

Künstliche Intelligenz

Was ist das und wie funktioniert sie?



© 2026 Axel Janssen, JES GmbH, Berlin <https://www.jes-seminar.de>
Das Material wurde mit Hilfe von KI korrigiert und redigiert. Die Visualisierungen wurden größtenteils durch KI generiert.

1

Künstliche Intelligenz – Risiken und Chancen?

Jobkiller

Ethik

Halluzinationen

Diskriminierung durch Bias

Energieverbrauch

Chancen

Regulierung

Überwachung

Urheberrechtsverstoß

Deep Fake / Desinformation

Innovation

Verantwortung

Fortschritt

Intransparenz

Ende der Menschheit

Kriegswaffen

MITWIRKUNG MIT WIRKUNG © 2026 Axel Janssen, JES GmbH, Berlin <https://www.jes-seminar.de>
Das Material wurde mit Hilfe von KI korrigiert und redigiert. Die Visualisierungen wurden größtenteils durch KI generiert.

2

2

Eigene Erfahrungen mit KI

Welche KI-Systeme haben Sie schon verwendet?

Wie waren Ihre Erfahrungen damit?

Konnten Sie die Ergebnisse der KI gut gebrauchen, oder war vieles davon unnützlich?

3

3

Eigene Erfahrungen mit KI



Wenn aber jemand meint, noch nie irgendeine KI verwendet zu haben, ist das vermutlich ein Irrtum:

(Fast) jeder hat schon etwas gegoogelt, etwas in einem Webshop bestellt, Musik bei einem Musik-Streaming-Dienst gehört oder ein Video bei einem Streaming-Anbieter gesehen. All diese Systeme und Anbieter nutzen KI.

4

4

Künstliche Intelligenz – was ist das?



- Wir alle verwenden schon seit Jahren KI.
- Den wenigsten von uns ist das allerdings bewusst, weil sich KI-Anwendungen längst in unseren Alltag geschlichen haben.
- Was aber recht spektakulär ist, sind Anwendungen der generativen KI, die in den letzten Jahren entwickelt wurden und weiter werden – wodurch vielen Menschen KI erst als relevantes Thema bewusst wurde.

5

MITWIRKUNG
MIT WIRKUNG

Das Material wurde mit Hilfe von KI korrigiert und redigiert. Die Visualisierungen wurden größtenteils durch KI generiert.

© 2026 Axel Janssen, JES GmbH, Berlin <https://www.jes-seminar.de>

5

Künstliche Intelligenz – was ist das?



- Künstliche Intelligenz (KI) bzw. Artificial Intelligence (AI) ist eine besondere Form der Anwendung der IT.
- Es gibt verschiedene Ansätze, den Begriff und den Gegenstand der KI zu definieren.

6

MITWIRKUNG
MIT WIRKUNG

Das Material wurde mit Hilfe von KI korrigiert und redigiert. Die Visualisierungen wurden größtenteils durch KI generiert.

© 2026 Axel Janssen, JES GmbH, Berlin <https://www.jes-seminar.de>

6

Künstliche Intelligenz – was ist das?

”

Künstliche Intelligenz ist die Fähigkeit einer Maschine, menschliche Fähigkeiten wie logisches Denken, Lernen, Planen und Kreativität zu imitieren.

KI ermöglicht es technischen Systemen, ihre Umwelt wahrzunehmen, mit dem Wahrgenommenen umzugehen und Probleme zu lösen, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Der Computer empfängt Daten (die bereits über eigene Sensoren, zum Beispiel eine Kamera, vorbereitet oder gesammelt wurden), verarbeitet sie und reagiert.

KI-Systeme sind in der Lage, ihr Handeln anzupassen, indem sie die Folgen früherer Aktionen analysieren und autonom arbeiten.

Europäisches Parlament, 2020

7

7

Künstliche Intelligenz – was ist das?

”

Künstliche Intelligenz ist die Eigenschaft eines IT-Systems, „mensenähnliche“, intelligente Verhaltensweisen zu zeigen.

Bitkom e. V. und Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz

8

8

Künstliche Intelligenz – was ist das?

„KI-System“ [ist] ein maschinengestütztes System, das für einen in unterschiedlichem Grade autonomen Betrieb ausgelegt ist und das nach seiner Betriebsaufnahme anpassungsfähig sein kann und das aus den erhaltenen Eingaben für explizite oder implizite Ziele ableitet, wie Ausgaben wie etwa Vorhersagen, Inhalte, Empfehlungen oder Entscheidungen erstellt werden, die physische oder virtuelle Umgebungen beeinflussen können

Aus der KI-Verordnung der EU

9

9

Probabilistisch vs. deterministisch

- Bevor wir uns mit den Eigenschaften von KI beschäftigen, sollten wir zwei Begriffe klären:
 - probabilistisch
 - deterministisch
- Anhand dieser beiden Begriffe werden Unterschiede von KI zu herkömmlichen IT-Systemen deutlich.
- Man kann, wenn man etwas tut, probabilistisch oder deterministisch vorgehen.

10

10

Probabilistisch vs. deterministisch

Probabilistisch vs. deterministisch



Probabilistisch
Annähern durch Ausprobieren



Deterministisch
Vorausbestimmtes Vorgehen

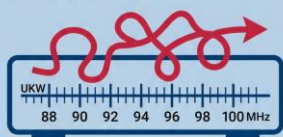
- Probabilistisch handeln bedeutet, dass man etwas mehr oder minder planlos ausprobiert und sich nach dem Schema „Versuch und Irrtum“ an eine Lösung heran-iteriert.
- Deterministisch handeln bedeutet, dass man das Vorgehen vorher exakt durchdenkt und vorausbestimmt, um dann genau so vorzugehen, wie man das im Voraus geplant hat.

11

11

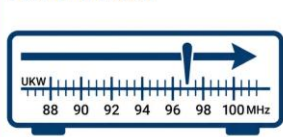
Probabilistisch vs. deterministisch

Probabilistisch



Sender für Sender absuchen

Deterministisch



Zielfrequenz exakt einstellen

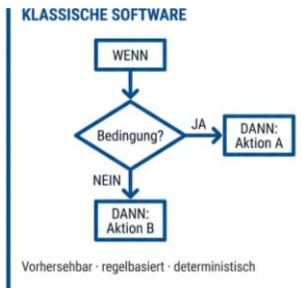
- Wenn man beim Autoradio einfach mal alle Stationen von links auf der Frequenzskala nach rechts ausprobiert und dann bei dem Sender stehenbleibt, der einem gefällt, ist das probabilistisch.
- Wenn man weiß, dass der Lieblingssender auf der UKW-Frequenz 95,8 MHz sendet, stellt man – deterministisch – exakt diese Frequenz ein und erfreut sich an radioeins.

12

12

Künstliche Intelligenz – was ist daran das Besondere?

- Was KI-Software von herkömmlicher Software unterscheidet, ist, dass sie nicht oder in weit geringerem Maße deterministisch ist, da sie auf probabilistischen Modellen und Lernalgorithmen basiert.
- „Deterministisch“ bedeutet bei Software, dass sie z. B. nach dem Schema „Wenn – Dann“ entwickelt wurde.
- Ein (vorhersehbarer) Input wird von der Software entgegengenommen, und diese reagiert darauf mit einer vom Entwickler vorherbestimmten Antwort.

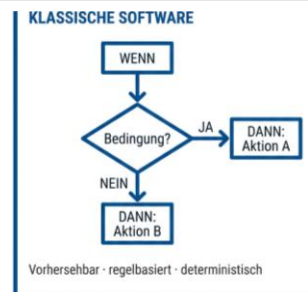


13

13

Künstliche Intelligenz – was ist das?

