

DRUCKFASSUNG · STAND 29. SEPTEMBER 2026 UM 21:50 UHR · VERSION 1.0.0

Geschichte der künstlichen Intelligenz

Von Babbages Rechenmaschinen bis ChatGPT und AI Act – was belegt ist, was umstritten ist, was offen bleibt

Online-Fassung: <https://ki.cryptorand.app/> · Dossier-Bot

Inhalt

- | | |
|---|--|
| 1. <u>Maschinen, die rechnen</u> (1842–1936) | 9. <u>Der Durchbruch des Deep Learning</u> (2009–2019) |
| 2. <u>Neuronen, Logik und ein Spiel</u> (1943–2014) | 10. <u>Maschinen, die erzeugen</u> (2014–2023) |
| 3. <u>Ein Sommer in Dartmouth</u> (1955–1966) | 11. <u>Preise, Warnungen, Regeln</u> (2018–2026) |
| 4. <u>Das Perzeptron und das Buch</u> (1958–1996) | 12. <u>Aussagen und Belege</u> |
| 5. <u>Der erste Winter</u> (1964–1985) | 13. <u>Zeitleiste</u> |
| 6. <u>Wissen statt Suche</u> (1965–1992) | 14. <u>Quellen</u> |
| 7. <u>Die Rückkehr der Netze</u> (1982–2011) | |
| 8. <u>Spiele als Prüfstein</u> (1996–2016) | |

Legende: ● Belegt (Primärquelle) · ● Belegt (Sekundärquelle) · ◆ Umstritten · ○ Offen · ✧ Legende / Mythos

1. Maschinen, die rechnen

Kapitel 1 · Vorgeschichte · 1842–1936

Lange vor dem ersten Computer fragten Babbage, Lovelace und Turing, was eine Maschine überhaupt kann.

Charles Babbage (1791–1871) entwarf die ersten automatischen Rechenmaschinen, baute sie aber nicht fertig. Wann seine Difference Engine No. 2 nach Originalplänen fertig gebaut war, wird unterschiedlich datiert: Das Computer History Museum nennt 2002 in London, 153 Jahre nach dem Entwurf; Britannica nennt 1991 für die Maschine und 2000 für das Druckwerk.^{[1][2]}

1842 erschien in Genf eine Abhandlung von L. F. Menabrea über Babbages geplante Analytical Engine. Ada Lovelace übersetzte sie und ergänzte ausführliche Anmerkungen. Darin führte sie Schritt für Schritt vor, wie die Maschine die Bernoulli-Zahlen berechnen könnte. Britannica wertet das als erstes Computerprogramm; eine zweite unabhängige Quelle für diese Wertung ist hier nicht gesichert.^{[3][4][5]}

„Die Analytical Engine erhebt keinerlei Anspruch, irgendetwas selbst hervorzubringen. Sie kann alles tun, was wir ihr zu befehlen wissen.“ — Ada Lovelace (Übersetzung)^[6]

Lovelace verglich die Maschine mit dem Jacquard-Webstuhl: Sie webe algebraische Muster, so wie der Webstuhl Blumen und Blätter webt.^[7]

Alan Turing (1912–1954) legte das theoretische Fundament. Sein Aufsatz „On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem“ ging am 28. Mai 1936 ein. Darin zeigte er, dass Hilberts Entscheidungsproblem keine Lösung haben kann; Alonzo Church kam unabhängig zu einem gleichwertigen Begriff.^{[8][9][10]}

Im selben Aufsatz beschrieb Turing eine einzige, universelle Maschine, die jede berechenbare Folge berechnen kann – die universelle Turingmaschine.^[11]

Einordnung der Redaktion: Babbage und Lovelace dachten an eine konkrete Maschine aus Zahnrädern, Turing an ein mathematisches Modell. Beide Linien münden in die Frage, ob Maschinen mehr können als rechnen.

Kontroverse

- **Position A:** Lovelace: Die Maschine bringt nichts selbst hervor, sie tut nur, was man ihr befiehlt.^[6]

- **Position B:** Turing griff diesen Einwand 1950 als „Lady Lovelace's Objection“ auf und hielt lernende Maschinen dagegen.^[12]

Kurz gefasst

- Babbage entwarf die ersten automatischen Rechenmaschinen; nachgebaut wurde eine davon erst zwischen 1991 und 2002.
- Lovelace kommentierte Menabreas Abhandlung von 1842 und rechnete die Bernoulli-Zahlen als Programm vor.
- Turing bewies 1936, dass das Entscheidungsproblem unlösbar ist, und beschrieb eine universelle Maschine.

Offene Fragen

- Ob Lovelaces Anmerkungen als „erstes Computerprogramm“ gelten dürfen, stützt hier nur Britannica; wie viel der mathematischen Ausarbeitung von ihr selbst stammt, lässt sich mit den gesicherten Quellen nicht klären.
- Ob Babbages Analytical Engine mit der Technik seiner Zeit hätte gebaut werden können, bleibt offen.

2. Neuronen, Logik und ein Spiel

Kapitel 2 · Frühe Modelle · 1943–2014

Das künstliche Neuron und die Frage, woran man denkende Maschinen erkennt, prägen das Fach bis heute.

1943 veröffentlichten Warren McCulloch und Walter Pitts den Aufsatz „A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity“. Ihr Argument: Weil Nervenzellen nach dem Alles-oder-nichts-Prinzip feuern, lassen sich neuronale Vorgänge mit Aussagenlogik beschreiben.^{[13][14]}

Der Aufsatz gilt als Grundlagenwerk für künstliche neuronale Netze. Die beschriebenen Neuronen waren gegenüber biologischen allerdings stark vereinfacht.^[15]

1950 eröffnete Alan Turing seinen Aufsatz „Computing Machinery and Intelligence“ mit der Frage „Can machines think?“. Er hielt sie selbst für zu bedeutungslos, um sie zu diskutieren, und ersetzte sie durch ein Imitationsspiel.^{[16][17][18]}

An dem Spiel sind drei Personen beteiligt: ein Mann, eine Frau und eine fragende Person, die in einem getrennten Raum sitzt.^[18]

„Eine durchschnittliche fragende Person wird nach fünf Minuten Befragung höchstens eine Chance von 70 Prozent haben, richtig zuzuordnen.“ — Alan Turing (Übersetzung)^[19]

Turing verband diese Prognose mit einer Frist von etwa 50 Jahren. Er diskutierte auch „Lady Lovelace's Objection“ und verwies auf lernende Maschinen: Statt eines erwachsenen Geistes solle man einen kindlichen simulieren und ihn dann „erziehen“. ^{[19][12][20]}

Im Juni 2014 überzeugte das Programm „Eugene Goostman“, das einen 13-jährigen Jungen aus der Ukraine spielte, bei einem Wettbewerb in der Royal Society 10 von 30 Juroren in fünfminütigen Chats. Die Veranstalter aus Reading erklärten den Test für bestanden; Fachleute wie Stevan Harnad und Murray Shanahan widersprachen.^{[21][22]}

Oft heißt es, Turing habe eine Bestehensgrenze von 30 Prozent getäuschter Juroren festgelegt. Das ist eine Legende: Er formulierte eine Prognose, keine Regel.^[23]

Die Stanford Encyclopedia of Philosophy urteilt, Turing wäre vom Stand am Ende des 20. Jahrhunderts enttäuscht gewesen: Die Programme im Loebner-Preis-Wettbewerb seien leicht zu entlarven gewesen.^[24]

Kontroverse

- **Position A:** Die Veranstalter aus Reading erklärten, „Eugene Goostman“ habe den Turing-Test bestanden.^{[21][22]}
- **Position B:** Fachleute wie Harnad und Shanahan widersprachen; eine feste Bestehensgrenze hat Turing nie gesetzt.^{[22][23]}

Kurz gefasst

- McCulloch und Pitts beschrieben 1943 Nervenzellen als logische Schaltungen.
- Turing ersetzte 1950 die Frage nach dem Denken durch ein Imitationsspiel.
- Die 30-Prozent-Grenze stammt nicht von Turing; ob „Eugene Goostman“ 2014 bestand, ist umstritten.

Offene Fragen

- Ob ein bestandenes Imitationsspiel überhaupt etwas über Denken aussagt, ist in der Philosophie offen.
- Welche Regeln für einen fairen Test gelten sollen (Dauer, Juroren, Rollen), ist nicht einheitlich festgelegt.

3. Ein Sommer in Dartmouth

Kapitel 3 · Aufbruch · 1955–1966

Ein Antrag, eine Sommerkonferenz und große Versprechen: So wird künstliche Intelligenz zum Forschungsfeld.

Am 31. August 1955 datierten John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon und der IBM-Forscher N. Rochester einen Antrag für ein Sommerprojekt über künstliche Intelligenz. Geplant war eine Studie über 2 Monate mit 10 Personen im Sommer 1956 am Dartmouth College. Um die Finanzierung baten sie die Rockefeller Foundation.^{[25][26][27]}

„Die Studie soll auf der Grundlage der Vermutung vorgehen, dass jeder Aspekt des Lernens oder jedes andere Merkmal von Intelligenz im Prinzip so genau beschrieben werden kann, dass man eine Maschine bauen kann, die ihn simuliert.“ — (Übersetzung)
[28]

Laut Stanford Encyclopedia of Philosophy begann das Fach damit 1956 offiziell. Zu den Teilnehmern zählten McCarthy, Shannon, Minsky, Arthur Samuel, Ray Solomonoff, Oliver Selfridge, Allen Newell und Herbert Simon. Zum 50. Jubiläum im Juli 2006 kamen fünf der ursprünglichen Teilnehmer zurück.^{[29][30]}

Wann der Begriff „artificial intelligence“ geprägt wurde, wird unterschiedlich datiert. Schriftlich steht er im Titel des Antrags von 1955; die ACM schreibt, McCarthy habe den Namen auf der Konferenz 1956 eingeführt.^[31]

Allen Newell und Herbert Simon beschrieben 1956 bei RAND die „Logic Theory Machine“. Sie fand Beweise für Sätze der symbolischen Logik und setzte dabei stark auf Heuristiken. Laut Computer History Museum bewies der Logic Theorist schließlich 38 Sätze aus der „Principia Mathematica“; ein Primärbeleg für diese Zahl fehlt.^{[32][33]}

Die Erwartungen waren hoch. Am 14. November 1957 sagten Simon und Newell voraus, innerhalb von zehn Jahren werde ein Digitalcomputer Schachweltmeister. Tatsächlich besiegte ein Computer erst im Mai 1997 einen amtierenden Weltmeister.^{[34][35]}

Am MIT entstand die Programmiersprache LISP. McCarthys Beschreibung erschien im April 1960; das Computer History Museum datiert die Erfindung auf 1958.^{[36][37]}

Arthur Samuel zeigte 1959, dass ein Programm lernen kann, Dame besser zu spielen als sein eigener Programmierer – nach 8 bis 10 Stunden Spielzeit.^[38]

1966 stellte Joseph Weizenbaum ELIZA vor, ein Gesprächsprogramm am MIT. Bekannt wurde das Skript, das eine Psychotherapeutin nachahmt.^[39]

„Sobald seine Funktionsweise in einer Sprache erklärt ist, die einfach genug ist, um Verständnis zu wecken, zerfällt sein Zauber; es erweist sich als bloße Sammlung von Prozeduren, jede davon gut verständlich.“ — Joseph Weizenbaum (Übersetzung)^[40]

Kontroverse

- **Position A:** Der Name steht schriftlich im Antragstitel vom August 1955.^{[25][31]}
- **Position B:** Die ACM verbindet die Einführung des Namens mit der Konferenz 1956.^[31]

Kurz gefasst

- Der Antrag vom 31. August 1955 trägt „Artificial Intelligence“ im Titel.
- Frühe Programme bewiesen logische Sätze, spielten Dame und führten Gespräche.
- Die Prognose, ein Computer werde binnen zehn Jahren Schachweltmeister, ging nicht auf.

Offene Fragen

- Wer genau wie lange in Dartmouth teilnahm, lässt sich mit den gesicherten Quellen nicht vollständig klären.
- Wie viel Geld die Rockefeller Foundation tatsächlich bewilligte, ist nicht belegt.

4. Das Perzeptron und das Buch

Kapitel 4 · Lernende Netze · 1958–1996

Ein lernendes Modell nach dem Vorbild des Gehirns weckt große Hoffnungen – bis ein Buch seine Grenzen zeigt.

1958 veröffentlichte Frank Rosenblatt vom Cornell Aeronautical Laboratory in der „Psychological Review“ den Aufsatz „The Perceptron“. Er entwickelte seine Theorie für ein hypothetisches Nervensystem oder eine Maschine namens Perzeptron und nannte seinen Ansatz „konnektionistisch“.^{[41][42]}

1969 erschien bei MIT Press das Buch „Perceptrons“ von Marvin Minsky und Seymour Papert. Es zeigte, was Perzeptrons können und was nicht. Laut Stanford Encyclopedia of Philosophy kann das einfache Perzeptron nicht einmal die XOR-Funktion lernen – mit passender Repräsentation aber doch.^{[43][44]}

Die Wirkung des Buches wird unterschiedlich bewertet. Die SEP schreibt, es habe viele, ausdrücklich auch Geldgeber, glauben lassen, neuronale Netze seien zu schwach; dabei hätten Minsky und Papert nur sehr begrenzte Netze betrachtet.^[45]

Die ACM dagegen würdigt, das Buch habe die Forschung an neuronal inspirierten Verfahren auf ein neues Niveau gehoben. Zwanzig Jahre später wurde es neu aufgelegt.^[46]

Das Nobelkomitee beschreibt die Stimmung so: Ende der 1960er-Jahre ließen entmutigende theoretische Ergebnisse viele Forschende an neuronalen Netzen zweifeln. In den 1980er-Jahren kehrte das Interesse zurück.^[47]

Der Soziologe Mikel Olazaran argumentierte 1996, die „offizielle“ Deutung, Minsky und Papert hätten die Netze widerlegt, sei aus der Durchsetzung der symbolischen KI entstanden. Auf Forschungsebene habe es große Deutungsspielräume gegeben.^[48]

Verbreitet ist die Erzählung, „Perceptrons“ habe allein den KI-Winter ausgelöst. Das ist eine Legende: Die Kürzungen bei der maschinellen Übersetzung nach dem ALPAC-Bericht 1966 kamen früher, der Lighthill-Bericht folgte 1973.^[49]

Einordnung der Redaktion: Symbolische KI arbeitet mit ausdrücklichen Regeln und Zeichen, neuronale Netze lernen Gewichte aus Beispielen. Der Streit um das Perzeptron war auch ein Streit zwischen diesen beiden Schulen.

Kontroverse

- **Position A:** Das Buch hat die Netzforschung ausgebremst: Es überzeugte viele, auch Geldgeber, dass neuronale Netze zu schwach seien.^{[45][47]}
- **Position B:** Das Buch hob die Forschung auf ein neues Niveau; die Deutung als endgültige Widerlegung entstand erst im Zuge der Durchsetzung der symbolischen KI.^{[46][48]}

Kurz gefasst

- Rosenblatt stellte 1958 das Perzeptron als lernendes Modell vor.
- Minsky und Papert zeigten 1969 die Grenzen einfacher Perzeptrons.
- Dass dieses Buch allein den KI-Winter auslöste, ist eine Legende.

Offene Fragen

- Wie stark die Förderung neuronaler Netze nach 1969 tatsächlich sank, ist mit Zahlen nicht belegt.
- Wie Rosenblatts Perzeptron in der damaligen Presse dargestellt wurde, konnte nicht aus gesicherten Quellen belegt werden.

5. Der erste Winter

Kapitel 5 · Ernüchterung · 1964–1985

Gutachten in den USA und in Großbritannien ziehen Bilanz – und die Geldgeber ziehen sich zurück.

Im April 1964 wurde das Automatic Language Processing Advisory Committee eingesetzt, kurz ALPAC, unter Vorsitz von John R. Pierce. Sein Bericht erschien im November 1966.^[50]

„Es gibt keine unmittelbare oder absehbare Aussicht auf brauchbare maschinelle Übersetzung.“ – (Übersetzung)^[51]

Stattdessen empfahl der Ausschuss maschinengestützte Übersetzung; sie brauche vor allem gute Ingenieursarbeit. Laut dem Historiker John Hutchins beendete der Bericht die umfangreiche Förderung maschineller Übersetzung in den USA für rund zwanzig Jahre – was er tatsächlich sagte, werde aber oft missverstanden.^{[52][53]}

Der britische Mathematiker Sir James Lighthill verfasste im Juli 1972 für den Science Research Council einen Überblick über die KI-Forschung. Der Rat beriet ihn im September 1972 und veröffentlichte ihn Anfang 1973 zusammen mit Gegenstimmen.^{[54][55]}

„Auf keinem Teilgebiet haben die bisherigen Entdeckungen die große Wirkung erzielt, die damals versprochen wurde.“ – Sir James Lighthill (Übersetzung)^[56]

Als allgemeine Ursache nannte Lighthill die „kombinatorische Explosion“. Die bekannteste Enttäuschung sah er in der maschinellen Übersetzung, für die enorme Summen mit wenig brauchbarem Ergebnis ausgegeben worden seien.^{[57][58]}

Einordnung der Redaktion: Kombinatorische Explosion heißt: Mit jeder weiteren Wahlmöglichkeit vervielfacht sich die Zahl der Fälle, die ein Programm durchsuchen müsste.

Laut dem Chilton-Archiv löste der Bericht in Großbritannien einen massiven Vertrauensverlust in die KI aus, der fast ein Jahrzehnt anhielt.^[59]

Der Ausdruck „AI Winter“ taucht im Bericht über eine Podiumsdiskussion der AAAI-Konferenz 1984 auf, erschienen im AI Magazine im Herbst 1985 – als befürchtetes Szenario. Ausgemalt wurde unter anderem, dass alle ihre Forschungsprojekte eilig umbenennen.^[60]
^[61]

Einordnung der Redaktion: Heute wird „KI-Winter“ rückblickend für mehrere Phasen gebraucht. In der hier gesicherten Quelle erscheint der Ausdruck als Warnung für die Zukunft.

