Figurengewinns. Entsprechend ihrer Stärke werden dabei den Spielfiguren unterschiedliche Werte zugeordnet, das auf dem Wissen von Experten basiert (siehe Tabelle unten). Nach der Bewertung wird der Zug mit dem größten Wertgewinn gesucht und als nächster Schritt im Spielablauf gewählt.

Figur	Wert
Dame	9
Turm	5
Läufer	3
Pferd	3
Bauer	1

### Entscheidungsbaum

Entscheidungsbäume (Abb. 2) werden beispielsweise bei Bewerbungsverfahren und Chatbots im Kundenservice eingesetzt. Das Wissen basiert auf hierarchisch geordneten Regeln, die in einem Programm über bedingte Anweisungen (falls-dann-sonst) gut abgedeckt werden können.

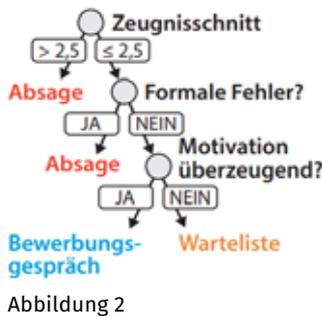


Abbildung 2

```

falls Zeugnisschnitt > 2,5
dann sendeAbsage()
sonst falls hatFormaleFehler()
dann sendeAbsage()
sonst falls ...
  
```

Die Gemeinsamkeit dieser Ansätze ist, dass sie auf Wissen von (menschlichen) Experten in Form von Fakten, Regeln oder Strategien basieren. Weil Sie nicht selbst lernen, werden wissensbasierte Systeme von Laien häufig gar nicht der Künstlichen Intelligenz zugeordnet. In welchen Bereichen solche Programme sinnvoll eingesetzt werden, bedarf immer einer ethischen Diskussion. Ein großer Vorteil von wissensbasierten Ansätzen ist die Transparenz bei der Nachvollziehbarkeit von



Peter Brichzin

Seminarlehrer Informatik am Erasmus-Grasser-Gymnasium, Mitglied der Fachgruppe Informatik des bpv.



Franz Jetzinger

abgeordnete Lehrkraft an die TUM, Mitglied der Computing Education Research Group Munich.

Entscheidungen solcher KIs. Wissensbasierte Systeme haben aber auch Nachteile: Einerseits gibt es Sachverhalte, die zu komplex sind, um Fakten, Regeln oder Strategien explizit zu formulieren. Andererseits existieren Problemstellungen, beispielsweise das Spiel Go mit mehr als  $10^{170}$  Spielstellungen, bei denen die Evaluation eines Spielzugs weit länger als das Alter der Erde dauern würde. Für solche Aufgaben haben sich KIs mit datenbasierten Ansätzen entwickelt.

### Datenbasierte Systeme

Datenbasierte Systeme erstellen (mithilfe mathematischer Berechnungen) Entscheidungsregeln auf Basis von Daten bzw. passen diese Regeln schrittweise an. Dieser Vorgang wird als Lernen bezeichnet, weshalb der Ansatz oft auch als Maschinelles Lernen bezeichnet wird. Das Gelernte wird gespeichert und kann zum Fällen von neuen Entscheidungen eingesetzt werden. Bei datenbasierten Ansätzen werden drei zentrale Arten unterschieden.

#### Überwachtes Lernen

Beim überwachten Lernen ist das Ziel, jedem Datum (Singular von Daten) ein Label zuzuordnen, zum Beispiel ob ein Tumor gut- bzw. bösartig ist oder welche Tierart bei einer fest vorgegebenen Auswahl (z.B. Katze und Hund) abgebildet ist. Zum Lernen erhält das KI-System Daten mit korrekt zugeordneten Labels als Eingabe (Abb. 4).

#### Unüberwachtes Lernen

Stehen lediglich Daten ohne Label als Eingabe zur Verfügung, so kann unüberwachtes



Abbildung 4: Überwachtes Lernen



Abbildung 5: Unüberwachtes Lernen

Lernen angewendet werden. Ein unüberwachtes Lernverfahren identifiziert Ähnlichkeiten und Muster in den Eingabedaten selbstständig, etwa um die Daten zu gruppieren oder Ausreißer zu finden. So kann ein KI-System Filme empfehlen, die Personen mit ähnlichem Filmgeschmack gefallen haben, und auch das Erkennen von Auffälligkeiten im Betrieb von Maschinen oder im Zahlungsverkehr ist so möglich (Abb. 5).