- Beispiele für deterministische Logik:
 - Wenn USt-Schlüssel == „B“
 - Dann USt-Satz = 0,07
 - Sonst USt-Satz = 0,19
- oder
 - Unterscheide Fälle Wochentag
 - Fall < 6: Öffnungszeit 8:00 bis 20:00 Uhr
 - Fall = 6: Öffnungszeit 9:00 bis 15:00 Uhr
 - Fall sonst: Geschlossen



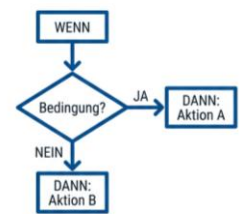
14

14

Künstliche Intelligenz – was ist das?

- Bei einer KI bestimmt ein Entwickler die Logik nicht vollständig im Voraus.
- KI erkennt bestimmte Zusammenhänge oder Logiken und entscheidet auf der Grundlage von Wahrscheinlichkeiten, welche Reaktion auf Inputs folgt.
- Vorbestimmt wird, wie der „Lernalgorithmus“ die Zusammenhänge und möglichen Aufgaben lernt und welche Inputs und Reaktionen möglich sind.

KLASSISCHE SOFTWARE



Vorhersehbar · regelbasiert · deterministisch

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ



Lernt autonom · erkennt Muster · nicht-deterministisch

15

15

KI agiert probabilistisch

- Um den Begriff „probabilistisch“ im Zusammenhang mit KI nachzujustieren, müssen wir allerdings noch klarstellen: KI arbeitet nicht „planlos“, sie würfelt nicht.
- Sie berechnet Wahrscheinlichkeiten, mit denen eine Aussage oder ein Ergebnis korrekt ist und verwendet das Ergebnis, das mit der höchsten Wahrscheinlichkeit zutrifft.

KI agiert probabilistisch – aber nicht planlos



Nicht planlos
Kein blinder Zufall



Höchste Wahrscheinlichkeit gewinnt

KI berechnet – sie rät nicht

16

16

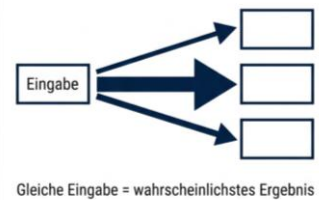
Unterschied zwischen deterministischen und probabilistischen Systemen

- Um es ganz korrekt darzustellen:
 - Deterministische Systeme liefern bei gleichem Zustand und gleichem Input reproduzierbar dasselbe Ergebnis.
 - Probabilistische bzw. statistische Systeme berechnen und gestalten Unsicherheit und arbeiten mit Wahrscheinlichkeiten.
 - Viele heutige KI-Systeme sind datengetriebene statistische Modelle; das unterscheidet sie von rein regelbasierten Systemen.

Deterministisch



Probabilistisch



17

17

Künstliche Intelligenz – was ist das?

„Künstliche Intelligenz („KI“) im Sinne dieser Betriebsvereinbarung ist eine Software, die Erkenntnisse erzeugt, Vorschläge macht, Entscheidungen trifft oder Prozesse durchführt, die nicht durch den Programmcode vorausbestimmt sind, sondern von der Software selbst gefunden werden. Dadurch simuliert bzw. imitiert die KI menschliche Fähigkeiten wie Lernen, Planen, logisches Denken und Kreativität. KI kann als eigenständige Einrichtung (z. B. ChatGPT) auftreten, als zusätzlicher Bestandteil eines Softwarepakets (z. B. Microsoft 365 Copilot) oder als Funktion innerhalb eines Programms (z. B. Spracherkennung in MS Teams).

Vorschlag des Autors für eine Definition von KI in einer Vereinbarung

18

18

Künstliche Intelligenz – was ist das?

■ Beispiele:

- Ein Web-Shop erkennt, welche Artikel häufig zusammen gekauft werden und welches Kaufverhalten für bestimmte Nutzer typisch ist.
- Wenn ein Nutzer einen Artikel in den Warenkorb legt, schlägt das System weitere Artikel vor, die zum ausgewählten Artikel passen.
- Welche Artikel zueinander passen, wurde aber nicht vorherbestimmt, sondern vom System autonom (als Muster) erkannt.

WIE LERNT DER WEBSHOP?



Nicht programmiert – autonom gelernt

19

19

Künstliche Intelligenz – was ist das?

■ Beispiele:

- Eine KI-gestützte IT-Sicherheit erkennt, welches Verhalten von Benutzern bei der Anmeldung zu einem System typisch ist (Zeit, Ort, Verfahren etc.).
- Wenn ein Benutzer sich auf atypische Weise anmeldet, löst die Software einen Alarm aus, auch wenn dies bei einem anderen Benutzer nicht geschieht, weil diese Anmeldung für ihn typisch ist.
- Ist die Anmeldung besonders kritisch, veranlasst die Software ggf. sogar, den Account zu sperren.

ATYPISCHE ANMELDUNG



Nicht vorprogrammiert – individuell gelernt

20

20

Künstliche Intelligenz – was ist das?

- Beispiele:
 - Eine bildverarbeitende Software erkennt durch Training, was Krebszellen von anderen Zellen unterscheidet.
 - Sie identifiziert in einem medizinischen Bild Krebszellen, auch wenn das jeweilige Bild für sie neu ist.

TRAINING MACHT DEN UNTERSCHIED



↳ KI lernt den Unterschied



Nicht programmiert – durch Training gelernt

21

21

Künstliche Intelligenz – was ist das?

- Beispiele:
 - Eine bildgenerierende KI weiß, wie Hunde, Katzen, Menschen, Berge, Flüsse und alles andere aussehen.
 - Sie weiß auch, wie ein Foto sich von einem Gemälde unterscheidet und welche unterschiedlichen Stile verschiedene Maler auszeichnen.
 - Wenn man der KI sagt „Male ein Bild von einer Kuh auf einem Berg im Stil von Rembrandt“, wird daraus...

22

22

Künstliche Intelligenz – was ist das?



23



Das Material wurde mit Hilfe von KI korrigiert und redigiert. Die Visualisierungen wurden größtenteils durch KI generiert.

© 2026 Axel Janssen, JES GmbH, Berlin <https://www.jes-seminar.de>

23

Erklärung, wie KI funktioniert



JESSine
sagt...

Eine Bemerkung vorangestellt:

Die folgenden Erläuterungen sind nicht wissenschaftlich exakt und erheben auch keinen Anspruch darauf.

Würden wir versuchen, das Thema wissenschaftlich genau zu entwickeln, müssten wir solche spannenden Ausdrücke wie

$$L(\theta) = E[x_0, \epsilon, t] \left[\|\epsilon - \epsilon\theta(\sqrt{\alpha t}x_0 + \sqrt{(1-\alpha t)\epsilon}, t)\|^2 \right]$$

verwenden (Trainingszielfunktion eines Diffusionsmodells). Für unsere Zwecke genügt es aber, die Prinzipien abstrakt-generisch darzustellen.

Außerdem haben gleich fünf verschiedene KI-Systeme dem Autor bestätigt, dass die Präsentation so schon ganz ok sei.



24



Das Material wurde mit Hilfe von KI korrigiert und redigiert. Die Visualisierungen wurden größtenteils durch KI generiert.