Kontroverse

- **Position A:** Die Berichte zogen eine berechtigte Bilanz überzogener Versprechen.^[51]
[56]
- **Position B:** Die Berichte wurden verkürzt verstanden: ALPAC empfahl maschinengestützte Übersetzung, der Lighthill-Bericht erschien mit Gegenstimmen.
[52][53][54]

Kurz gefasst

- Der ALPAC-Bericht von 1966 sah keine Aussicht auf brauchbare maschinelle Übersetzung.
- Lighthill bilanzierte 1972 enttäuschte Versprechen und die kombinatorische Explosion.
- Der Ausdruck „AI Winter“ ist für eine Podiumsdiskussion von 1984 belegt – als Warnung.

Offene Fragen

- Wie stark die Förderung in den USA und Großbritannien in Geld gemessen sank, ist mit den gesicherten Quellen nicht bezifferbar.
- Ob der Ausdruck „AI Winter“ 1984 erstmals fiel, ist offen.

6. Wissen statt Suche

Kapitel 6 · Expertensysteme · 1965–1992

Statt allgemeiner Suchverfahren setzen Forscher auf das Wissen von Fachleuten – und die Industrie zieht mit.

Mitte der 1960er-Jahre begannen Joshua Lederberg und Edward Feigenbaum in Stanford mit DENDRAL. Es war das erste KI-Programm, das spezialisiertes Wissen über allgemeine Problemlösemethoden stellte.^[62]

Expertensysteme sind laut ACM Programme, die mit speziell kodiertem Expertenwissen intelligent handeln; Feigenbaum gilt als ihr „Vater“. Die Begriffe „Expertensystem“ und „wissensbasiertes System“ kamen laut den MYCIN-Autoren erst um 1975 in allgemeinen Gebrauch.^{[63][64]}

MYCIN entstand in Stanford als computergestützter Berater nach dem Vorbild von Infektiologen; es sollte Therapie wie Diagnose vorschlagen. Die Arbeit daran dauerte fast ein Jahrzehnt. 1984 erschien mit „Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments“ eine kritische Rückschau.^{[65][66]}

In der Industrie arbeitete R1, in der ersten Phase XCON genannt. Das System konfigurierte 1980 VAX-11/780-Rechner von Digital Equipment, hatte 772 Regeln und wurde in der Fertigung regelmäßig eingesetzt.^[67]

1994 erhielt Feigenbaum gemeinsam mit Raj Reddy den Turing Award – für den Bau großer KI-Systeme und den Nachweis ihres praktischen Nutzens.^[68]

1982 startete Japans Handelsministerium MITI das Projekt „Computer der fünften Generation“ für wissensbasierte Informationsverarbeitung; Kern war das Institut ICOT. Laut Computer History Museum reagierte die US-Industrie unter anderem mit der Gründung der Microelectronics and Computer Technology Corporation.^{[69][70]}

Das Projekt endete 1992. Laut dem Museum der japanischen Informatikgesellschaft IPSJ flossen rund 54 Milliarden Yen über 11 Jahre hinein; das Computer History Museum spricht von Hunderten Millionen Dollar und einer Aufgabe des Projekts.^[71]

Einordnung der Redaktion: Expertensysteme speichern Wissen als ausdrückliche Regeln. Das macht sie nachvollziehbar, aber aufwendig zu pflegen: Jede Regel muss jemand formulieren.

Kontroverse

- **Position A:** Das IPSJ-Museum spricht nüchtern vom Ende des Projekts der fünften Generation.^{[69][71]}
- **Position B:** Das Computer History Museum schreibt, das MITI habe das Projekt nach Ausgaben von Hunderten Millionen Dollar aufgegeben.^[71]

Kurz gefasst

- DENDRAL setzte ab Mitte der 1960er-Jahre auf Fachwissen statt allgemeiner Problemlösung.
- MYCIN und R1 zeigten, was Regelsysteme in Medizin und Industrie leisten.
- Japans Projekt der fünften Generation lief von 1982 bis 1992.

Offene Fragen

- Wie viel Geld R1/XCON der Firma DEC tatsächlich sparte, ist in den gesicherten Quellen nicht belegt.
- Ob MYCIN je routinemäßig in Kliniken eingesetzt wurde, ist hier nicht belegt.

7. Die Rückkehr der Netze

Kapitel 7 · Neue Lernverfahren · 1982–2011

Physiker und Informatiker holen die neuronalen Netze zurück – mit neuen Lernverfahren und viel Geduld.

1982 beschrieb der Physiker John Hopfield ein assoziatives Gedächtnis: Das Hopfield-Netz speichert Muster und kann sie wiederherstellen.^[72]

Geoffrey Hinton entwickelte mit Terrence Sejnowski die Boltzmann-Maschine. Die ACM datiert sie auf 1983, das Nobelkomitee nennt die Veröffentlichung 1985.^[73]

1986 zeigte Hinton mit David Rumelhart und Ronald Williams, dass Backpropagation neuronale Netze eigene innere Repräsentationen lernen lässt. Das Verfahren braucht viele Beispiele mit gewünschten Ausgaben, die das Training „überwachen“; heute ist es Standard.^{[74][75]}

Wem die Erfindung zusteht, ist nicht eindeutig: Dieselbe ACM-Würdigung schreibt Yann LeCun eine frühe Version des Algorithmus zu.^[76]

Künstliche „Neuronen“ ähneln echten nur lose. Sie beeinflussen einander über gewichtete Verbindungen; wer die Gewichte ändert, ändert, was das Netz berechnet.^[77]

Ende der 1980er-Jahre trainierte LeCun als Erster ein Faltungsnetz auf Bildern handgeschriebener Ziffern. 1998 beschrieb er mit Kollegen LeNet-5 mit 60.000 trainierbaren Parametern; ein darauf aufbauendes System las mehrere Millionen Schecks pro Tag.^{[78][79]}

1997 stellten Sepp Hochreiter und Jürgen Schmidhuber das Long Short-Term Memory vor, kurz LSTM. Es kann Zeitabstände von mehr als 1000 Schritten überbrücken.^[80]

Anfang der 2000er-Jahre hielten laut ACM nur wenige an neuronalen Netzen fest, darunter LeCun, Hinton und Bengio; sie stießen zunächst auf Skepsis. 2006 beschrieben Hinton, Osindero und Teh ein Verfahren, das tiefe Netze Schicht für Schicht lernt.^{[81][82]}

Parallel kehrten probabilistische Methoden zurück. Judea Pearl erhielt 2011 den Turing Award für einen Kalkül probabilistischen und kausalen Schließens.^[83]

Kontroverse

- **Position A:** Die ACM würdigt die Arbeit von Hinton, Rumelhart und Williams (1986) als Nachweis, dass Backpropagation innere Repräsentationen lernt.^[74]
- **Position B:** Dieselbe Quelle schreibt LeCun eine frühe Version des Algorithmus zu; die Priorität ist damit nicht eindeutig.^[76]

Kurz gefasst

- Hopfield und Hinton brachten Ideen aus der Physik in neuronale Netze.
- Backpropagation, 1986 prominent beschrieben, wurde zum Standardverfahren.
- LSTM (1997) und LeNet-5 (1998) legten Grundlagen für spätere Erfolge.

Offene Fragen

- Frühere Herleitungen des Backpropagation-Prinzips durch andere Forscher werden in den gesicherten Quellen nicht behandelt; die Prioritätsfrage bleibt offen.
- Welches Jahr für die Boltzmann-Maschine gilt, lässt sich ohne die Originalarbeiten nicht entscheiden.

8. Spiele als Prüfstein

Kapitel 8 · Schach, Quiz und Go · 1996–2016

Schach, Quiz und Go: Öffentliche Duelle machen Fortschritte der KI sichtbar.

Im Februar 1996 trat IBMs Schachcomputer Deep Blue in Philadelphia gegen Weltmeister Garri Kasparow an. Deep Blue gewann die erste Partie, Kasparow das Match mit 4:2.^[84]

Im Mai 1997 folgte in New York die Revanche: Deep Blue siegte mit 3,5:2,5 und besiegte als erstes Computersystem einen amtierenden Weltmeister unter Turnierbedingungen.^[35]

Deep Blue bewertete mit 32 Prozessoren 200 Millionen Stellungen pro Sekunde. IBM selbst beschreibt seine Stärke als schiere Rechenkraft.^[85]

Im Februar 2011 besiegte IBMs Watson in der Quizshow „Jeopardy!“ die Rekordchampions Brad Rutter und Ken Jennings. Watson bestand aus 90 Servern mit zusammen 2880 Prozessorkernen, antwortete ohne Internetverbindung und gewann 77.147 Dollar.^{[86][87]}

Go gilt als besonders schwer: DeepMind nennt 10 hoch 170 mögliche Brettstellungen. Im Oktober 2015 schlug AlphaGo den Europameister Fan Hui mit 5:0 – als erstes Programm, das einen Go-Profi auf dem vollen Brett besiegte.^{[88][89]}

Im März 2016 gewann AlphaGo in Seoul mit 4:1 gegen Lee Sedol; laut DeepMind sahen über 200 Millionen Menschen zu.^[90]

AlphaGo verband tiefe neuronale Netze mit Suche: Ein „Policy“-Netz wählte Züge aus, ein „Value“-Netz bewertete Stellungen. Das System lernte zuerst aus menschlichen Partien und dann durch Spiel gegen sich selbst.^[91]

Einordnung der Redaktion: Deep Blue und AlphaGo stehen für zwei Wege: Der eine setzte vor allem auf schnelles Durchrechnen, der andere auf gelernte Bewertungen. Beide Systeme blieben auf ihr Spiel beschränkt.

Kontroverse

- **Position A:** Siege im Spiel zeigen vor allem Rechenkraft – IBM beschreibt Deep Blue selbst so.^[85]
- **Position B:** Siege im Spiel zeigen, dass Maschinen Bewertungen selbst lernen können, wie AlphaGo.^{[91][89]}

Kurz gefasst

- Deep Blue verlor 1996 und siegte 1997 gegen Kasparow.
- Watson gewann 2011 bei „Jeopardy!“ gegen die Rekordchampions.
- AlphaGo schlug 2016 Lee Sedol mit 4:1.

Offene Fragen

- Wie unabhängig die Zuschauerzahl von über 200 Millionen ermittelt wurde, ist offen.
- Kasparows spätere Vorwürfe gegen IBM konnten nicht anhand gesicherter Quellen geprüft werden.

9. Der Durchbruch des Deep Learning

Kapitel 9 · Daten und Rechenkraft · 2009–2019

Große Datensätze, Grafikprozessoren und tiefe Netze: 2012 kippt die Bilderkennung.

2009 stellten Jia Deng, Li Fei-Fei und Kollegen aus Princeton die Bilddatenbank ImageNet vor, damals mit 3,2 Millionen Bildern in 5247 Kategorien.^[92]

Im Wettbewerb von 2010 lag der Top-5-Fehler des Siegers NEC bei 28,2 Prozent, 2011 beim Sieger XRCE bei 25,8 Prozent.^{[93][94]}

2012 kam der Sprung: Das Team SuperVision um Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever und Geoffrey Hinton erreichte 16,4 Prozent, mit zusätzlichen Trainingsdaten 15,3 Prozent; der Zweitplatzierte lag bei 26,2 Prozent. Laut ACM halbierten Hinton und seine Studenten damit fast die Fehlerrate.^{[95][96]}

Ihr Netz, AlexNet, hatte 60 Millionen Parameter und 650.000 Neuronen. Das Training dauerte fünf bis sechs Tage auf zwei Grafikkarten vom Typ GTX 580.^[97]

ImageNet-Wettbewerb: Top-5-Fehler des Siegers (Prozent)

2010	28,2
2011	25,8
2012	16,4
2013	11,7
2014	6,7
2015	3,57

Quelle: [48] [49] [50] · Daten: <https://ki.cryptorand.app/daten/ch-imagenet.csv>

Danach fiel der Fehler weiter: 2013 auf 11,7 Prozent (Clarifai), 2014 auf 6,7 Prozent (GoogLeNet) und 2015 auf 3,57 Prozent mit residualen Netzen aus bis zu 152 Schichten (ResNet). Ein geschulter menschlicher Annotator war in einer Stichprobe von 1500 Bildern auf geschätzt 5,1 Prozent gekommen.^{[98][99][100][101]}

Laut ACM trieben leistungsfähige Grafikprozessoren und riesige Datensätze den Fortschritt. Der Begriff „Deep Learning“ bezieht sich auf tiefe Netze aus vielen Schichten.^{[96][102]}

Eine Studie von 2022 schätzt: Vor 2010 verdoppelte sich der Rechenaufwand für das Training etwa alle 20 Monate, seit Anfang der 2010er-Jahre etwa alle 6 Monate.^[103]

Verdopplungszeit des Trainings-Rechenaufwands (Monate)

vor 2010	20
ab Anfang der 2010er	6

Quelle: [51] · Daten: <https://ki.cryptorand.app/daten/ch-compute-verdopplung.csv>

„Die größte Lehre, die sich aus 70 Jahren KI-Forschung ziehen lässt, ist, dass allgemeine Methoden, die Rechenleistung nutzen, am Ende die wirksamsten sind – und zwar mit großem Abstand.“ – Richard Sutton (Übersetzung)^[104]

Einordnung der Redaktion: Der oft zitierte Vergleich „besser als der Mensch“ beruht auf dem Schätzwert einer einzelnen Person. Er beschreibt eine Testaufgabe, nicht das Sehen im Allgemeinen.

Kontroverse

- **Position A:** Der Wettbewerbsbericht führt für 2012 16,4 Prozent Fehler (ohne Zusatzdaten).^[95]
- **Position B:** Der AlexNet-Aufsatz nennt 15,3 Prozent – mit zusätzlichen Trainingsdaten.^[95]

Kurz gefasst

- ImageNet (2009) lieferte die Daten für einen jährlichen Vergleich.
- 2012 sank der Top-5-Fehler mit einem tiefen Faltungsnetz sprunghaft.
- Der Trainingsaufwand verdoppelte sich seit Anfang der 2010er-Jahre etwa alle 6 Monate.

Offene Fragen

- Ob die schnelle Verdopplung des Rechenaufwands anhält, ist offen.
- Wie gut Ergebnisse aus Wettbewerben auf reale Anwendungen übertragbar sind, ist hier nicht belegt.

10. Maschinen, die erzeugen

Kapitel 10 · Generative KI · 2014–2023

Neue Architekturen und immer größere Modelle machen aus Mustererkennern Text- und Bildgeneratoren.

2014 stellten Ian Goodfellow und Kollegen Generative Adversarial Networks vor: Ein Generator erzeugt Daten, ein Diskriminator schätzt, ob ein Beispiel echt oder erzeugt ist. 2015 beschrieben Sohl-Dickstein und Kollegen die Idee der Diffusionsmodelle: Struktur in Daten schrittweise zerstören und einen umgekehrten Prozess lernen, der sie wiederherstellt.^{[105][106]}

2017 stellten Forschende von Google den Transformer vor, eine Architektur, die allein auf Aufmerksamkeitsmechanismen beruht und auf Rekurrenz und Faltung verzichtet. Bei Englisch-Französisch erreichte er einen BLEU-Wert von 41,8 nach 3,5 Tagen Training auf acht GPUs; die große Variante hatte 213 Millionen Parameter.^{[107][108]}

2018 zeigte OpenAI mit GPT, dass generatives Vortraining eines Sprachmodells auf unbeschriftetem Text und anschließendes Feintuning große Gewinne bringt. Im selben Jahr stellte Google BERT vor, mit 110 Millionen Parametern in der Basis- und 340 Millionen in der großen Version.^{[109][110]}

Sprachmodelle verarbeiten Text in Tokens; GPT-2 nutzte dafür Byte Pair Encoding, einen Mittelweg zwischen Zeichen und Wörtern. GPT-2 hatte 2019 in der größten Version 1,5 Milliarden Parameter, GPT-3 im Jahr 2020 schon 175 Milliarden; es wurde mit 300 Milliarden Tokens trainiert.^{[111][112][113]}

Parameterzahl ausgewählter Netze (Parameter, log)

1998	60.000
2012	60.000.000
2017	213.000.000
2018	340.000.000
2019	1.500.000.000
2020	175.000.000.000
2022	540.000.000.000

Quelle: [40] [49] [55] [57] [58] [59] [60] · Daten: <https://ki.cryptorand.app/daten/ch-parameter.csv>

Kaplan und Kollegen berichteten 2020, dass der Fehler von Sprachmodellen einem Potenzgesetz in Modellgröße, Datenmenge und Rechenaufwand folgt – über mehr als sieben Größenordnungen. 2022 trainierte Google PaLM mit 540 Milliarden Parametern auf 6144 TPU-v4-Chips.^{[115][114]}

Auch bei Bildern ging es voran: 2020 zeigten Ho, Jain und Abbeel hochwertige Bildsynthese mit Diffusionsmodellen. Latent-Diffusion-Modelle verlegten das Verfahren danach in einen komprimierten „latenten Raum“, um mit begrenzter Rechenleistung zu trainieren; die überarbeitete Fassung erschien 2022.^{[116][117]}

Am 30. November 2022 stellte OpenAI ChatGPT vor, ein Modell für Dialoge, trainiert mit Verstärkungslernen aus menschlichem Feedback (RLHF). OpenAI räumte zum Start ein, ChatGPT schreibe manchmal plausibel klingende, aber falsche oder unsinnige Antworten.^{[118][119]}

Laut Analysten erreichte ChatGPT zwei Monate nach dem Start 100 Millionen Nutzer. Die Zahl beruht auf Schätzungen der Datenfirma Similarweb; eine offizielle Nutzerzahl für diesen Zeitpunkt ist nicht gesichert.^[120]

Der Technische Bericht zu GPT-4 von 2023 enthält ausdrücklich keine Angaben zu Architektur, Modellgröße, Hardware, Rechenaufwand und Trainingsdaten.^[121]

Ob solche Systeme verstehen, was sie schreiben, ist umstritten. Der Philosoph John Searle hatte 1980 argumentiert: Wer nur Symbole nach Regeln verarbeitet, versteht deshalb noch kein Chinesisch.^[122]

Kontroverse

- **Position A:** Searle: Wer nur Symbole nach Regeln verarbeitet, versteht nichts – das gilt auch für Computer.^[122]
- **Position B:** Die Grundannahme der KI seit Dartmouth: Jedes Merkmal von Intelligenz lässt sich so genau beschreiben, dass eine Maschine es simulieren kann.^[28]

Kurz gefasst

- GANs (2014) und Diffusionsmodelle (2015, 2020) lehrten Maschinen, Bilder zu erzeugen.
- Der Transformer von 2017 ist die Architektur hinter GPT-2, GPT-3 und PaLM.
- ChatGPT erschien am 30. November 2022; zu GPT-4 nennt der Hersteller keine Größe.