### Verstärkendes Lernen

Bei Spielen wie Tic-Tac-Toe kann verstärkendes Lernen eingesetzt werden. Dabei lernt das System in Interaktion mit seiner Umwelt durch wiederholte Belohnungen oder Bestrafungen die Erfolgsaussichten seiner Aktionen besser einzuschätzen und somit seine Strategie zu optimieren. Im Beispiel (Abb. 6) hat das KI-System drei Aktionsmöglichkeiten: Eine führt direkt zum Sieg, eine direkt zur Niederlage. Bei der letzten bleibt die Entscheidung über Sieg bzw. Niederlage noch offen und muss nach weiteren Aktionen entschieden werden. Mit dem verstärkenden Lernen lassen sich auch Robotersteuerungen trainieren oder Optimierungsaufgaben lösen, wie das sinnvolle Schalten von Ampeln für einen möglichst hohen Verkehrsfluss.

Gemeinsamkeit der datenbasierten Ansätze ist, dass sie mit einer großen Menge von Daten trainiert werden, also lernen, um dann Aussagen über neue Daten zu treffen. Dabei ist es besonders wichtig, die Trainingsdaten hinsichtlich ihrer Güte zu überprüfen. Enthalten diese Daten bereits Verzerrungen, diskriminierende oder rassistische Aussagen, so „lernt“ die KI diese mit. Angenommen, ein System soll die Eignung als Führungsperson bewerten: würde es mit Daten von früheren und jetzigen Führungspersonen trainiert werden, würde es vermutlich Männer bevorzugen. Weil es immer noch zu wenig Frauen in Führungspositionen gibt, hätten die Trainingsdaten weniger Frauen enthalten. Das System hätte daher gelernt, dass Männer eher als Führungskräfte geeignet sind.

### Neuronale Netze

Neuronale Netze können bei allen drei datenbasierten Ansätzen eingesetzt werden. Aufgrund ihrer Popularität wird ihnen in diesem Artikel ein extra Abschnitt eingeräumt. Bei neuronalen Netzen spielen Mathematik und Wahrscheinlichkeitsrechnung eine große Rolle. Um die Leserinnen und Leser nicht zu sehr zu

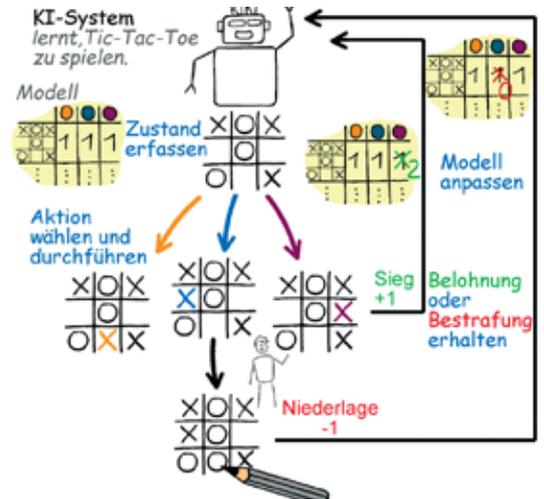


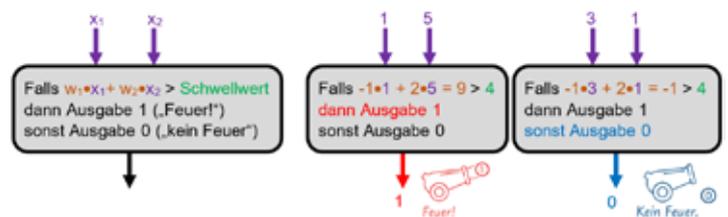
Abbildung 6: Verstärkendes Lernen

belasten, werden hier nur die Grundlagen erklärt und einfache Rechnungen an einem anschaulichen Beispiel durchgeführt.