© 2026 Axel Janssen, JES GmbH, Berlin <https://www.jes-seminar.de>

24

Von der Mustererkennung zum Machine Learning

- Von den 60er-Jahren an versuchte man, Computern beizubringen, Muster in Daten zu erkennen.
- Das begann damit, dass Regeln programmiert wurden, die Muster beschrieben, so dass Computer diese Muster in Datenmengen erkennen konnten.
- Der nächste Schritt war, Computern beizubringen, selbst zu erkennen, worin sich unterschiedliche Muster unterscheiden.



25

25

Von der Mustererkennung zum Machine Learning

- Statt also zu programmieren:
„Ein Hund hat vier Beine, vorne einen Kopf mit Ohren und einer Schnauze, hinten einen Schwanz, einen mehr oder minder langgestreckten Körper und ein mehr oder minder langes braunes, schwarzes, weißes oder graues Fell“
 hat man Computern beigebracht, anhand vieler Bilder von Hunden selbst zu erkennen, welche Merkmale einen Hund von anderen Objekten oder Lebewesen unterscheiden.

26

26

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen

- Um Computern dies zu ermöglichen, brauchte man ein Verfahren, mit dem Computer lernen können.
- Dieses Verfahren nennt sich „Maschinelles Lernen“ und bedient sich einer Technik, die „Neuronale Netze“ genannt wird – das geschah etwa ab den 80er Jahren.
- Neuronale Netze orientieren sich in ihrer Funktion grundsätzlich an der Art, wie auch Menschen lernen.



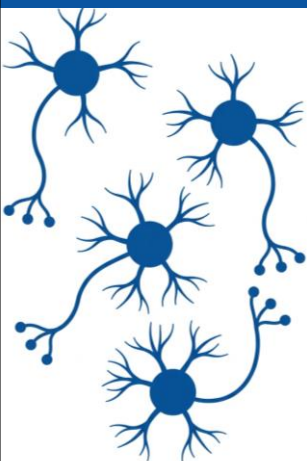
strukturell ähnlich



27

27

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen



NEURONEN IM GEHIRN

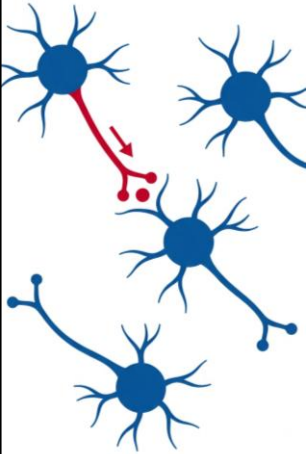
Zellen · Dendriten · Axone

- Menschliches Denken, Wahrnehmen, Fühlen und Lernen entstehen durch die Kommunikation von Nervenzellen (Neuronen) im Gehirn, die über Synapsen und Neurotransmitter elektrische und chemische Signale austauschen.
- Wenn man etwas wahrnimmt, ebenso wenn man denkt oder eine Emotion empfindet, kommunizieren bestimmte Neuronen miteinander.

28

28

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen



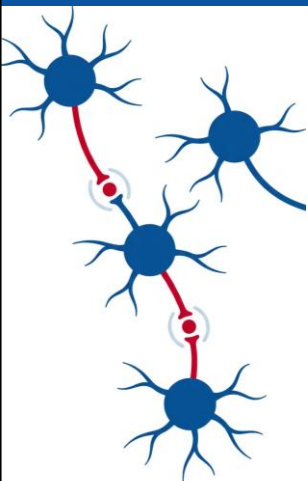
SIGNAL WIRD ÜBERTRAGEN
Synapsen · Neurotransmitter

- Denken, Fühlen und Wahrnehmung sind also so etwas wie „Datenverkehr“ zwischen den Neuronen, vermittelt durch die Synapsen und Neurotransmitter.
- Wie die Informationen „kodiert“ werden, ist noch nicht entschlüsselt.
- Es ist aber inzwischen gut erforscht, welche Regionen im Gehirn wie intern und miteinander kommunizieren.

29

29

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen



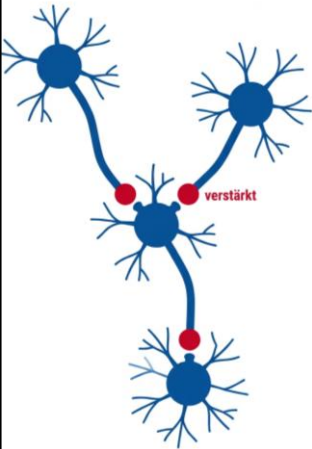
GLEICHE NEURONEN · GLEICHER REIZ
Wiederholung bildet Assoziationen

- Werden gleiche oder gleichartige Informationen wiederholt wahrgenommen, verstärken sich die Verbindungen zwischen den beteiligten Neuronen (Synapsen), was die Verknüpfung dieser Informationen begünstigt.
- Diese Informationen werden auf diese Weise miteinander und mit anderen Informationen verbunden – man spricht hier auch von Assoziationen.

30

30

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen



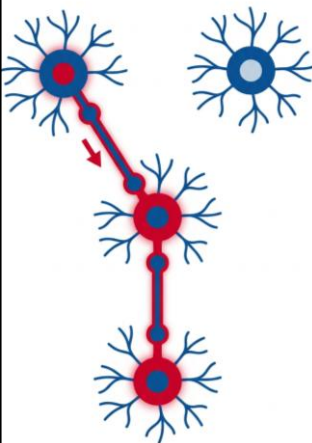
- Diese Kommunikation verstärkt die beteiligten Synapsen, und mit der Zeit und bei häufiger Wiederholung oder starker Intensität finden biochemische Prozesse statt, die eine feste „Verdrahtung“ zwischen den Neuronen bewirken; die Information ist durch die Assoziationen verankert, also gelernt – man nennt dies „Neuroplastizität“.

SYNAPSEN VERSTÄRKEN SICH
Neuroplastizität - feste Verbindungen

31

31

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen



- Dadurch kann der Mensch diese Information später aus dem Gedächtnis abrufen, ohne sie tatsächlich wahrnehmen zu müssen.
- Man muss keinen Hund vor sich sehen, um zu wissen, wie ein Hund aussieht – und wenn man einen Hund sieht, erkennt man ihn als Hund.
- Erinnerung ist also die Nutzung bestehender Assoziationen durch synaptische Verbindungen zwischen Neuronen.

ERINNERUNG = ABRUF
Bestehende Verbindungen werden genutzt

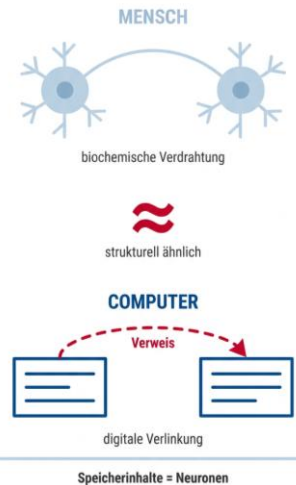
32

32

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen

- Neuronale Netze von Computern bedienen sich ähnlicher Mechanismen.
- Ein Neuronales Netz eines Computers verbindet gespeicherte Informationen miteinander – nur nicht durch „Verdrahtung“, sondern durch Verweise, also so etwas wie die „Verlinkung“ zwischen Speicherinhalten (den Neuronen).

VERDRAHTUNG vs. VERLINKUNG



33

33

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen

- Ein Computer kann ebenfalls erkennen, ob bestimmte Merkmale in unterschiedlichen Informationen wiederholt und gleichartig vorkommen.
- Ist das der Fall, werden diese Merkmale bzw. Informationen miteinander verlinkt – man spricht von „Gewichten“.
- Wenn in einer Datenmenge (z. B. Texten, Zahlenreihen, aber auch in Bildern) bestimmte Merkmale wiederholt vorkommen, wird das als Muster erkannt, und die Muster werden zwischen den Neuronen „gewichtet“.