Offene Fragen

- Wie groß GPT-4 ist, ist nicht belegt; kursierende Zahlen stammen nicht vom Hersteller.
- Wie viele Menschen ChatGPT tatsächlich regelmäßig nutzen, ist mit den gesicherten Quellen nicht belegt.

11. Preise, Warnungen, Regeln

Kapitel 11 · Gegenwart · 2018–2026

Höchste Ehrungen für die Forschung, Warnungen vor den Risiken und die ersten umfassenden Gesetze.

Die ACM verlieh den Turing Award 2018 an Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton und Yann LeCun für Durchbrüche, die tiefe neuronale Netze zu einem zentralen Teil der Informatik gemacht haben.^[123]

Am 8. Oktober 2024 erhielten John Hopfield und Geoffrey Hinton den Physik-Nobelpreis für grundlegende Entdeckungen, die maschinelles Lernen mit künstlichen neuronalen Netzen ermöglichen. Am 9. Oktober 2024 ging eine Hälfte des Chemie-Nobelpreises an Demis Hassabis und John Jumper von Google DeepMind für Proteinstrukturvorhersage. Ihr 2020 vorgestelltes Modell AlphaFold2 sagte die Struktur von praktisch allen 200 Millionen bekannten Proteinen voraus.^{[124][125]}

In einem offenen Brief des Future of Life Institute vom 22. März 2023 forderten Unterzeichner eine Pause von mindestens 6 Monaten beim Training von Systemen, die stärker als GPT-4 sind. Auf dem AI Safety Summit in Bletchley Park am 1. und 2. November 2023 warnten Staaten in einer gemeinsamen Erklärung vor ernsthaftem, sogar katastrophalem Schaden durch fortgeschrittene KI.^{[126][127]}

Die EU-Kommission schlug den AI Act im April 2021 vor; Parlament und Rat einigten sich im Dezember 2023; am 1. August 2024 trat er in Kraft. Er ordnet KI-Systeme nach vier Risikostufen: „Social Scoring“ ist verboten, für die meisten Systeme mit minimalem Risiko gelten keine Pflichten.^{[128][129]}

Verbote und Pflichten zur KI-Kompetenz gelten seit dem 2. Februar 2025, Regeln für Allzweck-KI-Modelle seit dem 2. August 2025; der Großteil wurde am 2. August 2026 anwendbar. Nach einer politischen Einigung am 7. Mai 2026 wurden Fristen für Hochrisiko-Systeme verschoben: auf den 2. Dezember 2027 und den 2. August 2028.^[130]
^[131]

Was KI ist, bleibt eine Definitionsfrage. Die Encyclopædia Britannica beschreibt sie als Fähigkeit eines Computers oder computergesteuerten Roboters, Aufgaben zu erfüllen, die man gewöhnlich intelligenten Wesen zuschreibt.^[132]

Oft zitiert wird der Satz „Künstliche Intelligenz ist alles, was noch nicht gemacht wurde“. Larry Tesler stellte richtig, er habe gesagt: „Intelligenz ist das, was Maschinen noch nicht

gemacht haben.“^[133]

Einordnung der Redaktion: Die Geschichte der KI ist eine Folge von Versprechen, Rückschlägen und Neuanfängen. Belegt ist vor allem, was gebaut und gemessen wurde; was Maschinen „verstehen“, bleibt offen.

Kontroverse

- **Position A:** Fortgeschrittene KI birgt ernste Risiken; gefordert wurden eine Entwicklungspause und gemeinsame Vorsicht der Staaten.^{[126][127]}
- **Position B:** Die EU setzt auf abgestufte Regeln statt auf einen Stopp: Verboten ist nur Unannehmbares, die meisten Systeme haben keine Pflichten.^[129]

Kurz gefasst

- Turing Award 2018 und zwei Nobelpreise 2024 würdigten neuronale Netze und KI in der Wissenschaft.
- Ein offener Brief und die Bletchley-Erklärung warnten 2023 vor Risiken.
- Der AI Act ist seit 1. August 2024 in Kraft und wird schrittweise anwendbar.

Offene Fragen

- Ob die Fristverschiebungen des AI Act formal abgeschlossen sind, ist hier nicht geprüft.
- Ob eine Entwicklungspause wie gefordert je stattfand, ist nicht belegt.

Aussagen und Belege

[1] ● Belegt (Sekundärquelle): Charles Babbage (1791–1871) entwarf die ersten automatischen Rechenmaschinen, baute sie aber nicht fertig.

Grenze: Belegt sind Lebensdaten (zwei Quellen) und die Einordnung durch das Computer History Museum; offen bleibt, was „erste“ im Detail heißt.

Gegenprobe: Museumstext mit Superlativ; ältere mechanische Rechenhilfen werden dabei nicht mitgezählt.

Belege: „Charles Babbage (1791-1871), computer pioneer, designed the first automatic computing engines. He invented computers but failed to build them.“ (Startseite Babbage Engine) [1] „Charles Babbage (born December 26, 1791, London , England—died October 18, 1871, London)“ (Einleitung) [2]

[2] ◆ Umstritten: Wann Babbages Difference Engine No. 2 nach Originalplänen fertig gebaut war, wird unterschiedlich datiert: Das Computer History Museum nennt 2002 in London, 153 Jahre nach dem Entwurf; Britannica nennt 1991 für die Maschine und 2000 für das Druckwerk.

Grenze: Belegt ist der Nachbau nach Originalplänen; offen ist, welches Datum als Fertigstellung gilt (Rechenwerk 1991, Druckwerk 2000, „vollständig“ 2002). Teilezahl und Gewicht nennt nur das Museum.

Gegenprobe: Die Angaben widersprechen sich nicht zwingend, sie zählen verschiedene Bauabschnitte.

Belege: „The first complete Babbage Engine was completed in London in 2002, 153 years after it was designed. Difference Engine No. 2, built faithfully to the original drawings, consists of 8,000 parts, weighs five tons“ (Startseite Babbage Engine) [1] „In 1991 British scientists built Difference Engine No. 2—accurate to 31 digits—to Babbage’s specifications, and in 2000 the printer for the Difference Engine was also built.“ (Abschnitt Analytical Engine) [2]

[3] • Belegt (Primärquelle): 1842 erschien in Genf eine Abhandlung von L. F. Menabrea über Babbages Analytical Engine; Ada Lovelace übersetzte sie und ergänzte ausführliche Anmerkungen.

Grenze: Belegt sind Autor, Übersetzerin und Erscheinungsjahr der Vorlage; die englische Fassung mit Anmerkungen erschien später, das genaue Jahr steht nicht im gesicherten Text.

Gegenprobe: Turing nennt die Schrift „memoir by Lady Lovelace“ und verkürzt damit Menabreas Autorschaft.

Belege: „By L. F. MENABREA of Turin, Officer of the Military Engineers from the Bibliothèque Universelle de Genève , October, 1842, No. 82 With notes upon the Memoir by the Translator ADA AUGUSTA, COUNTESS OF LOVELACE“ (Titelei) [3] „Our most detailed information of Babbage's Analytical Engine comes from a memoir by Lady Lovelace (1842).“ (Abschnitt 6, (6) Lady Lovelace's Objection) [4]

[4] • Belegt (Primärquelle): In ihren Anmerkungen führte Lovelace Schritt für Schritt aus, wie die Maschine die Bernoulli-Zahlen berechnen könnte.

Grenze: Belegt ist die ausgearbeitete Berechnungsfolge; ob man sie „erstes Computerprogramm“ nennen darf, ist mit den gesicherten Quellen nicht entschieden.

Gegenprobe: Die Maschine wurde nie gebaut; die Anteile von Babbage und Lovelace an dem Beispiel sind in der Literatur umstritten (hier nicht gesichert).

Belege: „following up in detail the steps through which the engine could compute the Numbers of Bernoulli, this being (in the form in which we shall deduce it) a rather complicated example of its powers.“ (Note G) [3]

[5] ○ Offen: Britannica schreibt, Lovelace habe mit ihren Anmerkungen gezeigt, wie die Maschine eine Folge von Berechnungen ausführen könnte, und damit das erste Computerprogramm geschaffen.

Grenze: Belegt ist, dass Lovelace eine Berechnungsfolge ausarbeitete (c-006); die Wertung „erstes Computerprogramm“ stützt hier nur eine Sekundärquelle.

Gegenprobe: Die Zuschreibung ist populär, ihr Umfang (Anteil Babbages) wird in der Literatur diskutiert; das ist hier nicht belegt.

Belege: „published how it could perform a sequence of calculations, thereby creating the first computer program.“ (Einleitung) [2]

[6] • Belegt (Primärquelle): Lovelace schrieb, die Analytical Engine erhebe keinerlei Anspruch, etwas selbst hervorzubringen; sie könne nur tun, was man ihr zu befehlen wisse.

Grenze: Belegt ist der Wortlaut; offen ist, wie weit Lovelace dies als grundsätzliche Grenze von Maschinen verstand.

Gegenprobe: Turing zitiert ohne „whatever“ und hält dagegen, Lovelace habe nur nach damaligem Wissensstand geurteilt.

Belege: „The Analytical Engine has no pretensions whatever to originate anything. It can do whatever we know how to order it to perform.“ (Note G) [3] „In it she states, "The Analytical Engine has no pretensions to originate anything. It can do whatever we know how to order it to perform" (her italics).“ (Abschnitt 6, (6)) [4]

[7] • Belegt (Primärquelle): Lovelace verglich die Analytical Engine mit dem Jacquard-Webstuhl: Sie webe algebraische Muster wie der Webstuhl Blumen und Blätter.

Grenze: Belegt ist das Bild; offen ist, ob Lovelace damit schon allgemeine Symbolverarbeitung meinte.

Gegenprobe: Rückblickende Deutungen lesen moderne Informatik in eine Metapher von 1842 hinein.

Belege: „We may say most aptly, that the Analytical Engine weaves algebraical patterns just as the Jacquard-loom weaves flowers and leaves.“ (Note A) [3]

[8] • Belegt (Primärquelle): Alan Turings Aufsatz „On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem“ ging am 28. Mai 1936 ein und wurde am 12. November 1936 vorgetragen.

Grenze: Belegt sind Titel und Daten aus dem Kopf der Veröffentlichung.

Gegenprobe: Gescannter Text; Satzfehler im Scan (z. B. „TUKING“) betreffen die zitierte Stelle nicht.

Belege: „ON COMPUTABLE NUMBERS, WITH AN APPLICATION TO THE ENTSCHEIDUNGSPROBLEM By A. M. TURING. [Received 28 May, 1936.—Read 12 November, 1936.]“ (S. 230) [5]

[9] • Belegt (Primärquelle): Turing zeigte 1936, dass Hilberts Entscheidungsproblem keine Lösung haben kann; Alonzo Church kam unabhängig zu einem gleichwertigen Begriff.

Grenze: Belegt ist Turings Beweisanspruch; die Prioritätsfrage gegenüber Church behandelt das Dossier nicht weiter.

Gegenprobe: „Turing allein“ wäre eine Verkürzung; Turing nennt Church selbst.

Belege: „they can be used to show that the Hilbert Entscheidungsproblem can have no solution.“ (§ 11, S. 259) [5] „In a recent paper Alonzo Churchf has introduced an idea of "effective calculability", which is equivalent to my "computability"“ (S. 231) [5]

[10] ○ Belegt (Sekundärquelle): Alan Turing wurde am 23. Juni 1912 in London geboren und starb am 7. Juni 1954 in Wilmslow.

Grenze: Belegt sind Geburts- und Sterbedatum durch zwei Nachschlagewerke; die Umstände seines Todes behandelt dieses Dossier nicht.

Gegenprobe: SEP-Artikel (Andrew Hodges) und Britannica-Artikel (B. J. Copeland) stimmen überein.

Belege: „Alan Mathison Turing was born in London, 23 June 1912, to upper-middle-class British parents.“ (Abschnitt 1) [6] „his death, on 7 June 1954, at his home in Wilmslow, Cheshire, came as a general surprise.“ (Abschnitt 1) [6] „Alan Turing (born June 23, 1912, London , England—died June 7, 1954, Wilmslow, Cheshire)“ (Einleitung) [7]

[11] • Belegt (Primärquelle): Turing beschrieb 1936 eine einzige, universelle Maschine, die jede berechenbare Folge berechnen kann.

Grenze: Belegt ist das theoretische Konzept; eine gebaute Maschine war das 1936 nicht.

Gegenprobe: Der Schritt vom Gedankenmodell zum Computer brauchte weitere Arbeiten.

Belege: „It is possible to invent a single machine which can be used to compute any computable sequence.“ (§ 6, S. 241) [5] „anything that is computable can in fact be computed by one machine, a universal Turing machine.“ (Abschnitt 2) [6]

[12] • Belegt (Primärquelle): Turing diskutierte 1950 ausdrücklich „Lady Lovelace's Objection“ und verwies auf lernende Maschinen.

Grenze: Belegt ist die Auseinandersetzung; ob Turings Einwand trägt, ist eine philosophische Frage.

Gegenprobe: Turing räumt selbst ein, keine überzeugenden positiven Argumente zu haben (Abschnitt 7).

Belege: „(6) Lady Lovelace's Objection Our most detailed information of Babbage's Analytical Engine comes from a memoir by Lady Lovelace“ (Abschnitt 6) [4] „This whole question will be considered again under the heading of learning machines.“ (Abschnitt 6) [4]

[13] • Belegt (Primärquelle): Warren McCulloch und Walter Pitts veröffentlichten 1943 „A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity“ im Bulletin of Mathematical Biophysics.

Grenze: Belegt sind Titel, Zeitschrift und Jahr; gesichert ist der Nachdruck von 1990.

Gegenprobe: Gesichert ist der Nachdruck, nicht das Original von 1943.

Belege: „Reprinted from the Bulletin of Mathematical Biophysics, Vol. 5, pp. 115-133 (1943).“ (Nachdruck 1990, S. 99) [8] „Two scientists, Warren S. McCulloch and Walter H. Pitts, publish the groundbreaking paper A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity.“ (Eintrag 1943) [9]

[14] • Belegt (Primärquelle): McCulloch und Pitts argumentierten: Weil Nervenzellen nach dem Alles-oder-nichts-Prinzip feuern, lassen sich neuronale Vorgänge mit Aussagenlogik beschreiben.

Grenze: Belegt ist das Modell; offen ist, wie gut es echte Neuronen abbildet.

Gegenprobe: Das CHM betont, dass die Modellneuronen stark vereinfacht waren (c-013).

Belege: „Because of the “all-or-none” character of nervous activity, neural events and the relations among them can be treated by means of propositional logic.“ (Abstract, S. 99) [8]

[15] ○ Belegt (Sekundärquelle): Der Aufsatz von McCulloch und Pitts gilt als Grundlagenwerk für künstliche neuronale Netze; ihre Neuronen waren gegenüber biologischen stark vereinfacht.

Grenze: Belegt ist die Einordnung durch das Museum.

Gegenprobe: Wertung einer einzelnen Institution.

Belege: „The paper quickly became a foundational work in the study of artificial neural networks“ (Eintrag 1943) [9] „while the neurons they described were greatly simplified compared to biological neurons“ (Eintrag 1943) [9]

[16] ● Belegt (Primärquelle): Turing eröffnete 1950 seinen Aufsatz „Computing Machinery and Intelligence“ mit der Frage „Can machines think?“.

Grenze: Belegt sind Titel, Jahr und Eingangsfrage.

Gegenprobe: Der gesicherte Abdruck nennt als Band „Mind 49“; der Band wird hier deshalb nicht angegeben.

Belege: „I propose to consider the question, "Can machines think?"“ (Abschnitt 1) [4] „his 1950 paper “Computing Machinery and Intelligence” is one of the most frequently cited in modern philosophical literature.“ (Einleitung) [6]

[17] ● Belegt (Primärquelle): Turing hielt die ursprüngliche Frage „Can machines think?“ für zu bedeutungslos, um sie zu diskutieren.

Grenze: Belegt ist der Satz; er relativiert die populäre Lesart, Turing habe Denken definieren wollen.

Gegenprobe: Im selben Absatz erwartet Turing, dass man zum Jahrhundertende von denkenden Maschinen sprechen werde.

Belege: „The original question, "Can machines think?" I believe to be too meaningless to deserve discussion.“ (Abschnitt 6) [4]

[18] ● Belegt (Primärquelle): Turing ersetzte die Frage durch ein „Imitationsspiel“ mit drei Beteiligten: einem Mann, einer Frau und einer fragenden Person in einem getrennten Raum.

Grenze: Belegt ist der Aufbau des Spiels; die heute übliche Kurzform „Mensch oder Maschine?“ ist eine Vereinfachung.

Gegenprobe: Wie das Spiel mit einer Maschine genau ablaufen soll, lässt Turgings Text interpretierbar.

Belege: „It is played with three people, a man (A), a woman (B), and an interrogator (C) who may be of either sex. The interrogator stays in a room apart“ (Abschnitt 1) [4]

[19] • Belegt (Primärquelle): Turing sagte voraus, dass in etwa 50 Jahren Computer das Spiel so gut spielen würden, dass eine durchschnittliche fragende Person nach fünf Minuten höchstens zu 70 Prozent richtig liegt.

Grenze: Belegt ist eine Prognose; ein Bestehenskriterium für einen „Test“ hat Turing so nicht festgelegt.

Gegenprobe: Die Prognose wird oft als Test-Definition missverstanden (c-021).

Belege: „I believe that in about fifty years' time it will be possible, to programme computers, with a storage capacity of about 10⁹, to make them play the imitation game so well“ (Abschnitt 6) [4] „an average interrogator will not have more than 70 per cent chance of making the right identification after five minutes of questioning.“ (Abschnitt 6) [4]

[20] • Belegt (Primärquelle): Turing schlug vor, statt eines erwachsenen Geistes einen kindlichen zu simulieren und ihn dann zu „erziehen“.

Grenze: Belegt ist die Idee lernender Maschinen; wie sie umzusetzen wäre, ließ Turing offen.

Gegenprobe: Heutige Lernverfahren entstanden auf anderen Wegen; eine direkte Linie ist nicht belegt.