### Künstliches Neuron

In der Biologie ist ein Neuron eine Nervenzelle, die elektrische Reizsignale ab einem gewissen Wert – dem sogenannten Schwellenwert – weiterleitet. Man sagt: das Neuron feuert. Das künstliche Neuron in der Informatik versucht, dieses Verhalten zu imitieren. Anstelle von Reizsignalen bekommt das künstliche Neuron Daten als Eingaben. Um den Lernvorgang steuern zu können, wird jeder Eingang mit einem Gewicht versehen. Dieser gibt an, wie stark ein Eingabewert für den Ausgabewert verantwortlich ist. Folgendes Beispiel zeigt die Funktionsweise in vereinfachter Form:

Der Algorithmus für ein künstliches Neuron mit dem Schwellenwert 4 und zwei Eingabewerten  $x_1$  und  $x_2$ , die mit jeweils mit den Faktoren  $w_1 = -1$  und  $w_2 = 2$  gewichtet werden, ist in der nachfolgenden Abbildung links beschrieben, rechts sind exemplarisch zwei Berechnungen. Das künstliche Neuron ist somit einfach ein kleines Programm.



### Das künstliche Neuron kann selbst lernen

Die Grundidee beim überwachtem Lernen mit einem künstlichen Neuron besteht darin, die anfangs beliebig gewählten Gewichte und den Schwellenwert mit jedem eingelesenen Element aus dem vorhandenen Datensatz zu verbessern. Hat der Datensatz das Label 0 (z.B. niedrige Qualität), aber das Neuron feuert, müssen die Gewichte und der Schwellenwert mit Hilfe einer Lernregel so angepasst werden, dass das Neuron nicht feuert.

### Gemeinsam sind Neuronen stark

Die Einsatzmöglichkeit eines einzelnen Neurons ist sehr beschränkt: Für komplexe Aufgaben müssen viele Neuronen zu einem Netz verbunden werden, indem wie im menschlichen Gehirn die Ausgabe von Neuronen zu Eingaben anderer Neuronen werden. Beispielsweise hat das abgebildete neuronale Netz (Abb. 7) drei Eingabe- und zwei Ausgabewerte. Letztere könnten bei einer Bilderkennung von Tieren für Katze (ja/nein?) und Hund (ja/nein) stehen. Durch die vielen künstlichen Neuronen hat ein neuronales Netz eine hohe Anzahl von Parametern (Gewichten und Schwellenwerte), deren Werte beim Lernen schrittweise angepasst werden.

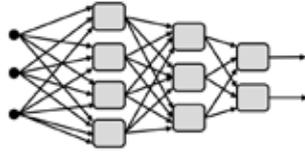


Abbildung 7: Neuronales Netz

### Und wie funktioniert ChatGPT?

ChatGPT ist ein hybrides System, bei dem sowohl überwachtes als auch verstärkendes Lernen mittels neuronaler Netze eingesetzt wird. Für das überwachte Lernen stehen unter anderem Daten aus Büchern und Wikipedia-Einträgen zur Verfügung. Insgesamt mussten dabei über Hundertmilliarden Parameter sinnvoll eingestellt werden. Der Text wird am Ende durch Wahrscheinlichkeitsberechnungen erstellt und durch

die Interaktion mit den Nutzerinnen und Nutzern lernt das System ständig weiter.

### Fazit

Es wurde dargestellt, dass KI-Systeme wissensbasiert bzw. datenbasiert programmiert werden können. Wissensbasierte Ansätze bieten den Vorteil einer hohen Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen. Datenbasierte Systeme haben einen deutlichen Mehrwert an Effizienzsteigerung und neuen Möglichkeiten, ihre Algorithmen bestehen häufig aus einfachen mathematischen Operationen. Wie bei vielen technischen Neuerungen gibt es aber auch Nachteile: Beispielsweise hängen Fairness und Zuverlässigkeit stark von den Daten ab, mit denen das System arbeitet. So wäre das Potenzial von ChatGPT wertlos, wenn das System nur mit Fake News trainiert wurde. Daher bleibt der Mensch ein wichtiger Faktor in der Qualitätsbewertung von KI-Entscheidungen, die auf mathematischen Berechnungen beruhen. Und genau diesen kritischen und verantwortungsvollen Umgang mit bestehenden und neuen Informatiksystemen gilt es an der Schule den neuen Generationen zu vermitteln.

---

### LITERATURHINWEIS

Nahezu alle Erklärungen und Abbildungen in diesem Artikel sind folgendem Schulbuch entnommen:

Brichzin, Peter; Janus, Florian; Jetzinger, Franz; Neumeyer, Johannes; Klaus, Reinold; Seegerer, Stefan; Albert, Wiedemann: Informatik 11 bzw. Informatik 5, Cornelsen Verlag, 2023.