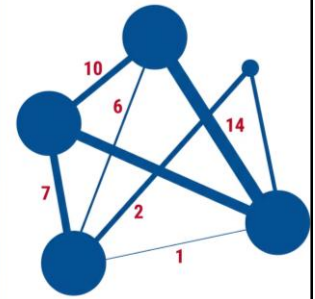
34

34

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen

- Man nennt die Verbindungen zwischen Neuronen „Gewichte“, weil sie je nach Häufigkeit gleichartigen Vorkommens oder nach Grad der Ähnlichkeit einen höheren oder niedrigeren Wert erhalten.
- Die Gewichtung beruht also auf mathematischen, vor allem statistischen Verfahren.

GEWICHTE



Häufigkeit = Stärke

Hoher Wert - starke Verbindung
Niedriger Wert - schwache Verbindung

35

35

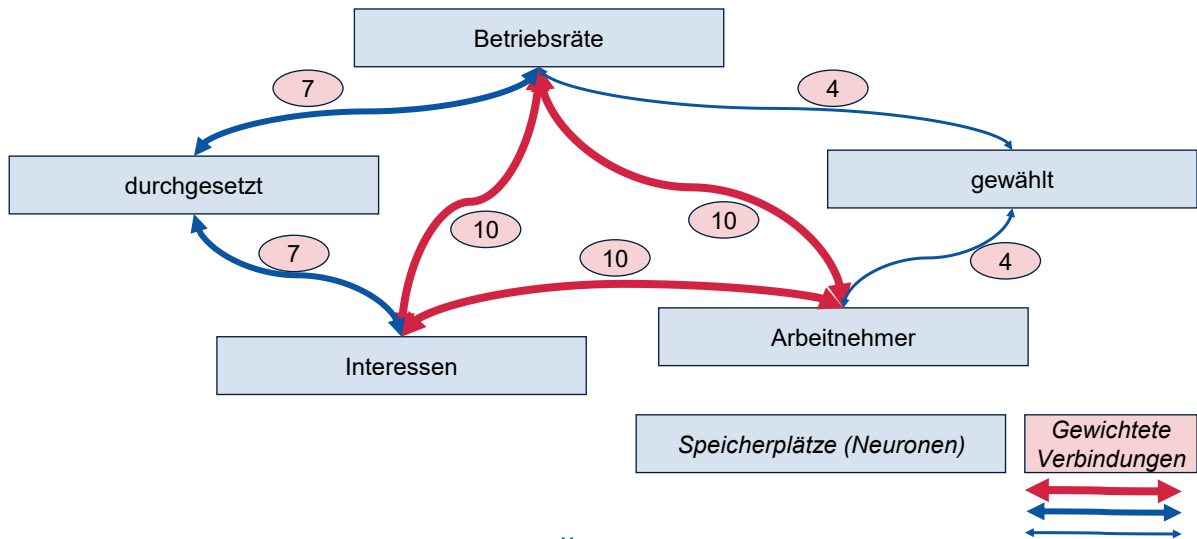
Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen

- In den Textzeilen
Betriebsräte vertreten die Interessen von Arbeitnehmern
Betriebsräte werden von Arbeitnehmern gewählt
Interessen von Arbeitnehmern können von Betriebsräten wirkungsvoll durchgesetzt werden
- kommen die Begriffe „Betriebsräte“, „Arbeitnehmer“ und „Interessen“ miteinander vor. Dadurch werden diese drei Begriffe als „zusammengehörig“, also als Muster erkannt und mit einem hohen Wert miteinander verlinkt.

36

36

Neuronale Netze als Grundlage – Menschliches Lernen und Maschinelles Lernen



37

37

Vom Machine Learning zum Deep Learning

- Beim klassischen Machine Learning wurden Merkmale und Modellstruktur oft manuell vorgegeben; die Gewichte wurden dann aus Daten gelernt.
- Ein Mensch musste dem Programm also beibringen, welche Neuronen in welcher Gewichtung zusammengehören.
- Durch Deep Learning wird dieser Vorgang automatisiert.

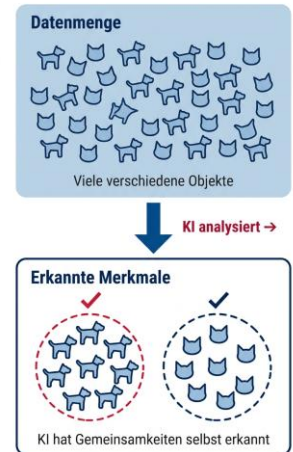
38

38

Vom Machine Learning zum Deep Learning

- Beim Deep Learning erkennt ein Programm automatisch, welche Merkmale Elemente einer Informationsmenge (Text, Zahlen, Bild, Musik etc.) auszeichnen und zueinander gehören.
- Diese Merkmale sind typisch und relevant und begründen, warum Neuronen gewichtet verknüpft werden.

Gemeinsame Merkmale erkennen



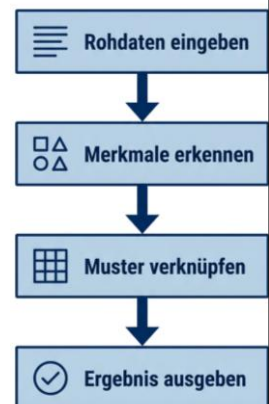
39

39

Vom Machine Learning zum Deep Learning

- Damit dies gelingt, wird die Informationsmenge in mehreren Schritten jeweils unter bestimmten Aspekten analysiert.
- Dabei übernimmt jeder Schritt die Ergebnisse des jeweils vorherigen Schrittes und analysiert diese Ergebnisse unter einem anderen Paradigma.

Deep Learning



Jede Schicht baut auf der vorherigen auf

40

40

Vom Machine Learning zum Deep Learning

■ Wenn ein Bild auf diese Weise analysiert wird, können z. B. folgende Schritte durchlaufen werden:

1. Schritt: Linien und Kontraste
2. Schritt: Formen
3. Schritt: Texturen, also Füllungen von Formen
4. Schritt: Komplexe Formen, die Figuren ergeben
5. Schritt: Erkennung von Objekten wie Gesichtern, Tieren, Fahrzeugen etc.

BILDERKENNUNG

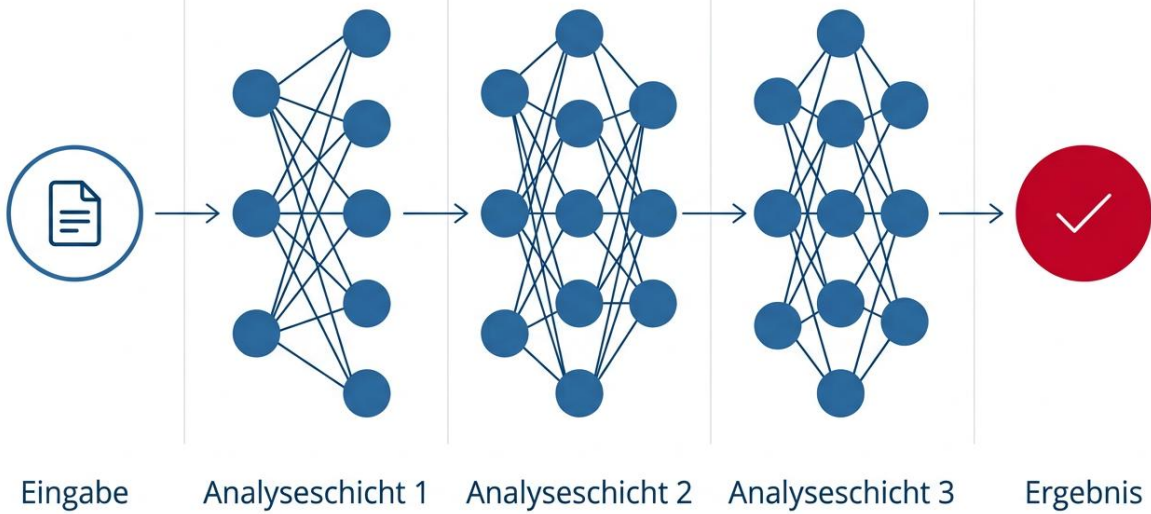
5 Analyseschritte · Schicht für Schicht

- 1 Linien & Kontraste 
- 2 Formen 
- 3 Texturen 
- 4 Komplexe Formen 
- 5 Objekte erkennen 