Belege: „why not rather try to produce one which simulates the child's? If this were then subjected to an appropriate course of education one would obtain the adult brain.“ (Abschnitt 7) [4]

[21] ○ Belegt (Sekundärquelle): Im Juni 2014 überzeugte das Programm „Eugene Goostman“, das einen 13-jährigen Jungen aus der Ukraine spielte, bei einem Wettbewerb in der Royal Society 10 von 30 Juroren in je fünfminütigen Chats.

Grenze: Belegt sind Ablauf und Ergebnis laut Presse; das Originalprotokoll ist nicht gesichert.

Gegenprobe: Die Pressemitteilung der Universität Reading war nicht abrufbar (Challenge-Seite).

Belege: „The program convinced 10 out of 30 judges at the nation's most prestigious scientific institution that it was a real person in a series of online chats lasting five minutes each.“ (Artikeltext, 9. Juni 2014) [10] „National news reporting that a computer programme pretending to be a 13-year-old Ukrainian boy passed the Turing test is disputed by DoC Professor.“ (Meldung 11. Juni 2014) [11]

[22] ♦ Umstritten: Ob „Eugene Goostman“ den Turing-Test bestanden hat, ist umstritten: Die Veranstalter aus Reading erklärten ihn für bestanden, Fachleute wie Stevan Harnad und Murray Shanahan widersprachen.

Grenze: Belegt sind beide Positionen; eine allgemein anerkannte Prüfinstanz gibt es nicht.

Gegenprobe: Die Rolle als Teenager mit schwachem Englisch senkte die Erwartungen der Juroren – ein häufiger Einwand.

Belege: „Declaring that Eugene had passed the Turing test, Prof Kevin Warwick of Reading University said“ (Artikeltext) [10] „We have not passed the Turing test. We are not even close.“ (Zitat Harnad) [10] „Of course the Turing Test hasn’t been passed.“ (Zitat Shanahan) [11]

[23] ✧ Legende / Mythos: Legende: Turing habe eine Bestehensgrenze von 30 Prozent getäuschter Juroren festgelegt. Tatsächlich formulierte er eine Prognose für die Zeit um 2000, keine Regel.

Grenze: Belegt ist Turings Prognosesatz; eine offizielle „30-Prozent-Regel“ findet sich im Originaltext nicht.

Gegenprobe: Man kann die Prognose als implizites Kriterium lesen; genau darauf stützten sich die Veranstalter 2014.

Belege: „an average interrogator will not have more than 70 per cent chance of making the right identification after five minutes of questioning.“ (Abschnitt 6) [4] „In 1950 Turing predicted that in about 50 years' time computer conversations could pass as human around 30% of the time.“ (Artikeltext) [10] „it trivialises Turing’s thought experiment (which is fraught with problems anyway)“ (Zitat Shanahan) [11]

[24] ○ Belegt (Sekundärquelle): Die Stanford Encyclopedia of Philosophy urteilt, Turing wäre vom Stand am Ende des 20. Jahrhunderts enttäuscht gewesen: Die Programme im Loebner-Preis-Wettbewerb seien leicht zu entlarven gewesen.

Grenze: Belegt ist die Einschätzung eines Fachlexikons.

Gegenprobe: Wertung; der Loebner-Preis galt vielen Fachleuten selbst nicht als ernsthafter Test.

Belege: „There is little doubt that Turing would have been disappointed by the state of play at the end of the twentieth century.“ (Abschnitt 2) [12] „reveals that the entered programs were all easily detected by a range of not-very-subtle lines of questioning.“ (Abschnitt 2) [12]

[25] • Belegt (Primärquelle): Am 31. August 1955 datierten John McCarthy (Dartmouth), Marvin Minsky (Harvard), Nathaniel Rochester (IBM) und Claude Shannon (Bell Labs) ihren Antrag für ein Sommerprojekt über künstliche Intelligenz. *Grenze:* Belegt sind Titel, Antragsteller und Datum; der Vorname Nathaniel steht nicht im gesicherten Text (dort „N. Rochester“).

Gegenprobe: Der gesicherte Text ist eine spätere Abschrift (PDF), nicht das Original-Typoskript.

Belege: „A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE J. McCarthy, Dartmouth College M. L. Minsky, Harvard University N. Rochester, I.B.M. Corporation C.E. Shannon, Bell Telephone Laboratories August 31, 1955“ (Titelseite) [13]

[26] • Belegt (Primärquelle): Der Antrag sah eine Studie über 2 Monate mit 10 Personen im Sommer 1956 am Dartmouth College vor. *Grenze:* Belegt ist der Plan; wer tatsächlich wie lange teilnahm, ist ein eigener Punkt (c-029).

Gegenprobe: Pläne und tatsächlicher Ablauf wichen voneinander ab.

Belege: „We propose that a 2 month, 10 man study of arti cial intelligence be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire.“ (S. 1) [13]

[27] • Belegt (Primärquelle): Die Antragsteller baten die Rockefeller Foundation um die Finanzierung.

Grenze: Belegt ist die Anfrage; die bewilligte Summe steht nicht im gesicherten Material.

Gegenprobe: Eine Anfrage ist keine Zusage.

Belege: „The Rockefeller Foundation is being asked to provide nancial support for the project“ (Budgetteil) [13]

[28] • Belegt (Primärquelle): Grundannahme des Antrags: Jeder Aspekt des Lernens und jedes andere Merkmal von Intelligenz lasse sich im Prinzip so genau beschreiben, dass eine Maschine ihn simulieren kann.

Grenze: Belegt ist die Arbeitshypothese; sie ist bis heute nicht bewiesen.

Gegenprobe: Kritiker wie Searle (c-116) bestreiten, dass Simulation Verstehen bedeutet.

Belege: „The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it.“ (S. 1) [13]

[29] ○ Belegt (Sekundärquelle): Laut Stanford Encyclopedia of Philosophy begann das Fach offiziell 1956 mit der Dartmouth-Konferenz; zu den Teilnehmern zählten McCarthy, Shannon, Minsky, Samuel, Solomonoff, Selfridge, Newell und Simon.

Grenze: Belegt ist die Einordnung; offen ist die vollständige Teilnehmerliste.

Gegenprobe: Die SEP nennt „zehn“, zählt aber neun Namen; das CHM schreibt „Trenchard More“ statt „Moore“.

Belege: „The field of artificial intelligence (AI) officially started in 1956, launched by a small but now-famous summer conference at Dartmouth College“ (Abschnitt 1) [14] „be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire.“ (S. 1) [13] „Ten thinkers attended, including John McCarthy (who was working at Dartmouth in 1956), Claude Shannon, Marvin Minsky, Arthur Samuel, Trenchard Moore (apparently the lone note-taker at the original conference), Ray Solomonoff, Oliver Selfridge, Allen Newell, and Herbert Simon.“ (Abschnitt 1) [14]

[30] ○ Belegt (Sekundärquelle): Zum 50. Jubiläum trafen sich im Juli 2006 in Dartmouth fünf der ursprünglichen Teilnehmer: McCarthy, Minsky, More, Selfridge und Solomonoff.

Grenze: Belegt durch zwei unabhängige Quellen.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „The 50-year celebration of this conference, AI@50 , was held in July 2006 at Dartmouth, with five of the original participants making it back.“ (Abschnitt 1) [14] „Five attendees of the original conference in 1956 were present at the anniversary--John McCarthy, Marvin Minsky, Trenchard More, Oliver Selfridge and Ray Solomonoff.“ (Eintrag 2006) [9]

[31] ♦ Umstritten: Wann der Begriff „artificial intelligence“ geprägt wurde, wird unterschiedlich datiert: Schriftlich steht er im Antrag von 1955; die ACM schreibt, McCarthy habe den Namen auf der Konferenz 1956 eingeführt.

Grenze: Belegt ist der Titel des Antrags von 1955; die ACM-Darstellung verlegt die Einführung auf 1956.

Gegenprobe: Beide Angaben lassen sich versöhnen: schriftlich 1955, öffentlich etabliert 1956.

Belege: „A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE“ (Titel) [13] „The coining of the term “Artificial Intelligence” was credited to the proposal for the original conference“ (Eintrag 2006) [9] „he introduced the name artificial intelligence at a 1956 conference there“ (Biografie) [15]

[32] • Belegt (Primärquelle): Allen Newell und Herbert Simon beschrieben 1956 bei RAND die „Logic Theory Machine“, ein System, das Beweise für Sätze der symbolischen Logik findet und dabei stark auf Heuristiken setzt.

Grenze: Belegt sind Inhalt und Jahr des RAND-Papiers.

Gegenprobe: Das CHM nennt zusätzlich J. C. Shaw als Mitentwickler (c-032); das RAND-Papier nennt nur Newell und Simon.

Belege: „capable of discovering proofs for theorems in symbolic logic. In contrast to the systematic algorithms ordinarily employed in computation, this system relies heavily on heuristic methods“ (Abstract) [16] „Year: 1956 Pages: 64 DOI: <https://doi.org/10.7249/P868> Document Number: P-868“ (Dokumentdaten) [16]

[33] ○ Offen: Laut Computer History Museum begannen Newell, Simon und J. C. Shaw 1955 mit dem Logic Theorist, der schließlich 38 Sätze aus Whiteheads und Russells „Principia Mathematica“ bewies.

Grenze: Belegt ist die Angabe des Museums; ein Primärbeleg für die Zahl 38 ist nicht gesichert.

Gegenprobe: Nur eine Sekundärquelle; die Zahl sollte vor Übernahme an Newell/Simons eigenen Berichten geprüft werden.

Belege: „Allen Newell, Herbert A. Simon and J.C. Shaw begin work on Logic Theorist , a program that would eventually prove 38 theorems from Whitehead and Russell’s Principia Mathematica.“ (Eintrag 1955) [9]

[34] • Belegt (Primärquelle): Simon und Newell sagten am 14. November 1957 voraus, innerhalb von zehn Jahren werde ein Digitalcomputer Schachweltmeister, sofern die Regeln ihn nicht ausschließen; der Vortrag erschien 1958 in „Operations Research“. *Grenze:* Belegt ist die Prognose; sie traf nicht ein – Deep Blue siegte erst 1997 (c-082).

Gegenprobe: Frühe Prognosen gelten oft als Beispiel für Überschätzung; die Autoren formulierten sie bewusst als Wette auf die Zukunft.

Belege: „1. That within ten years a digital computer will be the world's chess champion, unless the rules bar it from competition.“ (Vorhersagen) [17] „Pittsburgh, Pennsylvania, November 14, 1957. Mr. Simon presented the paper“ (Fußnote) [17] „Jan.-Feb., 1958 Printed in U.S.A. HEURISTIC PROBLEM SOLVING: THE NEXT ADVANCE IN OPERATIONS RESEARCH*“ (Kopf) [17]

[35] • Belegt (Primärquelle): Im Mai 1997 besiegte Deep Blue Kasparow in New York mit 3,5:2,5 – als erstes Computersystem einen amtierenden Weltmeister unter Turnierbedingungen; das CHM nennt den 11. Mai.

Grenze: Belegt durch zwei Quellen; das CHM nennt die Partien „matches“.

Gegenprobe: Kasparow äußerte später Zweifel am Ablauf; diese Kritik ist hier nicht gesichert (siehe Ausschlussliste).

Belege: „But Deep Blue prevailed in the tension-filled Game 6, thereby achieving a resounding victory, 3.5–2.5, in the rematch and becoming the first computer system to defeat a reigning world champion under standard tournament time controls.“ (Challenging Garry Kasparov) [18] „IBM's Deep Blue chess computer defeats the current world chess champion, Garry Kasparov on May 11. Of the six matches played, Deep Blue won two, Kasparov won one and the other three matches ended in a draw.“ (Eintrag 1997) [9]

[36] • Belegt (Primärquelle): John McCarthy beschrieb im April 1960 die Programmiersprache LISP („LISt Processor“), die die KI-Gruppe am MIT für den Rechner IBM 704 entwickelt hatte.

Grenze: Belegt sind Datum und Herkunft; das CHM datiert die Erfindung auf 1958 (c-035).

Gegenprobe: Autorenfassung, nicht die gedruckte Zeitschriftenversion.

Belege: „April 1960 1 Introduction A programming system called LISP (for LISt Processor) has been developed for the IBM 704 computer by the Artificial Intelligence group at M.I.T.“ (Einleitung) [19]

[37] ● Belegt (Sekundärquelle): Das Computer History Museum datiert die Erfindung von LISP durch McCarthy auf 1958; McCarthys eigener Text nennt einen Vorschlag vom November 1958, für den das System gebraucht wurde.

Grenze: Belegt ist die Datierung durch das Museum; McCarthys Text stützt nur, dass die Arbeiten 1958 liefen.

Gegenprobe: Erfindung ist ein Prozess; 1958 bezeichnet den Beginn, 1960 die Veröffentlichung.

Belege: „The programming language LISP (short for "List Processing") is invented in 1958 by John McCarthy at MIT.“ (Eintrag 1958) [9] „The original proposal [1] for the Advice Taker was made in November 1958.“ (Abschnitt 1) [19]

[38] ● Belegt (Primärquelle): Arthur Samuel zeigte 1959, dass ein Computer lernen kann, Dame besser zu spielen als sein Programmierer – nach 8 bis 10 Stunden Spielzeit.

Grenze: Belegt ist Samuels Befund; „besser als der Programmierer“ heißt nicht „besser als Meister“.

Gegenprobe: Die Messlatte „besser als der Programmierer“ ist niedrig gewählt.

Belege: „a computer can be programmed so that it will learn to play a better game of checkers than can be played by the person who wrote the program. Furthermore, it can learn to do this in a remarkably short period of time (8 or 10 hours of machine-playing time)“ (Abstract) [20] „Originally published in IBM Journal, Vol. 3, No.3. July, 1959.“ (Kopfzeile) [20]

[39] ● Belegt (Primärquelle): Joseph Weizenbaum stellte 1966 ELIZA vor, ein Gesprächsprogramm auf dem Time-Sharing-System MAC am MIT, geschrieben in MAD-SLIP für die IBM 7094; bekannt wurde das Skript, das eine Psychotherapeutin nachahmt.

Grenze: Belegt sind Technik, Skript und Jahr.

Gegenprobe: Das CHM berichtet, DOCTOR habe manche Nutzer getäuscht – Belege dafür sind anekdotisch.

Belege: „Its present implementation is on the MAC time-sharing system at MIT. It is written in MAD-SLIP [4] for the IBM 7094.“ (Abschnitt „ELIZA Program“) [21] „the only serious ELIZA scripts which exist are some which cause ELIZA to respond roughly as would certain psychotherapists (Rogerians).“ (Discussion) [21] „Joseph Weizenbaum finishes ELIZA.“ (Eintrag 1966) [9]

[40] • Belegt (Primärquelle): Weizenbaum schrieb, sobald man die Funktionsweise eines solchen Programms erkläre, zerfalle sein Zauber; es erweise sich als bloße Sammlung verständlicher Prozeduren.

Grenze: Belegt ist das Zitat (inklusive des Tippfehlers „induce“ in der gesicherten Abschrift).

Gegenprobe: Die Abschrift ist eine Web-Transkription, nicht der Originalsatz der CACM.

Belege: „once its inner workings are explained in language sufficiently plain to induce understanding, its magic crumbles away; it stands revealed as a mere collection of procedures, each quite comprehensible.“ (Introduction) [21]

[41] • Belegt (Primärquelle): Frank Rosenblatt vom Cornell Aeronautical Laboratory veröffentlichte 1958 in der „Psychological Review“ den Aufsatz „The Perceptron“.

Grenze: Belegt sind Titel und Zeitschrift; die Jahreszahl ist im Scan als „19S8“ verlesen.

Gegenprobe: Scan-Fehler im Kopf; das Jahr stützt sich zusätzlich auf einen Bericht von 1958 in der Literaturliste.

Belege: „Psychological Review Vol. 65, No. 6, 19S8 THE PERCEPTRON: A PROBABILISTIC MODEL FOR INFORMATION STORAGE AND ORGANIZATION IN THE BRAIN F. ROSENBLATT Cornell Aeronautical Laboratory“ (S. 386) [22] „Buffalo: Cornell Aeronautical Laboratory, Inc. Rep. No. VG-1196-G-1, 1958.“ (Literatur) [22]

[42] • Belegt (Primärquelle): Rosenblatt entwickelte seine Theorie für ein hypothetisches Nervensystem oder eine Maschine namens Perzeptron und bezeichnete seinen Ansatz als „konnektionistisch“.

Grenze: Belegt sind Begriff und Anspruch.

Gegenprobe: Presseberichte über „denkende Maschinen“ 1958 konnten nicht gesichert werden (siehe Ausschlussliste).

Belege: „The theory has been developed for a hypothetical nervous system, or machine, called a perceptron.“ (S. 387) [22] „The theory to be presented here takes the empiricist, or \"connectionist\" position“ (S. 387) [22]

[43] ○ Belegt (Sekundärquelle): Marvin Minsky und Seymour Papert veröffentlichten 1969 das Buch „Perceptrons“ bei MIT Press und zeigten, was Perzeptrons können und was nicht.

Grenze: Belegt durch zwei Quellen; die Verlagsseite war nicht abrufbar.

Gegenprobe: Die SEP schreibt „Pappert“ statt „Papert“ – ein Tippfehler der Quelle.

Belege: „Minsky, M. & Pappert, S., 1969, Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry, Cambridge, MA: MIT Press.“ (Bibliografie) [14] „Minsky and Seymour Papert showed what perceptrons could and could not do“ (Biografie) [23]

[44] ○ Belegt (Sekundärquelle): Laut SEP zeigten Minsky und Papert, dass das Perzeptron nicht einmal die XOR-Funktion lernen kann – mit passender Repräsentation aber doch.

Grenze: Belegt ist die Aussage für das einfache, einlagige Perzeptron; mehrlagige Netze betrifft sie nicht.

Gegenprobe: Verkürzung: Das Buch enthält viel mehr als das XOR-Beispiel.

Belege: „Minsky and Papert’s (1969) demonstration that the perceptron cannot learn even the binary XOR function, but this function can be learnt by the perceptron if we have the right representation.“ (Abschnitt Machine Learning) [14]

[45] ○ Belegt (Sekundärquelle): Die SEP schreibt, „Perceptrons“ habe viele – ausdrücklich auch Geldgeber – zu dem Schluss gebracht, neuronale Netze seien zu schwach; Minsky und Papert hätten jedoch nur sehr begrenzte Netze betrachtet.

Grenze: Belegt ist diese Deutung eines Nachschlagewerks.