41

41

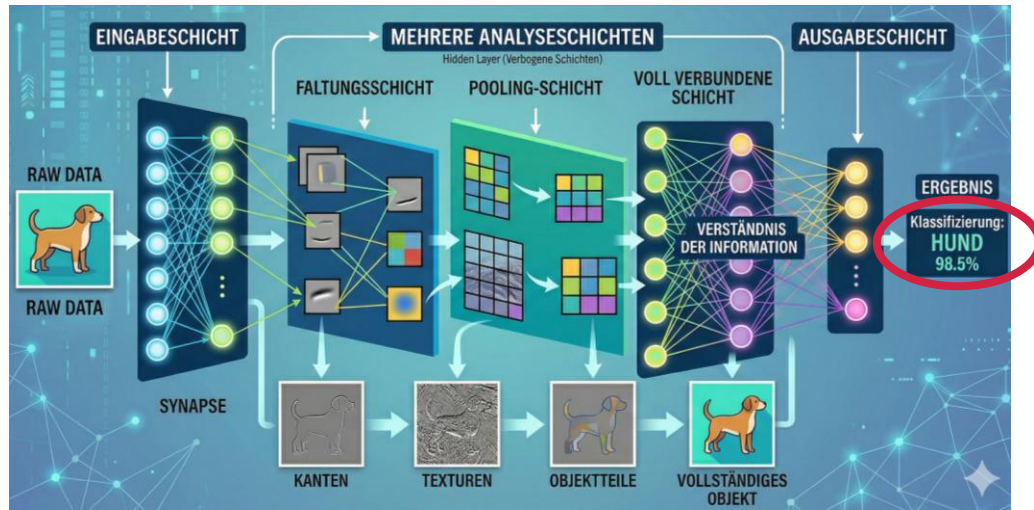
Vom Machine Learning zum Deep Learning



42

42

Vom Machine Learning zum Deep Learning



43

43

KI arbeitet mit Wahrscheinlichkeiten



Aus dem letzten Bild wird deutlich, dass KI mit Wahrscheinlichkeiten arbeitet. Das Bild stellt eben nur mit 98,5%iger Wahrscheinlichkeit einen Hund dar – es könnte also auch ein Wolf, Schakal oder Kojote sein.

Deshalb sollte man den Ergebnissen einer KI niemals blind vertrauen, sondern sie stets überprüfen.

44

44

Vom Machine Learning zum Deep Learning

- Durch dieses Verfahren ist es der Software selbst möglich, Merkmale der Informationen zu identifizieren, zu extrahieren und als einzelne Information zu speichern und gewichtet mit anderen Informationen zu verknüpfen.
- Damit war das Deep Learning entstanden – eine Möglichkeit, Computer anhand von Trainingsdaten darin zu trainieren, Informationen zu erkennen, zu abstrahieren, zu klassifizieren, miteinander zu verknüpfen und diese Verknüpfungen zu gewichten.

45

45

Prädiktive und generative KI

PRÄDIKTIVE KI

Was sie kann – und was nicht

KANN

- ✓ Schlussfolgerungen ziehen
- ✓ Vorhersagen treffen
- ✓ Aus Feedback lernen

KANN NICHT

- ✗ Neue Daten erzeugen
- ✗ Kreativ erfinden


Wissensbasiertes Schlussfolgern
 Trainiert · nicht generativ

Prädiktive KI · Empfehlungen · Feedback

- Unter prädiktiver KI versteht man solche Systeme, die aus vorhandenem Wissen neue Schlussfolgerungen, Zusammenhänge und Erkenntnisse gewinnen und damit Vorhersagen oder Empfehlungen geben können.
- Sie generieren keine neuen Informationen oder Daten, lernen aber aus den Feedbacks ihrer Empfehlungen bzw. Entscheidungen.
- Sie werden trainiert, weil ja auch sie ein „Wissensmodell“ brauchen.

46

46

Prädiktive und generative KI

- Suchmaschinen oder autonome Fahrzeuge sind solche prädiktiven KI-Systeme.
- Auch ein Webshop, der Empfehlungen im Sinne von „Kunden, die dieses Produkt interessant fanden, haben sich auch für folgende Produkte interessiert:“ abgibt, beruht auf prädiktiver KI.
- An die Benutzung prädiktiver KI haben sich die meisten Menschen bereits so gewöhnt, dass sie sie gar nicht mehr als besonders wahrnehmen.

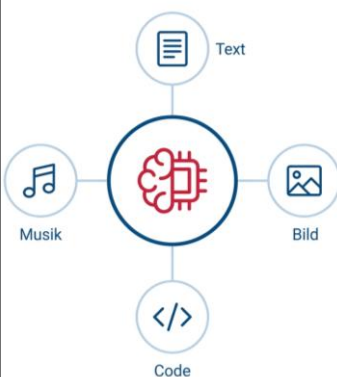
47

47

Prädiktive und generative KI

Generative KI

kombiniert und erschafft



Text · Bild · Code · Musik

- Generative KI-Systeme erzeugen neue Informationen.
- Sie können z. B. Texte, Bilder, Programmcodes oder Musik anhand von (selbst gewonnenen) Gesetzmäßigkeiten oder anderen Algorithmen erschaffen, indem sie Informationen neu kombinieren.
- Generative KI werden auch in der Simulation, z. B. der Forschung, im Maschinenbau, der Chemie, Architektur oder Meteorologie verwendet.

48

48

Prädiktive und generative KI



KI irrt sich überzeugend

Wahrscheinlich, nicht wahr

Plausibel ≠ richtig

- Generative KI-Systeme beruhen (jedenfalls bei einer schwachen KI) auf Wahrscheinlichkeiten.
- Sie fragen nicht „wie logisch“ oder „wie richtig“ ist folgende Aussage, sondern z. B. „wie wahrscheinlich ist, dass auf dieses Wort jenes folgt“.
- Deshalb kommt es vor, dass generative KI Ergebnisse liefern, die zwar gut und plausibel klingen, aber sachlich dennoch falsch sind.

49

49

Prädiktive und generative KI

- In der praktischen Anwendung spielen – jedenfalls derzeit – prädiktive KI-Systeme eine größere Rolle als generative KI.
- Generative KI sind aber spektakulärer, weil sie so erstaunliche Ergebnisse liefern – der praktische Nutzen wird allerdings derzeit gelegentlich überschätzt.
- Prädiktive KI sind dagegen schon von alltäglichem Nutzen.

50

50

Prädiktive und generative KI

Prädiktive & Generative KI

Kombination stärkt KI



- Die geschilderten Beispiele (Webshop, IT-Sicherheit, Diagnostik) fallen größtenteils in die Kategorie „prädiktive KI“.
- Inzwischen werden prädiktive und generative Klen kombiniert, um die Richtigkeit der Aussagen generativer KI zu verbessern.
- Und auch prädiktive Klen (z. B. die Google-Suchmaschine) werten ihre Ergebnisse mit generativer KI auf.

51

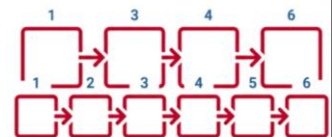
51

Voraussetzung für generative KI: Vom Deep Learning zu Transformermodellen

- Bei vielen frühen KI-Modellen war die Verarbeitung der Daten sequenziell.
- Ein Text wurde z. B. Wort für Wort analysiert, ein Bild Pixel für Pixel, eine Zahlenreihe Zahl für Zahl etc.
- Dadurch wurden zwar Beziehungen zwischen „benachbarten“ Objekten erkannt, aber keine größeren Zusammenhänge.
- Das wurde durch „Transformermodelle“ verbessert.

Sequenzielle Verarbeitung

Schritt für Schritt



Wort für Wort · Pixel für Pixel · Zahl für Zahl

52

52

Voraussetzung für generative KI: Vom Deep Learning zu Transformermodellen

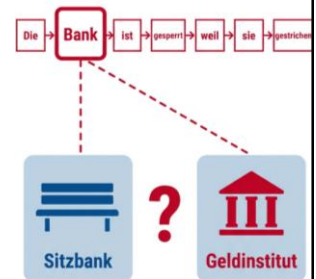
- Wenn z. B. der folgende Satz sequenziell analysiert wird:

Die Bank ist gesperrt, weil sie gerade frisch gestrichen wurde.

erkennt das Learning-Modell immer nur den Zusammenhang zwischen benachbarten Wörtern.

- Weil aber „Bank“, „sie“ und „frisch gestrichen“ nicht direkt aufeinander folgen, erkennt es nicht, dass das „sie“ sich auf die Bank bezieht, es sich deshalb um eine Sitzbank handeln muss – es könnte also auch ein Geldinstitut sein.

Sequenzielle Verarbeitung



Welche Bank ist gemeint?

53

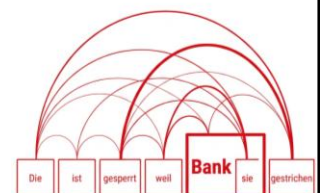
53

Voraussetzung für generative KI: Vom Deep Learning zu Transformermodellen

- Bei Transformermodellen werden alle Elemente einer Informationsmenge mit allen anderen Elementen in Beziehung gesetzt, und das parallel und gleichzeitig.
- Das ist zwar rechenintensiv (deshalb braucht man dafür auch besonders leistungsfähige Computerchips, die eigentlich dafür entwickelt wurden, Bilder zu verarbeiten und zu erzeugen, bei denen auch viele Informationen parallel verarbeitet wurden), führt aber zu revolutionär besseren Erkenntnissen des Machine Learnings.

Transformermodell

Alle Elemente – gleichzeitig – miteinander



Kontext wird vollständig erfasst

54

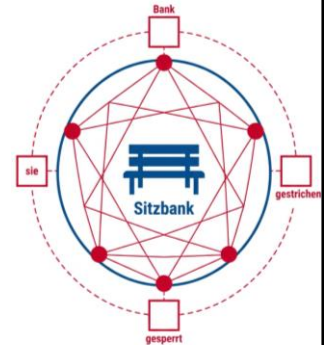
54

Voraussetzung für generative KI: Vom Deep Learning zu Transformermodellen

- Durch Transformermodelle entstehen nicht nur Beziehungen zwischen einzelnen (benachbarten) Elementen einer Informationsmenge, sondern es entsteht so etwas wie ein „Gesamtverständnis“ dieser Information.
- Transformermodelle sind also dazu in der Lage, den Kontext von Informationen deutlich besser abzubilden und nicht nur einzelne Informationen miteinander zu kombinieren.

Gesamtverständnis

Transformermodelle erfassen den vollen Kontext



Nicht Einzelverbindungen – Gesamtbild

55

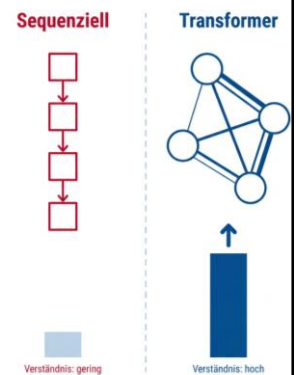
55

Voraussetzung für generative KI: Vom Deep Learning zu Transformermodellen

- Sie arbeiten immer noch mit einer statistisch ermittelten Gewichtung der Neuronen, also Verbindungen zwischen den einzelnen Speicherzellen.
- Weil sie aber die Informationsmenge in ihrer Gesamtheit (und im Zusammenhang auch mit anderen Informationsmengen) analysieren, ist die Verständnisrate deutlich höher als beim sequenziellen Deep Learning.

Höhere Verständnisrate

Gewichtete Verbindungen im Gesamtkontext



Transformer analysiert die Gesamtheit

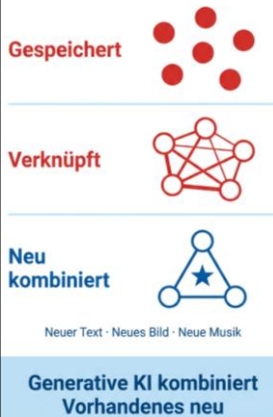
56

56

Von Transformermodellen zur generativen KI

Von Transformer zur generativen KI

Aus Bekanntem entsteht Neues



- Von Transformermodellen zur generativen KI war es dann nur noch ein kleiner Schritt.
- Wenn einzelne Informationen gespeichert und ihre Beziehungen untereinander hergestellt und gewichtet sind, ist es auch möglich, aus dem so entstandenen Gesamtbild der einzelnen Informationen die Informationsbausteine neu zu kombinieren, was einen neuen Sinn ergeben kann.

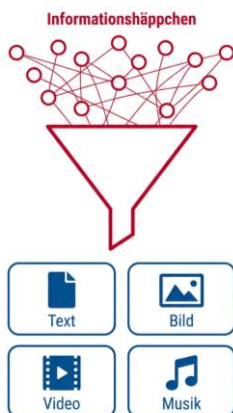
57

57

Von Transformermodellen zur generativen KI

Generative KI

Aus Informationshäppchen wird Neues



- Genau das macht generative KI – sie schafft neue Texte, Bilder, Videos, Musik etc., indem sie aus den einzelnen „Informationshäppchen“ (den Neuronen) jeweils eine neue Gesamtheit an Information zusammensetzt, z. B. einen neuen Text, ein neues Bild, ein neues Video etc.

Neue Texte, Bilder, Videos, Musik

58

58

Von Transformermodellen zur generativen KI

Probabilistisch – nicht deterministisch

Wahrscheinlich gut –
aber nicht zuverlässig korrekt

Gewichtungen



Probabilistisch



Ergebnis



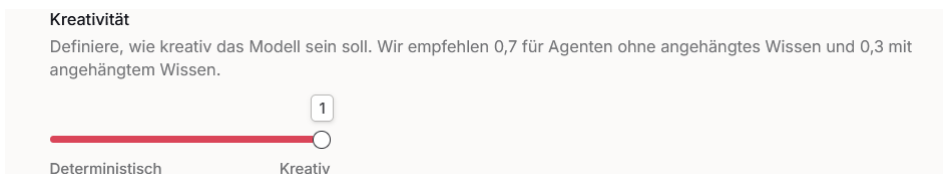
- Dabei bedient sie sich der Gewichtungen, also der statistisch ermittelten Beziehungen zwischen den „Informationshäppchen“, um zu entscheiden, welche Informationen wahrscheinlich zusammengehören, also gemeinsam einen Sinn ergeben.
- Deshalb liefert generative KI „wahrscheinlich“ (also probabilistisch) ein gutes, plausibles, neues Ergebnis – nicht „deterministisch“ zuverlässig, dafür aber kreativer.