Gegenprobe: Die ACM bewertet das Buch als Fortschritt für die Forschung (c-044).

Belege: „Because Minsky and Pappert’s (1969) Perceptrons led many (including, specifically, many sponsors of AI research and development) to conclude that neural networks didn’t have sufficient information-processing power to model human cognition“ (Abschnitt 5) [14] „However, Minsky and Pappert had only considered very limited neural networks.“ (Abschnitt 5) [14]

[46] ● Belegt (Sekundärquelle): Die ACM würdigt, das Buch habe die Forschung an neuronal inspirierten Verfahren auf ein neues Niveau gehoben; zwanzig Jahre später wurde es neu aufgelegt.

Grenze: Belegt ist die Wertung der ACM.

Gegenprobe: Laudatio der preisverleihenden Organisation; eher wohlwollend.

Belege: „thus raising the sophistication of research on neurally-inspired mechanisms to a new level. Renewed interest in neurally-inspired mechanisms, twenty years later, led to a reprinting of their classic book, Perceptrons“ (Biografie) [23]

[47] ● Belegt (Sekundärquelle): Das Nobelkomitee schreibt, Ende der 1960er-Jahre hätten entmutigende theoretische Ergebnisse viele Forschende vermuten lassen, neuronale Netze seien nutzlos; in den 1980er-Jahren sei das Interesse zurückgekehrt.

Grenze: Belegt ist die Darstellung des Nobelkomitees; es nennt das Buch nicht namentlich.

Gegenprobe: Keine Aussage über Geldflüsse.

Belege: „At the end of the 1960s, some discouraging theoretical results caused many researchers to suspect that these neural networks would never be of any real use. However, interest in artificial neural networks was reawakened in the 1980s“ (Popular information) [24]

[48] ● Belegt (Sekundärquelle): Der Soziologe Mikel Olazaran argumentierte 1996, die „offizielle“ Deutung, Minsky und Papert hätten Netze widerlegt, sei aus der Durchsetzung der symbolischen KI entstanden; auf Forschungsebene habe es große Deutungsspielräume gegeben.

Grenze: Belegt ist die These laut Abstract; der Volltext ist nicht gesichert.

Gegenprobe: Eine soziologische Deutung, keine Messung von Fördermitteln.

Belege: „I maintain that this official interpretation of the debate was a result of the emergence, institutionalization and (importantly) legitimation of the symbolic AI approach“ (Abstract) [25] „At the 'research-area' level, there was considerable interpretative flexibility.“ (Abstract) [25] „First published August 1996“ (Kopf) [25]

[49] ✧ Legende / Mythos: Legende: Das Buch „Perceptrons“ (1969) habe allein den KI-Winter ausgelöst. Die Quellen zeigen: Die Kürzungen in der maschinellen Übersetzung nach dem ALPAC-Bericht 1966 kamen früher, der Lighthill-Bericht folgte 1973, und die „offizielle“ Deutung des Buches ist selbst umstritten.

Grenze: Belegt ist, dass es mehrere Ursachen und eine umstrittene Deutung gab; wie groß der Anteil des Buches war, ist offen.

Gegenprobe: Die SEP (c-043) schreibt dem Buch durchaus große Wirkung auf Geldgeber zu – aber nicht die alleinige.

Belege: „Its effect was to bring to an end the substantial funding of MT research in the United States for some twenty years.“ (S. 1) [26] „The Lighthill Report was published early in 1973.“ (Overview) [27] „which were interpreted as showing that further progress in neural nets was not possible, and that this approach to AI had to be abandoned.“ (Abstract) [25]

[50] ○ Belegt (Sekundärquelle): Das Automatic Language Processing Advisory Committee (ALPAC) wurde im April 1964 unter Vorsitz von John R. Pierce eingesetzt; sein Bericht erschien im November 1966.

Grenze: Belegt durch den Bericht selbst und den Historiker John Hutchins.

Gegenprobe: Hutchins ist Fachhistoriker der maschinellen Übersetzung, kein neutraler Beobachter der KI insgesamt.

Belege: „It was the JALPG which set up ALPAC in April 1964 under the chairmanship of John R. Pierce“ (S. 1) [26] „publication thirty years ago in November 1966 of the report by the Automatic Language Processing Advisory Committee (ALPAC 1966).“ (S. 1) [26] „A Report by the Automatic Language Processing Advisory Committee Division of Behavioral Sciences National Academy of Sciences National Research Council“ (Titelei) [28]

[51] ● Belegt (Primärquelle): Der ALPAC-Bericht stellte fest, es gebe keine unmittelbare oder absehbare Aussicht auf brauchbare maschinelle Übersetzung.

Grenze: Belegt ist das Urteil für die damalige Technik.

Gegenprobe: Der Bericht betraf maschinelle Übersetzung, nicht die KI-Forschung insgesamt.

Belege: „Further, there is no immediate or predictable prospect of useful machine translation.“ (S. 32) [28]

[52] • Belegt (Primärquelle): ALPAC empfahl stattdessen maschinengestützte Übersetzung: Sie brauche vor allem gute Ingenieursarbeit.
Grenze: Belegt ist die Empfehlung.

Gegenprobe: Hutchins betont, dass der Bericht oft missverstanden werde (c-051).

Belege: „Machine-aided translation may be an important avenue toward better, quicker, and cheaper translation. What machine-aided translation needs most is good engineering.“ (S. 32) [28]

[53] ○ Belegt (Sekundärquelle): Laut Hutchins beendete der ALPAC-Bericht die umfangreiche Förderung maschineller Übersetzung in den USA für rund zwanzig Jahre; was er tatsächlich sagte, werde oft vergessen oder missverstanden.
Grenze: Belegt ist Hutchins' Einschätzung; Förderzahlen sind nicht gesichert.

Gegenprobe: Wirkungszuschreibung eines einzelnen Historikers.

Belege: „Its effect was to bring to an end the substantial funding of MT research in the United States for some twenty years.“ (S. 1) [26] „what the report actually said is now becoming less familiar and often forgotten or misunderstood.“ (S. 1) [26]

[54] • Belegt (Primärquelle): Der britische Mathematiker Sir James Lighthill verfasste im Juli 1972 für den Science Research Council einen Überblick über die KI-Forschung; der Rat beriet ihn im September 1972 und beschloss, ihn mit Gegenstimmen zu veröffentlichen.
Grenze: Belegt sind Auftrag, Datum und Veröffentlichungsbeschluss.

Gegenprobe: Die Online-Fassung ist eine Abschrift des Chilton-Archivs.

Belege: „Artificial Intelligence A general survey by Sir James Lighthill FRS Lucasian Professor of Applied Mathematics, Cambridge University. July 1972.“ (Part I, Kopf) [29] „The Science Research Council discussed Sir James's report in September 1972, and decided to publish it, together with some alternative points of view.“ (Preface) [30]

[55] ○ Belegt (Sekundärquelle): Der Lighthill-Bericht erschien Anfang 1973.
Grenze: Belegt ist „Anfang 1973“ durch das Archiv; ein genaues Datum fehlt.

Gegenprobe: Die Archivseite nennt das Jahr ohne Tagesdatum.

Belege: „The Lighthill Report was published early in 1973.“ (Overview) [27] „decided to publish it, together with some alternative points of view.“ (Preface) [30]

[56] • Belegt (Primärquelle): Lighthill schrieb, nirgends hätten die bisherigen Entdeckungen die damals versprochene große Wirkung gehabt.

Grenze: Belegt ist sein Urteil über die ersten Jahrzehnte.

Gegenprobe: Der Bericht enthielt Gegenstimmen; er war also schon damals umstritten.

Belege: „In no part of the field have the discoveries made so far produced the major impact that was then promised.“ (Abschnitt 3 Past disappointments) [29]

[57] • Belegt (Primärquelle): Als allgemeine Ursache der Enttäuschungen nannte Lighthill die „kombinatorische Explosion“.

Grenze: Belegt ist die Diagnose.

Gegenprobe: Spätere Erfolge beruhten oft gerade auf Methoden, die diese Explosion eindämmen (Heuristiken, Lernen).

Belege: „failure to recognise the implications of the combinatorial explosion.“ (Abschnitt 3) [29]

[58] • Belegt (Primärquelle): Als bekannteste Enttäuschung nannte Lighthill die maschinelle Übersetzung, für die enorme Summen mit wenig brauchbarem Ergebnis ausgegeben worden seien.

Grenze: Belegt ist die Wertung.

Gegenprobe: Lighthill stützt sich dabei auf die Übersetzungsdebatte, nicht auf eigene Messungen.

Belege: „The most notorious disappointments, however, have appeared in the area of machine translation, where enormous sums have been spent with very little useful result“ (Abschnitt 3) [29]

[59] ○ Offen: Laut dem Chilton-Archiv löste der Bericht in Großbritannien einen massiven Vertrauensverlust in die KI aus, der fast ein Jahrzehnt anhielt.

Grenze: Belegt ist nur die Einschätzung des Archivs; Dauer und Ausmaß sind ohne zweite Quelle und ohne Förderzahlen offen.

Gegenprobe: Einzelquelle aus dem Umfeld der britischen Forschungsförderung.

Belege: „Lighthill's report provoked a massive loss of confidence in AI by the academic establishment in the UK including the funding body. It persisted for almost a decade.“ (Overview) [27]

[60] • Belegt (Primärquelle): Der Ausdruck „AI Winter“ taucht im Bericht über eine Podiumsdiskussion der AAAI-Konferenz 1984 auf, die in AI Magazine (Herbst 1985) erschien – dort als befürchtetes Szenario.

Grenze: Belegt ist die Verwendung 1984/85; ob der Ausdruck dort erstmals fiel, ist offen.

Gegenprobe: Der Begriff beschreibt 1984 eine Warnung für die Zukunft, nicht rückblickend die 1970er.

Belege: „This condition, called the “AI Winter” by some“ (S. 122 f.) [31] „that perhaps expectations about AI are too high, and that this will eventually result in disaster.“ (Abstract) [32] „Vol. 6 No. 3: Fall 1985 / Articles The Dark Ages of AI: A Panel Discussion at AAAI-84“ (Kopf) [32]

[61] • Belegt (Primärquelle): Im selben Panel wurde als Schreckensszenario beschrieben, dass Firmen das Interesse verlieren und alle ihre Forschungsprojekte eilig umbenennen.

Grenze: Belegt ist das Szenario; ob und wie es eintrat, belegt diese Quelle nicht.

Gegenprobe: Der Sprecher hielt das Szenario selbst für unwahrscheinlich.

Belege: „Everybody hurriedly changes the names of their research projects to something else.“ (S. 122 f.) [31]

[62] ○ Belegt (Sekundärquelle): DENDRAL, begonnen Mitte der 1960er-Jahre von Joshua Lederberg und Edward Feigenbaum in Stanford, war das erste KI-Programm, das spezialisiertes Wissen über allgemeine Problemlösemethoden stellte; das Computer History Museum führt es unter 1965 als erstes „Expertensystem“.

Grenze: Belegt durch Beteiligte und Museum; das CHM datiert auf 1965 und nennt zusätzlich Carl Djerassi.

Gegenprobe: Die MYCIN-Autoren stammen aus derselben Stanford Gruppe.

Belege: „The DENDRAL program was the first AI program to emphasize the power of specialized knowledge over generalized problem-solving methods“ (Kapitel 1) [33] „It was started in the mid-1960s by Joshua Lederberg and Feigenbaum“ (Kapitel 1) [33] „1965 DENDRAL artificial intelligence program Ed Feigenbaum A Stanford team led by professors Ed Feigenbaum, Joshua Lederberg and Carl Djerassi creates DENDRAL, the first “expert system.”“ (Eintrag 1965) [9]

[63] ○ Belegt (Sekundärquelle): Expertensysteme sind laut ACM Programme, die mit speziell kodiertem Expertenwissen intelligent handeln; Edward Feigenbaum gilt als ihr „Vater“.

Grenze: Belegt ist die Definition der ACM.

Gegenprobe: Ehrentitel „Vater“ ist eine Zuschreibung, keine Tatsache.

Belege: „Edward Albert Feigenbaum is widely known as the father of expert systems . Expert systems are computer programs that act intelligently by using the specially encoded knowledge of experts“ (Biografie) [34]

[64] ● Belegt (Primärquelle): Laut den MYCIN-Autoren kamen die Begriffe „Expertensystem“ und „wissensbasiertes System“ erst um 1975 in allgemeinen Gebrauch.

Grenze: Belegt ist die Einschätzung der Beteiligten (Scan mit fehlenden Leerzeichen).

Gegenprobe: Selbstauskunft der Stanforder Gruppe.

Belege: „Likethe phrasesexpertsystem andknowledge-based system,however, it did notcome into generaluse until about1975.“ (Kapitel 1, Fußnote) [33]

[65] ● Belegt (Primärquelle): MYCIN wurde in Stanford nach dem Vorbild von Infektiologen als computergestützter Berater entworfen, der Therapie wie Diagnose vorschlagen sollte; die Arbeit dauerte fast ein Jahrzehnt.

Grenze: Belegt sind Ziel und Dauer; ein Routineeinsatz in Kliniken ist hier nicht belegt.

Gegenprobe: Selbstdarstellung der Entwickler.

Belege: „Thus our concept of a computer-based consultant was born, and we began to model MYCIN after infectious disease consultants.“ (Kapitel 1) [33] „a computer-based aid for medical decision making should suggest therapy as well as diagnosis.“ (Kapitel 1) [33] „we learned some useful lessons in the course of nearly a decade of work on MYCIN and related programs.“ (Einleitung) [35]

[66] ● Belegt (Primärquelle): Buchanan und Shortliffe veröffentlichten 1984 „Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments“ als kritische Rückschau.

Grenze: Belegt sind Titel, Herausgeber und Jahr.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project Edited by Bruce G. Buchanan and Edward H. Shortliffe“ (Titel) [35] „Addison Wesley, Reading, MA, 1984“ (Impressum) [35]

[67] • Belegt (Primärquelle): Das Expertensystem RI (in der ersten Phase XCON genannt) konfigurierte 1980 VAX-11/780-Rechner von Digital Equipment; es hatte 772 Regeln und wurde bei DEC regelmäßig in der Fertigung eingesetzt.

Grenze: Belegt ist der Stand von 1980 (AAAI-Tagungsband); spätere Größe und Einsparungen sind nicht gesichert.

Gegenprobe: Autor und Nutzer standen einander nahe (Kooperation Carnegie-Mellon/DEC).

Belege: „RI’s domain of expertise is configuring Digital Equipment Corporation’s VAX-11/780 systems.“ (Abstract) [36] „RI currently has 772 rules that enable it to perform the task.“ (Abschnitt RI) [36] „RI is currently being used on a regular basis by DEC’s manufacturing organization.“ (Einleitung) [36] „During this first stage, RI’s name was XCON.“ (Fußnote) [36]

[68] • Belegt (Primärquelle): Edward Feigenbaum erhielt 1994 den Turing Award (gemeinsam mit Raj Reddy) für den Bau großer KI-Systeme und den Nachweis ihres praktischen Nutzens.

Grenze: Belegt ist die offizielle Begründung.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „United States – 1994 CITATION For pioneering the design and construction of large scale artificial intelligence systems, demonstrating the practical importance and potential commercial impact of artificial intelligence technology.“ (Citation) [34] „Association for Computing Machinery Turing Award recipient (jointly with Raj Reddy), 1994“ (Ehrungen) [34]

[69] ○ Belegt (Sekundärquelle): Japans Handelsministerium MITI startete 1982 das Projekt „Computer der fünften Generation“ für wissensbasierte Informationsverarbeitung; Kern war das Institut ICOT.

Grenze: Belegt durch das Museum der japanischen Informatikgesellschaft und das CHM.

Gegenprobe: Die IPSJ-Darstellung ist wohlwollend; die Ziele werden dort nicht an Ergebnissen gemessen.

Belege: „In 1982, the Ministry of International Trade and Industry started the Fifth Generation Computer Project.“ (Projektseite) [37] „research and development on new computer technology oriented toward knowledge-based information processing“ (Projektseite) [37] „The Institute for New Generation Computer Technology (ICOT) was established as the central promotional organization“ (Projektseite) [37] „Japan’s Ministry of International Trade and Industry (MITI) abandons its Fifth Generation Computer Systems project.“ (Eintrag 1992) [9]

[70] ● Belegt (Sekundärquelle): Laut CHM löste die Ankündigung des japanischen Projekts in den USA eine Reaktion aus: Firmen gründeten die Microelectronics and Computer Technology Corporation.

Grenze: Belegt ist die Darstellung des Museums; „in part“ schränkt die Kausalität ein.

Gegenprobe: Einzelquelle.

Belege: „In part, the announcement of the Fifth Generation project in Japan caused the American computer industry to react, and a group of companies formed the Microelectronics and Computer Technology Corporation.“ (Eintrag 1992) [9]

[71] ● Belegt (Sekundärquelle): Das Projekt endete 1992; laut IPSJ flossen rund 54 Milliarden Yen über 11 Jahre hinein, das CHM spricht von Hunderten Millionen Dollar und einem Abbruch.

Grenze: Belegt sind Ende und Größenordnung; „Ende“ (IPSJ) und „Aufgabe“ (CHM) werten verschieden.

Gegenprobe: Ob das Projekt gescheitert ist, hängt vom Maßstab ab: Es entstanden Parallelrechner (PIM), aber keine denkenden Maschinen.

Belege: „Approximately ¥54 billion was invested in the project over 11 years, and it came to an end in 1992.“ (Projektseite) [37] „After spending hundreds of millions of dollars in research and development, Japan’s Ministry of International Trade and Industry (MITI) abandons“ (Eintrag 1992) [9]

[72] ● Belegt (Sekundärquelle): Der Physiker John Hopfield beschrieb 1982 ein assoziatives Gedächtnis: Das Hopfield-Netz speichert Muster und kann sie wiederherstellen.

Grenze: Belegt ist die Darstellung des Nobelkomitees; die Originalarbeit ist nicht gesichert.

Gegenprobe: Einzelquelle, aber offizielle Begründung eines Nobelpreises.

Belege: „the associative memory that the physicist John Hopfield discovered in 1982. The Hopfield network can store patterns and has a method for recreating them.“ (Popular information) [24]

[73] ♦ Umstritten: Die Boltzmann-Maschine von Geoffrey Hinton wird unterschiedlich datiert: Laut ACM erfand er sie 1983 mit Terrence Sejnowski, laut Nobelkomitee wurde die Methode 1985 veröffentlicht. Die ACM nennt sie eines der ersten neuronalen Netze, die innere Repräsentationen lernen konnten.

Grenze: Belegt sind beide Jahreszahlen; vermutlich meint die eine die Erfindung, die andere die Veröffentlichung.

Gegenprobe: Die Originalarbeiten sind nicht gesichert; deshalb bleibt die Differenz stehen.

Belege: „In 1983, with Terrence Sejnowski, Hinton invented Boltzmann Machines, one of the first neural networks capable of learning internal representations“ (Technical Accomplishments) [38] „the method was published in 1985 under the striking name of the Boltzmann machine.“ (Popular information) [24]

[74] ● Belegt (Sekundärquelle): Laut ACM zeigte Hinton 1986 mit David Rumelhart und Ronald Williams, dass Backpropagation neuronale Netze eigene innere Repräsentationen lernen lässt; das Verfahren ist heute Standard.

Grenze: Belegt ist die Arbeit von 1986; der Nature-Aufsatz desselben Jahres war nicht abrufbar.

Gegenprobe: Die Erfindung selbst hat mehrere Väter (c-073).

Belege: „In a 1986 paper, “Learning Internal Representations by Error Propagation,” co-authored with David Rumelhart and Ronald Williams, Hinton demonstrated that the backpropagation algorithm allowed neural nets to discover their own internal representations of data“ (Technical Accomplishments) [38] „The backpropagation algorithm is standard in most neural networks today.“ (Technical Accomplishments) [38] „The most widely used supervised algorithm is called backpropagation.“ (Abschnitt 2) [39]

[75] ● Belegt (Sekundärquelle): Für Backpropagation braucht man einen Trainingssatz aus vielen Beispielen mit Eingaben und gewünschten Ausgaben; diese Beispiele „überwachen“ das Training.

Grenze: Belegt ist die Lehrbuch-Erklärung.

Gegenprobe: Vereinfachung ohne Mathematik.

Belege: „To use this method, one needs a training set consisting of many examples of inputs and their desired outputs for a given task. This external set of examples “supervises” the training process.“ (Abschnitt 2) [39]

[76] ♦ Umstritten: Wem Backpropagation zuzuschreiben ist, ist nicht eindeutig: Die ACM würdigt Hinton's Arbeit von 1986, schreibt aber auch Yann LeCun eine frühe Version des Algorithmus zu.

Grenze: Belegt ist, dass selbst eine Quelle mehrere Beiträge nennt; ältere Vorläufer sind hier nicht gesichert.

Gegenprobe: Prioritätsstreit: Frühere Herleitungen anderer Forscher werden in den gesicherten Quellen nicht behandelt.

Belege: „the backpropagation algorithm allowed neural nets to discover their own internal representations of data“ (Hinton) [38] „LeCun proposed an early version of the backpropagation algorithm (backprop), and gave a clean derivation of it based on variational principles.“ (LeCun) [38]

[77] ● Belegt (Sekundärquelle): Künstliche „Neuronen“ ähneln echten nur lose; sie beeinflussen einander über gewichtete Verbindungen, und durch Ändern der Gewichte ändert sich, was das Netz berechnet.

Grenze: Belegt ist die Erklärung der ACM.

Gegenprobe: Vereinfachung.

Belege: „These “neurons,” which only loosely resemble the neurons in the human brain, influence one another via weighted connections. By changing the weights on the connections, it is possible to change the computation performed by the neural network.“ (Background) [38]

[78] ● Belegt (Sekundärquelle): Yann LeCun trainierte Ende der 1980er-Jahre als Erster ein Faltungsnetz auf Bildern handgeschriebener Ziffern.

Grenze: Belegt ist die Darstellung der ACM.

Gegenprobe: „Der Erste“ ist eine Laudatio-Formulierung; die Originalarbeit von 1989 lag nur als Bild-PDF ohne Text vor.

Belege: „In the late 1980s, while working at the University of Toronto and Bell Labs, LeCun was the first to train a convolutional neural network system on images of handwritten digits.“ (LeCun) [38]

[79] • Belegt (Primärquelle): LeCun und Kollegen beschrieben 1998 das Faltungsnetz LeNet-5 mit 60.000 trainierbaren Parametern; ein darauf aufbauendes System las kommerziell mehrere Millionen Schecks pro Tag.

Grenze: Belegt sind Parameterzahl und Einsatz laut Autoren.

Gegenprobe: Selbstangabe der Entwickler zum Einsatz.

Belege: „contains 340,908 connections, but only 60,000 trainable free parameters because of the weight sharing.“ (Abschnitt II.B) [40] „It is deployed commercially and reads several million checks per day.“ (Abstract) [40] „PROC. OF THE IEEE, NOVEMBER 1998“ (Kopfzeile) [40]

[80] • Belegt (Primärquelle): Sepp Hochreiter und Jürgen Schmidhuber stellten 1997 das Long Short-Term Memory (LSTM) vor, das Zeitabstände von mehr als 1000 Schritten überbrücken kann.

Grenze: Belegt sind Autoren, Jahr und Leistungsangabe.

Gegenprobe: Die Angabe gilt für die im Aufsatz getesteten Aufgaben.

Belege: „LONG SHORT-TERM MEMORY Neural Computation 9(8):1735-1780, 1997 Sepp Hochreiter“ (Kopf) [41] „LSTM can learn to bridge minimal time lags in excess of 1000 discrete time steps“ (Abstract) [41]

[81] ○ Belegt (Sekundärquelle): Laut ACM hielten LeCun, Hinton und Bengio Anfang der 2000er-Jahre als kleine Gruppe an neuronalen Netzen fest und stießen zunächst auf Skepsis.

Grenze: Belegt ist die Darstellung der ACM.

Gegenprobe: Heldenerzählung der Preisverleiherin; andere Beteiligte kommen darin kaum vor.

Belege: „by the early 2000s, LeCun, Hinton and Bengio were among a small group who remained committed to this approach. Though their efforts to rekindle the AI community's interest in neural networks were initially met with skepticism“ (Laudatio) [38]

[82] • Belegt (Primärquelle): Hinton, Osindero und Teh beschrieben 2006 einen schnellen Algorithmus, der tiefe Netze Schicht für Schicht lernt.

Grenze: Belegt ist das Verfahren.

Gegenprobe: Später setzte sich Training ohne dieses schichtweise Vortraining durch; die Methode war ein Zwischenschritt.

Belege: „that can learn deep, directed belief networks one layer at a time“ (Abstract) [42] „To appear in Neural Computation 2006“ (Fußnote S. 1) [42]

[83] • Belegt (Primärquelle): Auch probabilistische Methoden kehrten zurück: Judea Pearl erhielt 2011 den Turing Award für einen Kalkül probabilistischen und kausalen Schließens.

Grenze: Belegt sind Preis und Begründung sowie die SEP-Einordnung.

Gegenprobe: Die Verknüpfung beider Aussagen ist redaktionell.

Belege: „Judea Pearl United States – 2011 CITATION For fundamental contributions to artificial intelligence through the development of a calculus for probabilistic and causal reasoning.“ (Citation) [43] „Growth has also come from a return of probabilistic techniques that had withered by the mid-70s and 80s.“ (Abschnitt 5) [14]

[84] • Belegt (Primärquelle): Im Februar 1996 gewann IBMs Deep Blue in Philadelphia die erste Partie gegen Weltmeister Garri Kasparow; Kasparow gewann das Match mit 4:2.

Grenze: Belegt durch IBM und CHM.

Gegenprobe: IBM ist Partei.

Belege: „Deep Blue’s first major test occurred in February 1996, when it took on reigning champion Garry Kasparov in six games held in Philadelphia. Deep Blue won the first game“ (Challenging Garry Kasparov) [18] „But Kasparov recovered and won the match 4–2.“ (Challenging Garry Kasparov) [18] „Kasparov had defeated an earlier version of Deep Blue in 1996.“ (Eintrag 1997) [9]

[85] • Belegt (Primärquelle): Deep Blue bewertete mit 32 Prozessoren 200 Millionen Stellungen pro Sekunde und setzte laut IBM auf schiere Rechenkraft.

Grenze: Belegt durch IBM und CHM.

Gegenprobe: „Brute force“ unterschlägt die Schachkenntnisse in der Bewertungsfunktion, die IBM selbst erwähnt.

Belege: „Deep Blue derived its chess prowess through brute force computing power. It used 32 processors to perform a set of coordinated, high-speed computations in parallel. Deep Blue was able to evaluate 200 million chess positions per second“ (Einleitung) [18] „With the ability to evaluate 200 million positions per second“ (Eintrag 1997) [9]

[86] • Belegt (Primärquelle): Im Februar 2011 besiegte IBMs Watson in der Quizshow „Jeopardy!“ die Rekordchampions Brad Rutter und Ken Jennings.

Grenze: Belegt durch IBM und CHM.

Gegenprobe: IBM ist Partei; das CHM führt den Eintrag unter 2010 (Vorbereitungsspiele).

Belege: „In a televised Jeopardy! contest viewed by millions in February 2011, IBM’s Watson DeepQA computer made history by defeating the TV quiz show’s two foremost all-time champions, Brad Rutter and Ken Jennings.“ (Einleitung) [44] „Watson handily defeated two of the all-time best Jeopardy! players, Ken Jennings and Brad Rutter“ (Eintrag 2010) [9]

[87] • Belegt (Primärquelle): Watson bestand aus 90 Servern mit zusammen 2880 Prozessorkernen, antwortete ohne Internetverbindung und gewann 77.147 Dollar.

Grenze: Belegt ist die Selbstdarstellung von IBM.

Gegenprobe: Einzelquelle des Herstellers.

Belege: „The original Watson was a room-size computer consisting of 10 racks holding 90 servers, with a total of 2,880 processor cores.“ (Teaching Watson) [44] „without being connected to the internet.“ (Einleitung) [44] „Watson won USD 77,147, which was donated to various charities“ (Watson wins) [44]

[88] • Belegt (Primärquelle): Go gilt als besonders schwer: DeepMind nennt 10 hoch 170 mögliche Brettstellungen.

Grenze: Belegt ist die Angabe von DeepMind.

Gegenprobe: Größenordnungsangabe ohne Herleitung auf der Seite.

Belege: „with an astonishing 10 to the power of 170 possible board configurations.“ (The challenge) [45]

[89] • Belegt (Primärquelle): Im Oktober 2015 schlug AlphaGo den Europameister Fan Hui mit 5:0 – als erstes Programm, das einen Go-Profi auf dem vollen Brett besiegte; das hatte man erst in einem Jahrzehnt erwartet.

Grenze: Belegt durch Fachaufsatz und Unternehmensseite.

Gegenprobe: Beide Quellen stammen von DeepMind.

Belege: „defeated the human European Go champion by 5 games to 0. This is the first time that a computer program has defeated a human professional player in the full-sized game of Go, a feat previously thought to be at least a decade away.“ (Abstract) [46] „In October 2015, AlphaGo played its first game against the reigning three-time European Champion, Fan Hui.“ (The matches) [45]

[90] • Belegt (Primärquelle): Im März 2016 gewann AlphaGo in Seoul mit 4:1 gegen Lee Sedol; laut DeepMind sahen über 200 Millionen Menschen zu.

Grenze: Belegt ist das Ergebnis; die Zuschauerzahl ist eine Selbstangabe.

Gegenprobe: Unternehmensquelle; unabhängige Zuschauerzählung fehlt.

Belege: „AlphaGo's 4-1 victory in Seoul, South Korea, in March 2016 was watched by over 200 million people worldwide.“ (The matches) [45]

[91] • Belegt (Primärquelle): AlphaGo kombinierte tiefe neuronale Netze – ein „Policy“-Netz für Züge, ein „Value“-Netz für die Stellungsbewertung – mit Suche; es lernte zuerst aus menschlichen Partien, dann durch Spiel gegen sich selbst.

Grenze: Belegt ist die Architektur laut Entwicklern.

Gegenprobe: Keine unabhängige Nachprüfung im Dossier.

Belege: „a new search algorithm that combines Monte Carlo simulation with value and policy networks.“ (Abstract) [46] „Initially, we introduced AlphaGo to thousands of expert games of Go so the system could learn how humans play the game. Then we instructed AlphaGo to play against different versions of itself thousands of times“ (Our approach) [45]

[92] • Belegt (Primärquelle): Jia Deng, Li Fei-Fei und Kollegen aus Princeton stellten 2009 ImageNet vor: damals 3,2 Millionen Bilder in 5247 Kategorien.

Grenze: Belegt sind Umfang und Autoren; das Jahr stützt sich auf die Zitierung im ILSVRC-Aufsatz.

Gegenprobe: „Kategorien“ meint hier WordNet-Synsets.

Belege: „Jia Deng, Wei Dong, Richard Socher, Li-Jia Li, Kai Li and Li Fei-Fei Dept. of Computer Science, Princeton University“ (Kopf) [47] „12 subtrees with 5247 synsets and 3.2 million images in total.“ (Abstract) [47] „Deng et al., 2009“ (Abschnitt 3) [48]

[93] • Belegt (Primärquelle): ILSVRC 2010: Das Siegerteam NEC erreichte einen Top-5-Klassifikationsfehler von 28,2 Prozent.

Grenze: Belegt ist der Tabellenwert (Spalte CLS).

Gegenprobe: Tabellenwerte aus einem umbrochenen Layout; Spaltenzuordnung aus dem Tabellenkopf.

Belege: „NEC 28.2 NEC Labs America†, University of Illinois at Urbana- Champaign‡“ (Tabelle ILSVRC 2010) [48]

[94] • Belegt (Primärquelle): ILSVRC 2011: Das Siegerteam XRCE erreichte 25,8 Prozent Top-5-Fehler.

Grenze: Belegt ist der Tabellenwert (Spalte CLS).

Gegenprobe: Wie c-091.

Belege: „XRCE 25.8 56.5 Xerox Research Centre Europe†, CIII‡“ (Tabelle ILSVRC 2011) [48]

[95] • Belegt (Primärquelle): ILSVRC 2012: Das Team SuperVision (Krizhevsky, Sutskever, Hinton) erreichte 16,4 Prozent Top-5-Fehler, mit zusätzlichen Trainingsdaten 15,3 Prozent; der Zweite lag bei 26,2 Prozent.

Grenze: Belegt sind beide Werte; welcher gilt, hängt davon ab, ob Zusatzdaten zählen.

Gegenprobe: Viele Darstellungen nennen nur 15,3 Prozent; für die Zeitreihe nutzt das Dossier den Wert ohne Zusatzdaten.

Belege: „SuperVision 16.4 34.2 University of Toronto Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey Hinton“ (Tabelle ILSVRC 2012) [48] „also submitted entries trained with the extra data from the ImageNet Fall 2011 release, and obtained 15.3% classification error“ (Tabelle 7, Anmerkung) [48] „achieved a winning top-5 test error rate of 15.3%, compared to 26.2% achieved by the second-best entry.“ (Abstract) [49]

[96] ○ Belegt (Sekundärquelle): Laut ACM halbierten Hinton und seine Studenten 2012 im ImageNet-Wettbewerb fast die Fehlerrate; Grafikprozessoren und riesige Datensätze trieben den Fortschritt.

Grenze: Belegt ist die Wertung; „fast halbiert“ passt zu 15,3 gegenüber 26,2 Prozent (c-093).

Gegenprobe: Laudatio.

Belege: „In the prominent ImageNet competition, Hinton and his students almost halved the error rate for object recognition and reshaped the computer vision field.“ (Hinton) [38] „significantly advanced by the prevalence of powerful graphics processing unit (GPU) computers, as well as access to massive datasets.“ (Laudatio) [38]

[97] • Belegt (Primärquelle): AlexNet, 2012 im ILSVRC-Wettbewerb eingereicht, hatte 60 Millionen Parameter und 650.000 Neuronen in fünf Faltungsschichten und drei vollständig verbundenen Schichten; das Training dauerte fünf bis sechs Tage auf zwei GTX-580-Grafikkarten.

Grenze: Belegt sind die Angaben der Autoren.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „The neural network, which has 60 million parameters and 650,000 neurons, consists of five convolutional layers“ (Abstract) [49] „Our network takes between five and six days to train on two GTX 580 3GB GPUs.“ (Abschnitt 1) [49] „We also entered our model in the ILSVRC-2012 com-“ (Abschnitt 1) [49]

[98] • Belegt (Primärquelle): ILSVRC 2013: Das Siegerteam Clarifai erreichte 11,7 Prozent Top-5-Fehler.

Grenze: Belegt ist der Tabellenwert.

Gegenprobe: Wie c-091.

Belege: „Clarifai 11.7 - - Clarifai Matthew Zeiler“ (Tabelle ILSVRC 2013) [48]

[99] • Belegt (Primärquelle): ILSVRC 2014: GoogLeNet siegte mit 6,7 Prozent Top-5-Fehler.

Grenze: Belegt durch Tabelle und Fließtext.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „GoogLeNet 6.7 - 26.4 - - 43.9 Google Christian Szegedy“ (Tabelle ILSVRC 2014) [48] „recall that the error on full test set of 100,000 images is 6.7%“ (Abschnitt 6.4) [48]

[100] • Belegt (Primärquelle): ILSVRC 2015: Ein Ensemble residualer Netze mit bis zu 152 Schichten (ResNet) erreichte 3,57 Prozent Fehler und siegte.

Grenze: Belegt ist die Angabe der Autoren.

Gegenprobe: Selbstangabe der Gewinner; der Wettbewerbsbericht zu 2015 ist nicht gesichert.

Belege: „An ensemble of these residual nets achieves 3.57% error on the ImageNet test set. This result won the 1st place on the ILSVRC 2015 classification task.“ (Abstract) [50] „we evaluate residual nets with a depth of up to 152 layers“ (Abstract) [50]

[101] • Belegt (Primärquelle): Ein geschulter menschlicher Annotator kam in einer Stichprobe von 1500 Bildern auf geschätzt 5,1 Prozent Top-5-Fehler.

Grenze: Belegt ist ein Schätzwert für eine Person; ein zweiter Annotator lag deutlich höher.

Gegenprobe: „Menschliches Niveau“ ist damit kein fester Wert.

Belege: „The human error was estimated to be 5.1%.“ (Abschnitt 6.4) [48] „annotator A1 evaluated a total of 1500 test set images.“ (Abschnitt 6.4) [48]

[102] ○ Belegt (Sekundärquelle): Der Begriff „Deep Learning“ bezieht sich auf tiefe Netze aus vielen Schichten.