59

59

Von Transformermodellen zur generativen KI

- Bei vielen KI-Systemen kann man auf einer Skala sogar bestimmen, wie kreativ oder wie deterministisch die KI Ergebnisse liefern soll.
- Genau genommen bestimmt man damit: Wie hoch soll der Grad der Wahrscheinlichkeit sein, dass die Information zutrifft („deterministisch“) oder alternativ wie hoch soll die kreative Freiheit der KI („probabilistisch“) sein?



60

60

Funktionsweise generativer KI

- Generative KI-Systeme nehmen Anweisungen in natürlicher Sprache entgegen, z. B. im „Prompt“.
- Sie zerlegen die Anweisungen in einzelne Bestandteile – das können Wörter, Silben oder auch Satzzeichen sein.
- Diese Elemente werden „Token“ genannt.
- Eine größere Tokenzahl erlaubt die Verarbeitung längerer Eingaben und kann die Ergebnisqualität verbessern – eine größere Tokenzahl ist also ein Leistungsmerkmal.

61

61

Token in einem Prompt in ChatGPT

GPT-5.x & O1/3 GPT-4 & GPT-3.5 (legacy) GPT-3 (legacy)

Eine größere Tokenzahl erlaubt die Verarbeitung längerer Eingaben und kann die Ergebnisqualität verbessern

Clear

Show example

Tokens

17

Characters

106

Eine größere Tokenzahl erlaubt die Verarbeitung längerer Eingaben und kann die Ergebnisqualität verbessern

62

62

Was sind „Token“, und was sind „Parameter“?

- Beim Training (Deep Learning mit Transformermodellen) werden die gelernten Informationen ebenfalls in Token zerteilt, interpretiert und verarbeitet – das ist das, was wir vorhin als „Informationshäppchen“ umschrieben haben.
- Die Speicherplätze, die die Token aufnehmen, sind die Neuronen des neuronalen Netzes

Token & Parameter



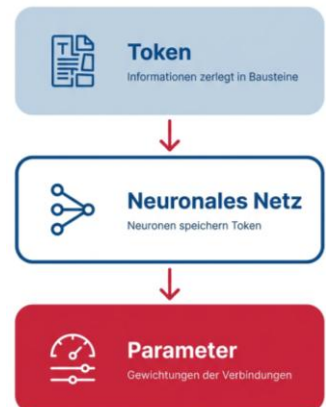
63

63

Was sind „Token“, und was sind „Parameter“?

- Beim Training werden Parameter ermittelt.
- Parameter sind die durch Algorithmen optimierten Gewichtungen, die die Stärke (also Gewichtungen) der Zusammenhänge zwischen den Token definieren.

Token & Parameter

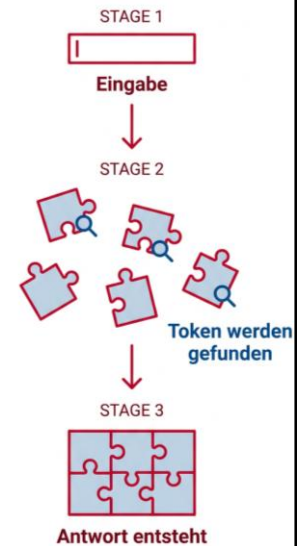


64

64

Was sind „Token“?

- Um die Antwort zu erzeugen, sucht die KI die aus dem Prompt gewonnenen Token in der Wissensdatenbank, ermittelt passende Token mit den gelernten Gewichten und berechnet daraus Wahrscheinlichkeiten für Folgetoken.
- Die Antwort wird also „Token für Token“ anhand der mittels der Gewichte ermittelten Wahrscheinlichkeit, dass sie zusammenpassen, zusammengesetzt.
- KI bedient sich also vor allem der Stochastik.



65

65

Was sind „Token“?

- ChatGPT 3.5 konnte z. B. 4.096 Token in einer Unterhaltung verarbeiten und basierte auf einer Datenbank von ca. 175 Mrd. Parametern.
- Die gängigen Systeme (Stand Anfang 2026) können zwischen 128k und 2 Mio. Token pro Prompt (bzw. Dialog) verarbeiten und verfügen über mehrere Billionen Parameter.
- Allerdings hängt die Zahl der verarbeiteten Token auch vom Lizenzmodell ab – auf der Anzahl der verarbeiteten Token beruht die Berechnung bzw. Begrenzung.

66

66

Schnelle Antworten und „Reasoning“

Schnelle Antworten und Reasoning



- Frühe Sprachmodelle haben versucht, anhand der in Eingabe-Prompts erkannten Token in der Datenbank nach passenden Antworten zu suchen und „Antwort-Token“ aneinanderzureihen.
- Dabei kamen zwar Antworten zustande, die aber nicht unbedingt sinnvoll, geschweige denn korrekt waren.
- Verschiedene Methoden sollen das vermeiden.

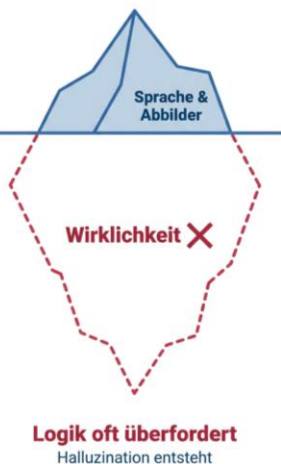
Neue Methoden verbessern Ergebnisse

67

67

Schnelle Antworten und „Reasoning“

Was KI wirklich weiß



- Insbesondere sind LLMs (Large Language Models, also große Sprachmodelle) zwar in der Lage, gut lesbare Sprache zu erzeugen, sie sind aber mit logischen Schlüssen oft überfordert.
- Sie kennen und verstehen ja nicht die Welt und deren Wirklichkeit, sondern nur (sprachliche, visuelle oder mathematische) Abbilder davon.
- Deshalb war gerade zu Beginn der generativen KI das Phänomen der „Halluzination“ problematisch.

68

68

Schnelle Antworten und „Reasoning“

Was KI verwechselt

Korrelation vs. Kausalität

Korrelation



Regen und Schirme treten gemeinsam auf



Kausalität



Vielleicht verursacht auch die Benutzung von Regenschirmen den Regen?
Die KI weiß das nicht.

- Sprachmodelle erkennen Korrelationen (also das gemeinsame Auftreten von Token), aber nicht immer Kausalitäten (also Ursache-Wirkungs-Phänomene).
- Ihre Antworten sind also nicht immer richtig, auch wenn sie sich richtig anhören.

Antworten klingen richtig –
sind es nicht immer

69

69

„Strawberry“ bei Copilot/ChatGPT (März 2025)

Copilot

You said:

wie viele "r" enthält das wort "strawberry"?

Copilot said:

Copilot

Das Wort "strawberry" enthält **zwei** "r". 🤖

You said:

Nein, das ist falsch.