Grenze: Belegt ist die Begriffserklärung.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „Hinton, LeCun and Bengio recognized the importance of building deep networks using many layers—hence the term “deep learning.”“ (Background) [38]

[103] • Belegt (Primärquelle): Der Trainings-Rechenaufwand verdoppelte sich vor 2010 etwa alle 20 Monate, seit Anfang der 2010er-Jahre etwa alle 6 Monate (Studie von Sevilla u. a., 2022).

Grenze: Belegt sind die Trendschätzungen der Studie.

Gegenprobe: Schätzung auf Basis ausgewählter Modelle; andere Stichproben ergeben andere Werte.

Belege: „We show that before 2010 training compute grew in line with Moore’s law, doubling roughly every 20 months. Since the advent of Deep Learning in the early 2010s, the scaling of training compute has accelerated, doubling approximately every 6 months.“ (Abstract) [51] „arXiv:2202.05924v2 [cs.LG] 9 Mar 2022“ (Randvermerk) [51]

[104] • Belegt (Primärquelle): Richard Sutton schrieb 2019 in „The Bitter Lesson“, die wichtigste Lehre aus 70 Jahren KI-Forschung sei, dass allgemeine, rechenintensive Methoden am Ende am wirksamsten seien.

Grenze: Belegt ist Suttons Position; sie ist eine Meinung, keine Messung.

Gegenprobe: Kritiker verweisen auf Datenbedarf, Kosten und Grenzen reiner Skalierung.

Belege: „Rich Sutton March 13, 2019 The biggest lesson that can be read from 70 years of AI research is that general methods that leverage computation are ultimately the most effective, and by a large margin.“ (Anfang) [52]

[105] • Belegt (Primärquelle): Ian Goodfellow und Kollegen stellten 2014 Generative Adversarial Networks (GANs) vor: Ein Generator erzeugt Daten, ein Diskriminator schätzt, ob ein Beispiel echt oder erzeugt ist.

Grenze: Belegt sind Prinzip und Datum der Vorveröffentlichung.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „a generative model G that captures the data distribution, and a discriminative model D that estimates the probability that a sample came from the training data rather than G .“ (Abstract) [53] „arXiv:1406.2661v1 [stat.ML] 10 Jun 2014“ (Randvermerk) [53]

[106] • Belegt (Primärquelle): Sohl-Dickstein und Kollegen beschrieben 2015 die Idee der Diffusionsmodelle: Struktur in Daten schrittweise zerstören und einen umgekehrten Prozess lernen, der sie wiederherstellt.

Grenze: Belegt ist die Grundidee.

Gegenprobe: Praktisch durchgesetzt hat sich das Verfahren erst ab 2020 (c-112).

Belege: „systematically and slowly destroy structure in a data distribution through an iterative forward diffusion process. We then learn a reverse diffusion process that restores structure in data“ (Abstract) [54] „arXiv:1503.03585v8 [cs.LG] 18 Nov 2015“ (Randvermerk) [54]

[107] • Belegt (Primärquelle): Forschende von Google stellten 2017 den Transformer vor, eine Architektur, die allein auf Aufmerksamkeitsmechanismen beruht und auf Rekurrenz und Faltung verzichtet.

Grenze: Belegt sind Architektur und Jahr.

Gegenprobe: Aufmerksamkeitsmechanismen gab es schon vorher; neu war der Verzicht auf Rekurrenz.

Belege: „We propose a new simple network architecture, the Transformer, based solely on attention mechanisms, dispensing with recurrence and convolutions entirely.“ (Abstract) [55] „31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA.“ (Fußzeile) [55]

[108] • Belegt (Primärquelle): Der Transformer (2017) erreichte bei Englisch-Französisch einen BLEU-Wert von 41,8 nach 3,5 Tagen Training auf acht GPUs; die große Variante hatte 213 Millionen Parameter.

Grenze: Belegt sind die Angaben; die Parameterzahl steht in einer Tabelle ohne Einheit im Zitat (Kopf: $\times 10^6$).

Gegenprobe: BLEU misst Übereinstimmung mit Referenzübersetzungen, nicht Qualität an sich.

Belege: „our model establishes a new single-model state-of-the-art BLEU score of 41.8 after training for 3.5 days on eight GPUs“ (Abstract) [55] „big 6 1024 4096 16 0.3 300K 4.33 26.4 213“ (Tabelle 3, Spalte params $\times 10^6$) [55] „31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA.“ (Fußzeile) [55]

[109] • Belegt (Primärquelle): OpenAI zeigte 2018 mit GPT, dass generatives Vortraining eines Sprachmodells auf unbeschriftetem Text und anschließendes Feintuning große Gewinne bringt.

Grenze: Belegt sind Methode und Jahr (über die Zitierung bei BERT).

Gegenprobe: Das gesicherte PDF trägt kein Datum.

Belege: „large gains on these tasks can be realized by generative pre-training of a language model on a diverse corpus of unlabeled text, followed by discriminative fine-tuning on each specific task.“ (Abstract) [56] „Radford et al., 2018; Howard and Ruder, 2018“ (Einleitung) [57]

[110] • Belegt (Primärquelle): Google stellte 2018 BERT vor; die Basisversion hatte 110 Millionen, die große Version 340 Millionen Parameter.

Grenze: Belegt sind die Größen.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „BERTBASE (L=12, H=768, A=12, Total Parameters=110M) and BERTLARGE (L=24, H=1024, A=16, Total Parameters=340M). BERTBASE was chosen to have the same model size as OpenAI GPT“ (Abschnitt 3) [57] „(Radford et al., 2018) (Devlin et al., 2018)“ (Abschnitt 1) [58]

[111] • Belegt (Primärquelle): Sprachmodelle verarbeiten Text in Tokens; GPT-2 nutzte dafür Byte Pair Encoding, einen Mittelweg zwischen Zeichen und Wörtern.

Grenze: Belegt ist das Verfahren für GPT-2.

Gegenprobe: Andere Modelle nutzen andere Tokenisierer.

Belege: „Byte Pair Encoding (BPE) (Sennrich et al., 2015) is a practical middle ground between character and word level language modeling“ (Abschnitt 2.2) [58] „(batch size in tokens and learning rate)“ (Abschnitt 2.1) [59]

[112] • Belegt (Primärquelle): OpenAIs GPT-2 (2019) hatte in der größten Version 1,5 Milliarden Parameter.

Grenze: Belegt ist die Größe; das Jahr stützt sich auf die Zitierung im GPT-3-Aufsatz.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „Our largest model, GPT-2, is a 1.5B parameter Transformer“ (Abstract) [58] „Language models are unsupervised multitask learners, 2019.“ (Literatur) [59]

[113] • Belegt (Primärquelle): GPT-3 (2020) hatte 175 Milliarden Parameter, zehnmal mehr als jedes frühere nicht spärliche Sprachmodell, und wurde mit 300 Milliarden Tokens trainiert.

Grenze: Belegt sind Größe und Datenmenge.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „we train GPT-3, an autoregressive language model with 175 billion parameters, 10x more than any previous non-sparse language model“ (Abstract) [59] „All models were trained for a total of 300 billion tokens.“ (Abschnitt 2.2) [59] „arXiv:2005.14165v4 [cs.CL] 22 Jul 2020“ (Randvermerk) [59]

[114] • Belegt (Primärquelle): Google trainierte 2022 PaLM mit 540 Milliarden Parametern auf 6144 TPU-v4-Chips.

Grenze: Belegt sind die Angaben.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „we trained a 540-billion parameter, densely activated, Transformer language model, which we call Pathways Language Model (PaLM). We trained PaLM on 6144 TPU v4 chips“ (Abstract) [60] „arXiv:2204.02311v5 [cs.CL] 5 Oct 2022“ (Randvermerk) [60]

[115] • Belegt (Primärquelle): Kaplan und Kollegen berichteten 2020, dass der Fehler von Sprachmodellen einem Potenzgesetz in Modellgröße, Datenmenge und Rechenaufwand folgt – über mehr als sieben Größenordnungen.

Grenze: Belegt ist der empirische Befund im untersuchten Bereich.

Gegenprobe: Ob die Trends weiter gelten, ist offen; spätere Arbeiten korrigierten die optimale Verteilung.

Belege: „The loss scales as a power-law with model size, dataset size, and the amount of compute used for training, with some trends spanning more than seven orders of magnitude.“ (Abstract) [61] „arXiv:2001.08361v1 [cs.LG] 23 Jan 2020“ (Randvermerk) [61]

[116] • Belegt (Primärquelle): Ho, Jain und Abbeel zeigten 2020 hochwertige Bildsynthese mit Diffusionsmodellen (DDPM).

Grenze: Belegt ist der Befund der Autoren.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „We present high quality image synthesis results using diffusion probabilistic models“ (Abstract) [62] „arXiv:2006.11239v2 [cs.LG] 16 Dec 2020“ (Randvermerk) [62]

[117] • Belegt (Primärquelle): Latent-Diffusion-Modelle verlegten das Verfahren in einen komprimierten „latenten Raum“, um mit begrenzter Rechenleistung zu trainieren; die überarbeitete Fassung erschien 2022.

Grenze: Belegt ist das Verfahren; die Verbindung zu bekannten Produkten steht nicht im Zitat.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „To enable DM training on limited computational resources while retaining their quality and flexibility, we apply them in the latent space of powerful pretrained“ (Abstract) [63] „arXiv:2112.10752v2 [cs.CV] 13 Apr 2022“ (Randvermerk) [63]

[118] • Belegt (Primärquelle): OpenAI stellte am 30. November 2022 ChatGPT vor, ein Modell für Dialoge, trainiert mit Verstärkungslernen aus menschlichem Feedback (RLHF).

Grenze: Belegt sind Datum und Methode.

Gegenprobe: Unternehmensquelle.

Belege: „November 30, 2022 Product Introducing ChatGPT“ (Kopf) [64] „We’ve trained a model called ChatGPT which interacts in a conversational way.“ (Einleitung) [64] „We trained this model using Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF), using the same methods as InstructGPT“ (Methods) [64]

[119] • Belegt (Primärquelle): OpenAI räumte zum Start ein, ChatGPT schreibe manchmal plausibel klingende, aber falsche oder unsinnige Antworten.

Grenze: Belegt ist die Selbstauskunft.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „ChatGPT sometimes writes plausible-sounding but incorrect or nonsensical answers.“ (Limitations) [64]

[120] ○ Offen: Laut Analysten erreichte ChatGPT zwei Monate nach dem Start 100 Millionen Nutzer; die Zahl beruht auf Schätzungen der Datenfirma Similarweb.

Grenze: Belegt ist die Analystenschätzung; eine offizielle Nutzerzahl von OpenAI für diesen Zeitpunkt ist nicht gesichert.

Gegenprobe: „Unique visitors“ sind keine registrierten Nutzer.

Belege: „ChatGPT, the popular artificial intelligence chatbot, has reached 100 million users just two months after launching, according to analysts.“ (Anfang) [65] „It had about 590m visits in January from 100 million unique visitors, according to analysis by data firm Similarweb.“ (Artikel) [65]

[121] • Belegt (Primärquelle): Der Technische Bericht zu GPT-4 (2023) enthält ausdrücklich keine Angaben zu Architektur, Modellgröße, Hardware, Rechenaufwand und Trainingsdaten.

Grenze: Belegt ist die Verweigerung der Angaben; kursierende Parameterzahlen sind unbelegt.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „this report contains no further details about the architecture (including model size), hardware, training compute, dataset construction, training method, or similar.“ (Abschnitt 2) [66]

[122] ○ Belegt (Sekundärquelle): Der Philosoph John Searle (1932–2025) veröffentlichte 1980 das Gedankenexperiment vom Chinesischen Zimmer: Wer nur Symbole nach Regeln verarbeitet, versteht deshalb noch kein Chinesisch.
Grenze: Belegt durch SEP und Britannica (Lebensdaten); der Originalaufsatz ist nicht gesichert.

Gegenprobe: Das Argument ist bis heute umstritten; die SEP stellt zahlreiche Einwände dar.

Belege: „was first published in a 1980 article by American philosopher John Searle (1932–2025).“ (Einleitung) [67] „Searle understands nothing of Chinese, and yet, by following the program for manipulating symbols and numerals just as a computer does, he sends appropriate strings of Chinese characters back out under the door“ (Einleitung) [67] „John Searle (born July 31, 1932, Denver, Colorado, U.S.—died September 17, 2025)“ (Einleitung) [68]

[123] • Belegt (Primärquelle): Die ACM verlieh den Turing Award 2018 an Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton und Yann LeCun für Durchbrüche, die tiefe neuronale Netze zu einem zentralen Teil der Informatik gemacht haben.

Grenze: Belegt ist die Begründung.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „ACM named Yoshua Bengio , Geoffrey Hinton , and Yann LeCun recipients of the 2018 ACM A.M. Turing Award for conceptual and engineering breakthroughs that have made deep neural networks a critical component of computing.“ (Einleitung) [38]

[124] • Belegt (Primärquelle): Am 8. Oktober 2024 erhielten John Hopfield und Geoffrey Hinton den Physik-Nobelpreis für grundlegende Entdeckungen, die maschinelles Lernen mit künstlichen neuronalen Netzen ermöglichen.

Grenze: Belegt ist die Vergabe.

Gegenprobe: Die Zuordnung zur Physik wurde öffentlich diskutiert; diese Debatte ist hier nicht belegt.

Belege: „8 October 2024“ (Pressemitteilung, Kopf) [69] „The Royal Swedish Academy of Sciences has decided to award the Nobel Prize in Physics 2024 to John J. Hopfield Princeton University, NJ, USA Geoffrey Hinton University of Toronto, Canada “for foundational discoveries and inventions that enable machine learning with artificial neural networks”“ (Pressemitteilung) [69]

[125] • Belegt (Primärquelle): Am 9. Oktober 2024 ging eine Hälfte des Chemie-Nobelpreises an Demis Hassabis und John Jumper (Google DeepMind) für Proteinstrukturvorhersage; ihr 2020 vorgestelltes KI-Modell AlphaFold2 sagte die Struktur von praktisch allen 200 Millionen bekannten Proteinen voraus.

Grenze: Belegt ist die Vergabe; „vorhergesagt“ heißt nicht experimentell bestätigt.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „9 October 2024“ (Pressemitteilung) [70] „the other half jointly to Demis Hassabis Google DeepMind, London, UK John Jumper Google DeepMind, London, UK “for protein structure prediction”“ (Pressemitteilung) [70] „In 2020, Demis Hassabis and John Jumper presented an AI model called AlphaFold2. With its help, they have been able to predict the structure of virtually all the 200 million proteins that researchers have identified.“ (Pressemitteilung) [70]

[126] • Belegt (Primärquelle): In einem offenen Brief des Future of Life Institute vom 22. März 2023 forderten Unterzeichner eine Pause von mindestens 6 Monaten beim Training von Systemen, die stärker als GPT-4 sind.

Grenze: Belegt ist die Forderung; eine solche Pause fand nicht nachweislich statt.

Gegenprobe: Unterzeichnerlisten offener Briefe sind schwer zu prüfen.

Belege: „We call on all AI labs to immediately pause for at least 6 months the training of AI systems more powerful than GPT-4.“ (Brieftext) [71] „Published 22 March, 2023“ (Kopf) [71]

[127] • Belegt (Primärquelle): Auf dem AI Safety Summit in Bletchley Park (1.–2. November 2023) unterzeichneten Staaten eine Erklärung, die vor ernsthaftem, sogar katastrophalem Schaden durch fortgeschrittene KI warnt.

Grenze: Belegt ist der Wortlaut; verbindliche Pflichten enthält die Erklärung nicht.

Gegenprobe: Absichtserklärung ohne Durchsetzungsmechanismus.

Belege: „The Bletchley Declaration by Countries Attending the AI Safety Summit, 1-2 November 2023“ (Titel) [72] „There is potential for serious, even catastrophic, harm“ (Erklärung) [72]

[128] • Belegt (Primärquelle): Die EU-Kommission schlug den AI Act im April 2021 vor; Parlament und Rat einigten sich im Dezember 2023; am 1. August 2024 trat er in Kraft.
Grenze: Belegt durch zwei Kommissionsseiten; der Amtsblatttext war nicht abrufbar.

Gegenprobe: Beide Quellen stammen von der Kommission.

Belege: „On 1 August 2024, the European Artificial Intelligence Act (AI Act) enters into force.“ (Pressemitteilung) [73] „Proposed by the Commission in April 2021 and agreed by the European Parliament and the Council in December 2023“ (Pressemitteilung) [73] „The AI Act entered into force on 1 August 2024“ (Policy-Seite) [74]

[129] • Belegt (Primärquelle): Der AI Act ordnet KI-Systeme nach vier Risikostufen; Systeme mit unannehmbarem Risiko wie „Social Scoring“ sind verboten, die meisten Systeme mit minimalem Risiko haben keine Pflichten.

Grenze: Belegt ist die Struktur laut Kommission.

Gegenprobe: Vereinfachte Darstellung der Kommission.

Belege: „The AI Act defines 4 levels of risk for AI systems“ (Policy-Seite) [74] „Unacceptable risk: for example, AI systems that allow “social scoring” by governments or companies are considered a clear threat to people's fundamental rights and are therefore banned.“ (Pressemitteilung) [73] „Minimal risk: most AI systems such as spam filters and AI-enabled video games face no obligation under the AI Act“ (Pressemitteilung) [73]

[130] • Belegt (Primärquelle): Verbote und Pflichten zur KI-Kompetenz gelten seit dem 2. Februar 2025, Regeln für Allzweck-KI-Modelle seit dem 2. August 2025; der Großteil wurde am 2. August 2026 anwendbar.

Grenze: Belegt ist der Zeitplan laut Kommissionsseite (Abruf September 2026).

Gegenprobe: Der Zeitplan wurde mehrfach angepasst (c-128).

Belege: „prohibited AI practices and AI literacy obligations entered into application from 2 February 2025“ (Policy-Seite) [74] „the governance rules and the obligations for GPAI models became applicable on 2 August 2025“ (Policy-Seite) [74] „became applicable on 2 August 2026, with some exceptions:“ (Policy-Seite) [74]

[131] • Belegt (Primärquelle): Nach dem Vorschlag eines „digitalen Omnibus“ vom 19. November 2025 und einer politischen Einigung am 7. Mai 2026 wurden Fristen für Hochrisiko-Systeme verschoben: auf den 2. Dezember 2027 (sensible Einsatzbereiche) und den 2. August 2028 (regulierte Produkte).