Copilot said:

Entschuldigung, wenn ich einen Fehler gemacht habe. Das Wort "strawberry" enthält tatsächlich **zwei** "r": eins nach dem "t" und eins nach dem "e". Vielleicht gibt es ein Missverständnis? Lass mich wissen, wenn du etwas anderes meintest oder wenn ich dir bei etwas anderem helfen kann! 😊

You said:

das wort strawberry enthält aber drei "r"

Copilot said:

Es tut mir leid, aber das Wort "strawberry" enthält tatsächlich **nur zwei "r"**. Vielleicht hast du dich vertan? Hier ist die Aufteilung des Wortes: **s-t-r-a-w-b-e-r-r-y**.

Wenn du noch Fragen hast oder etwas anderes wissen möchtest, lass es mich wissen! 😊

70

70

Schnelle Antworten und „Reasoning“

- Durch geeignetere Parameter und verbesserte Parametrisierung (also verbesserte mathematische Methoden) sowie neue Methoden, Antworten zu generieren, wird dieses Problem kontinuierlich verringert.
- Dabei wird vom System z. B. mittels „Reasoning“ (also Erörterung bzw. Argumentation) intern in mehreren Schleifen die logische Korrektheit eines Ergebnisses hinterfragt und ggf. verbessert.

Reasoning verbessert Antworten



71

71

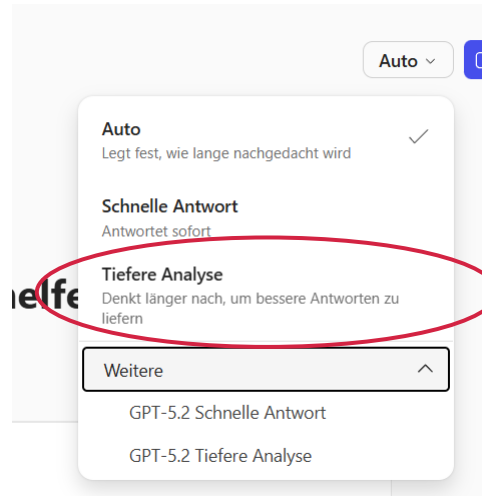
Schnelle Antworten und „Reasoning“

- Dieses Reasoning kostet aber Rechenzeit (und Token).
- Deshalb kann man bei einfachen Fragestellungen und schnellen Antworten auch darauf verzichten.
- Das ist eine Einstellung, die man bei den meisten KI-Bots vornehmen kann, um die Intensität des „Nachdenkens“ zu steuern.

72

72

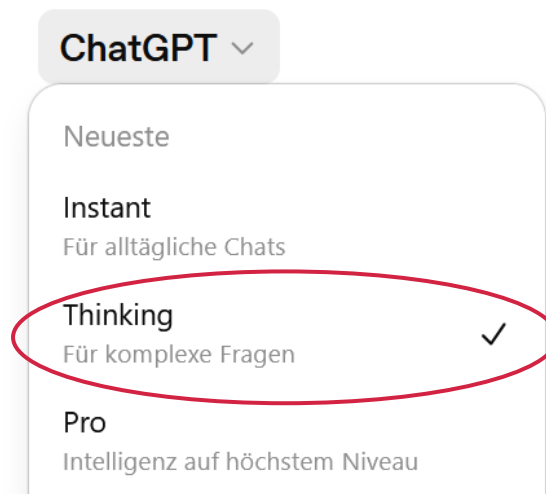
Schnelle Antworten und „Reasoning“ bei Copilot



73

73

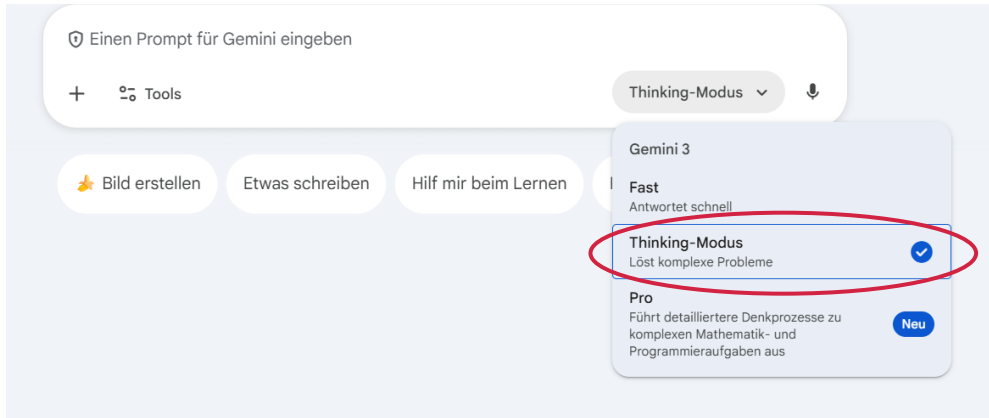
Schnelle Antworten und „Reasoning“ bei ChatGPT



74

74

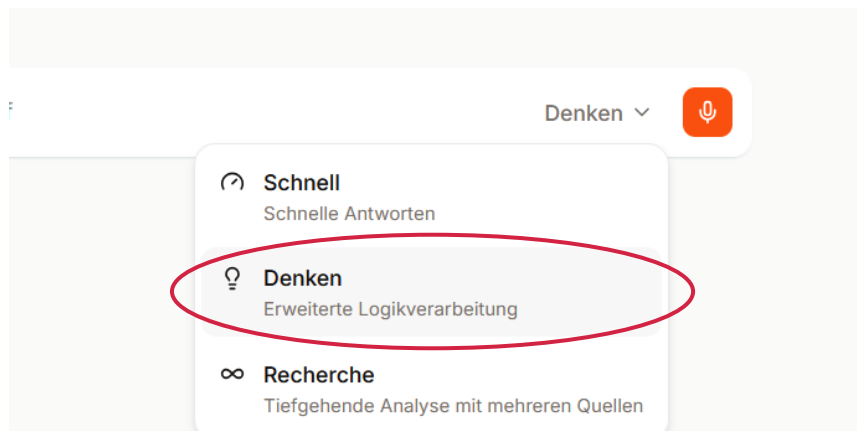
Schnelle Antworten und „Reasoning“ bei Gemini



75

75

Schnelle Antworten und „Reasoning“ bei Mistral



76

76

Reasoning und Recherche

- Um die Qualität der Ergebnisse weiter zu verbessern, bieten die gängigen KI-Bots außerdem die Möglichkeit, Ergebnisse gründlich zu recherchieren.
- Dann werden Antworten nicht aus dem tokenbasierten Wissenstand gegeben, sondern die KI benutzt (aus prädiktiver KI stammende) Datenquellen, die ggf. umfassend und aktuell ermittelt und verarbeitet werden.
- Perplexity ist ein KI-System, das diese Methode schon immer angewandt hat.

77

77

„Deep Research“ bei ChatGPT

Stelle eine komplexe Frage. Erhalte einen vollständigen Bericht mit Quellen.

Einen ausführlichen Bericht erhalten

+  Deep Research  Apps ▾  Websites ▾



78

78

„Deep Research“ bei Gemini



79

79

Multimodale KI-Systeme

- Während frühe KI-Systeme in der Regel nur Text verarbeiten konnten, sind die meisten General-Purpose-KI-Systeme heutzutage multimodal.
- Das bedeutet, dass man mit dem gleichen Prompt Texte, Diagramme, Bilder und manchmal sogar Videos verarbeiten und erstellen kann.
- Oft wird auch eine Arbeitsplattform (meistens „Canvas“ genannt) zur weiteren Bearbeitung oder Zusammenarbeit angeboten.

Multimodal

Ein Prompt – viele Ausgaben



80

80