Grenze: Belegt ist der Stand laut Kommission im September 2026; der formale Abschluss des Verfahrens ist hier nicht geprüft.

Gegenprobe: Einzelquelle zu einem laufenden Vorgang.

Belege: „was adopted on 19 November 2025, a political agreement was reached on 7 May 2026“ (Policy-Seite) [74] „the rules for high-risk AI systems embedded into regulated products (Annex I) have an extended transition period until 2 August 2028 and the rules for high-risk use cases in certain sensitive areas (Annex III) have been extended to 2 December 2027“ (Policy-Seite) [74]

[132] ○ Belegt (Sekundärquelle): Die Encyclopædia Britannica definiert KI als Fähigkeit eines Computers oder computergesteuerten Roboters, Aufgaben zu erfüllen, die man gewöhnlich intelligenten Wesen zuschreibt.

Grenze: Belegt ist eine verbreitete Definition; eine allgemein anerkannte gibt es nicht.

Gegenprobe: Die SEP diskutiert konkurrierende Definitionen.

Belege: „the ability of a digital computer or computer-controlled robot to perform tasks commonly associated with intelligent beings,” which is the definition of artificial intelligence in the Encyclopædia Britannica article on the subject.“ (Artikel) [75]

[133] ✧ Legende / Mythos: Legende: Das bekannte Zitat „Künstliche Intelligenz ist alles, was noch nicht gemacht wurde“ lautet laut Larry Tesler eigentlich: „Intelligenz ist das, was Maschinen noch nicht gemacht haben.“

Grenze: Belegt ist Teslers eigene Richtigstellung; ein zeitgenössischer Beleg fehlt.

Gegenprobe: Selbstauskunft Jahrzehnte später.

Belege: „As commonly quoted: “Artificial Intelligence is whatever hasn't been done yet”. What I actually said was: “Intelligence is whatever machines haven't done yet”.“ (Tesler's Theorem) [76]

[134] • Belegt (Primärquelle): Allen Newell (19. März 1927 – 19. Juli 1992) und Herbert Simon (15. Juni 1916 – 9. Februar 2001) erhielten 1975 gemeinsam den Turing Award; ihre frühen Arbeiten entstanden mit J. C. Shaw bei RAND, darunter der Logic Theorist.
Grenze: Belegt durch die ACM.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „BIRTH: March 19, 1927, San Francisco, CA. DEATH: July 19, 1992, Pittsburgh, Pennsylvania.“ (Kopf) [77] „BIRTH: June 15, 1916, Milwaukee, Wisconsin, US. DEATH: February 9, 2001, Pittsburgh, Pennsylvania, US.“ (Kopf) [78] „In joint scientific efforts extending over twenty years, initially in collaboration with J. C. Shaw at the RAND Corporation“ (Citation) [77] „(especially the Logic Theorist and General Problem Solver , also developed with Simon and Shaw)“ (Biografie) [77]

[135] • Belegt (Primärquelle): Marvin Minsky wurde am 9. August 1927 in New York geboren und starb am 24. Januar 2016 in Boston; 1969 erhielt er den Turing Award für seine zentrale Rolle beim Aufbau des Fachs KI.

Grenze: Belegt durch die ACM.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „BIRTH: New York City, August 9, 1927 DEATH: Boston, January 24, 2016“ (Kopf) [23] „Marvin Minsky United States – 1969 CITATION For his central role in creating, shaping, promoting, and advancing the field of Artificial Intelligence.“ (Citation) [23]

[136] • Belegt (Primärquelle): John McCarthy wurde am 4. September 1927 in Boston geboren und starb am 24. Oktober 2011 in Stanford; den Turing Award erhielt er 1971.

Grenze: Belegt durch die ACM.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „BIRTH: 4 September 1927, Boston, Massachusetts DEATH: 24 October 2011, Stanford, California“ (Kopf) [15] „John McCarthy United States – 1971“ (Citation) [15]

[137] • Belegt (Primärquelle): Edward Feigenbaum wurde am 20. Januar 1936 in Weehawken (New Jersey) geboren; Judea Pearl am 4. September 1936 in Tel Aviv.

Grenze: Belegt durch die ACM.

Gegenprobe: Keine.

Belege: „BIRTH: January 20, 1936, Weehawken, New Jersey.“ (Kopf) [34] „BIRTH: September 4, 1936, Tel Aviv.“ (Kopf) [43]

Zeitleiste

Datum	Ereignis	Belege
1842	Abhandlung über die Analytical Engine In Genf erscheint Menabreas Abhandlung über Babbages Analytical Engine; Ada Lovelace übersetzt und kommentiert sie.	[3]
28. Mai 1936	Turings „On Computable Numbers“ Turings Aufsatz geht ein; er zeigt, dass Hilberts Entscheidungsproblem keine Lösung haben kann.	[8][9]
1943	Das logische Neuron McCulloch und Pitts beschreiben neuronale Vorgänge mit Aussagenlogik.	[13][14]
1950	Das Imitationsspiel Turing ersetzt die Frage „Can machines think?“ durch ein Imitationsspiel.	[16][18]
um 1955	Beginn am Logic Theorist Laut Computer History Museum beginnen Newell, Simon und Shaw 1955 mit dem Logic Theorist.	[33]
31. August 1955	Der Dartmouth-Antrag McCarthy, Minsky, Rochester und Shannon datieren ihren Antrag für ein Sommerprojekt über künstliche Intelligenz.	[25][31]
1956	Sommerkonferenz in Dartmouth Laut SEP beginnt das Fach 1956 offiziell mit der Konferenz am Dartmouth College.	[26][29]
1956	Die Logic Theory Machine Newell und Simon beschreiben bei RAND ein Programm, das logische Beweise mit Heuristiken sucht.	[32]
14. November 1957	Die Schach-Prognose Simon und Newell sagen voraus, in zehn Jahren werde ein Computer Schachweltmeister.	[34]
1958	Das Perzeptron Frank Rosenblatt veröffentlicht „The Perceptron“ in der Psychological Review.	[41]
1958	LISP laut CHM erfunden Das Computer History Museum datiert die Erfindung von LISP durch	[37]

Datum	Ereignis	Belege
	McCarthy auf 1958.	
1959	Samuels lernendes Dame-Programm Arthur Samuel zeigt, dass ein Programm besser Dame spielen lernt als sein Programmierer.	[38]
April 1960	LISP-Aufsatz McCarthy beschreibt LISP, entwickelt für die IBM 704.	[36]
April 1964	ALPAC eingesetzt Der Ausschuss ALPAC wird unter Vorsitz von John R. Pierce eingesetzt.	[50]
um 1965	DENDRAL Das Computer History Museum führt DENDRAL unter 1965 als erstes Expertensystem.	[62]
1966	ELIZA Joseph Weizenbaum stellt das Gesprächsprogramm ELIZA vor.	[39]
November 1966	ALPAC-Bericht Der Bericht sieht keine absehbare Aussicht auf brauchbare maschinelle Übersetzung.	[50][51]
1969	„Perceptrons“ Minsky und Papert zeigen die Grenzen einfacher Perzeptrons.	[43][44]
Juli 1972	Lighthill-Bericht verfasst Sir James Lighthill schreibt für den Science Research Council eine Bilanz der KI-Forschung.	[54]
1973	Lighthill-Bericht veröffentlicht Der Bericht erscheint Anfang 1973 zusammen mit Gegenstimmen.	[55]
1975	Turing Award für Newell und Simon Allen Newell und Herbert Simon erhalten gemeinsam den Turing Award.	[134]
1980	R1/XCON bei DEC Das Expertensystem R1 konfiguriert mit 772 Regeln VAX-Rechner.	[67]
1980	Das Chinesische Zimmer John Searle veröffentlicht sein Gedankenexperiment gegen Verstehen durch bloße Symbolverarbeitung.	[122]
1982	Das Hopfield-Netz John Hopfield beschreibt ein Netz, das Muster speichert und wiederherstellt.	[72]

Datum	Ereignis	Belege
1982	Projekt der fünften Generation Japans MITI startet das Projekt „Computer der fünften Generation“.	[69]
1983	Boltzmann-Maschine (laut ACM) Laut ACM erfinden Hinton und Sejnowski 1983 die Boltzmann-Maschine; das Nobelkomitee nennt 1985.	[73]
1984	„AI Winter“ als Warnung Auf der AAAI-Konferenz 1984 warnt ein Podium vor einem „AI Winter“.	[60]
1984	Das MYCIN-Buch Buchanan und Shortliffe veröffentlichen „Rule-Based Expert Systems“.	[66]
1986	Backpropagation Hinton, Rumelhart und Williams zeigen, dass Netze mit Backpropagation innere Repräsentationen lernen.	[74]
1992	Ende der fünften Generation Japans Projekt endet nach rund 54 Milliarden Yen und 11 Jahren.	[71]
1994	Turing Award für Feigenbaum Feigenbaum erhält mit Raj Reddy den Turing Award.	[68]
Februar 1996	Kasparow schlägt Deep Blue Kasparow gewinnt in Philadelphia mit 4:2, verliert aber die erste Partie.	[84]
1997	LSTM Hochreiter und Schmidhuber stellen das Long Short-Term Memory vor.	[80]
11. Mai 1997	Deep Blue siegt Deep Blue besiegt Kasparow mit 3,5:2,5.	[35]
1998	LeNet-5 LeCun und Kollegen beschreiben ein Faltungsnetz mit 60.000 Parametern, das Schecks liest.	[79]
2002	Babbages Maschine nachgebaut Das Computer History Museum nennt 2002 als Fertigstellung der Difference Engine No. 2 in London; Britannica datiert den Bau auf 1991.	[2]
2006	Tiefe Netze Schicht für Schicht Hinton, Osindero und Teh beschreiben ein schnelles Lernverfahren für tiefe Netze.	[82]
Juli 2006	AI@50 Zum 50. Jubiläum kommen fünf Teilnehmer der Dartmouth-Konferenz zurück.	[30]

Datum	Ereignis	Belege
2009	ImageNet Deng, Fei-Fei und Kollegen stellen ImageNet mit 3,2 Millionen Bildern vor.	[92]
2011	Turing Award für Judea Pearl Pearl wird für probabilistisches und kausales Schließen ausgezeichnet.	[83]
Februar 2011	Watson gewinnt „Jeopardy!“ IBMs Watson schlägt Brad Rutter und Ken Jennings.	[86]
2012	SuperVision / AlexNet Ein tiefes Faltungsnetz senkt den Top-5-Fehler im ImageNet-Wettbewerb auf 16,4 Prozent.	[95]
2014	GANs Goodfellow und Kollegen stellen Generative Adversarial Networks vor.	[105]
Juni 2014	„Eugene Goostman“ Ein Programm überzeugt 10 von 30 Juroren; ob der Turing-Test bestanden ist, bleibt umstritten.	[21][22]
2015	Idee der Diffusionsmodelle Sohl-Dickstein und Kollegen beschreiben das Prinzip der Diffusionsmodelle.	[106]
2015	ResNet Residuale Netze mit bis zu 152 Schichten erreichen 3,57 Prozent Fehler.	[100]
Oktober 2015	AlphaGo schlägt Fan Hui AlphaGo besiegt den Europameister mit 5:0.	[89]
März 2016	AlphaGo schlägt Lee Sedol AlphaGo gewinnt in Seoul mit 4:1.	[90]
2017	Der Transformer Google-Forschende stellen eine Architektur vor, die allein auf Aufmerksamkeit beruht.	[107]
2018	GPT OpenAI zeigt die Stärke von generativem Vortraining auf Text.	[109]
2018	BERT Google stellt BERT mit bis zu 340 Millionen Parametern vor.	[110]
2018	Turing Award 2018 Bengio, Hinton und LeCun werden für Deep Learning ausgezeichnet.	[123]

Datum	Ereignis	Belege
2019	GPT-2 GPT-2 hat in der größten Version 1,5 Milliarden Parameter.	[112]
2019	„The Bitter Lesson“ Richard Sutton: Allgemeine, rechenintensive Methoden setzen sich durch.	[104]
2020	Skalierungsgesetze Kaplan und Kollegen finden Potenzgesetze für Modellgröße, Daten und Rechenaufwand.	[115]
2020	GPT-3 GPT-3 hat 175 Milliarden Parameter.	[113]
2020	DDPM Ho, Jain und Abbeel zeigen hochwertige Bildsynthese mit Diffusionsmodellen.	[116]
April 2021	Vorschlag für den AI Act Die EU-Kommission schlägt den AI Act vor.	[128]
2022	PaLM Google trainiert PaLM mit 540 Milliarden Parametern.	[114]
30. November 2022	ChatGPT OpenAI stellt ChatGPT vor.	[118]
2023	GPT-4-Bericht ohne Größenangabe Der Technische Bericht zu GPT-4 nennt keine Modellgröße und keine Trainingsdaten.	[121]
22. März 2023	Aufruf zur Pause Ein offener Brief fordert eine Trainingspause von mindestens 6 Monaten.	[126]
1. November 2023	Bletchley-Erklärung Staaten warnen auf dem AI Safety Summit vor katastrophalem Schaden durch fortgeschrittene KI.	[127]
Dezember 2023	Einigung zum AI Act Parlament und Rat einigen sich auf den AI Act.	[128]
1. August 2024	AI Act in Kraft Der AI Act tritt in Kraft.	[128]
8. Oktober 2024	Physik-Nobelpreis Hopfield und Hinton erhalten den Physik-Nobelpreis.	[124]

Datum	Ereignis	Belege
9. Oktober 2024	Chemie-Nobelpreis Hassabis und Jumper erhalten eine Hälfte des Chemie-Nobelpreises für Proteinstrukturvorhersage.	[125]
2. Februar 2025	Erste Verbote gelten Verbote und Pflichten zur KI-Kompetenz aus dem AI Act gelten.	[130]
7. Mai 2026	Einigung über Fristverschiebung Politische Einigung, Fristen für Hochrisiko-Systeme zu verschieben.	[131]
2. August 2026	AI Act weitgehend anwendbar Der Großteil des AI Act wird anwendbar.	[130]

Personen

- **Charles Babbage** (1791–1871): Entwarf die ersten automatischen Rechenmaschinen.
- **Ada Lovelace**: Übersetzte und kommentierte Menabreas Abhandlung über die Analytical Engine.
- **Alan Turing** (1912-06-23–1954-06-07): Mathematiker; universelle Maschine (1936), Imitationsspiel (1950).
- **Warren McCulloch**: Beschrieb 1943 mit Walter Pitts das logische Neuron.
- **Walter Pitts**: Beschrieb 1943 mit Warren McCulloch das logische Neuron.
- **Claude Shannon**: Mitantragsteller des Dartmouth-Projekts (Bell Labs).
- **John McCarthy** (1927-09-04–2011-10-24): Mitantragsteller in Dartmouth, Erfinder von LISP; Turing Award 1971.
- **Marvin Minsky** (1927-08-09–2016-01-24): Mitantragsteller in Dartmouth, Koautor von „Perceptrons“; Turing Award 1969.
- **Allen Newell** (1927-03-19–1992-07-19): Logic Theory Machine mit Herbert Simon; Turing Award 1975.
- **Herbert A. Simon** (1916-06-15–2001-02-09): Logic Theory Machine mit Allen Newell; Turing Award 1975.
- **Arthur Samuel**: Lernendes Dame-Programm (1959).
- **Frank Rosenblatt**: Stellte 1958 das Perzeptron vor.
- **Seymour Papert**: Koautor von „Perceptrons“ (1969).
- **Joseph Weizenbaum**: Entwickelte ELIZA (1966) und warnte vor ihrer Überschätzung.
- **Sir James Lighthill**: Mathematiker; Verfasser des Lighthill-Berichts (1972).
- **Edward Feigenbaum** (1936-01-20–): Gilt als Vater der Expertensysteme; Turing Award 1994.
- **John Searle** (1932–2025): Philosoph; Gedankenexperiment vom Chinesischen Zimmer (1980).
- **John Hopfield**: Physiker; Hopfield-Netz (1982), Physik-Nobelpreis 2024.
- **Geoffrey Hinton**: Boltzmann-Maschine, Backpropagation (1986), Turing Award 2018, Physik-Nobelpreis 2024.
- **Yann LeCun**: Faltungsnetze für Handschrift, LeNet-5 (1998); Turing Award 2018.
- **Yoshua Bengio**: Deep-Learning-Pionier; Turing Award 2018.
- **Sepp Hochreiter**: Long Short-Term Memory (1997) mit Jürgen Schmidhuber.
- **Jürgen Schmidhuber**: Long Short-Term Memory (1997) mit Sepp Hochreiter.
- **Judea Pearl** (1936-09-04–): Probabilistisches und kausales Schließen; Turing Award 2011.
- **Garri Kasparow**: Schachweltmeister; gewann 1996 und verlor 1997 gegen Deep Blue.
- **Lee Sedol**: Go-Profi; unterlag AlphaGo 2016 mit 1:4.
- **Demis Hassabis**: Google DeepMind; Chemie-Nobelpreis 2024 mit John Jumper.

- **Li Fei-Fei:** Mitautorin von ImageNet (2009).
- **Richard Sutton:** Verfasser von „The Bitter Lesson“ (2019).
- **Larry Tesler:** Informatiker; stellte das ihm zugeschriebene KI-Zitat richtig.

Glossar

Universelle Turingmaschine

Gedachte Maschine, die jede berechenbare Folge berechnen kann; von Turing 1936 beschrieben.

Imitationsspiel (Turing-Test)

Turings Ersatz für die Frage „Können Maschinen denken?“. Eine fragende Person soll im Gespräch zuordnen, wer wer ist.

Neuronales Netz

Rechenmodell aus künstlichen „Neuronen“, die über gewichtete Verbindungen zusammenhängen; die Gewichte bestimmen, was das Netz berechnet.

Perzeptron

Frühes lernendes Netzmodell, von Frank Rosenblatt 1958 für ein hypothetisches Nervensystem entworfen.

Heuristik

Verfahren, das nicht alle Möglichkeiten systematisch durchprobiert, sondern gezielt sucht – wie die Logic Theory Machine.

LISP

Programmiersprache („LISt Processor“), von der KI-Gruppe am MIT für die IBM 704 entwickelt.

Kombinatorische Explosion

Das rasante Anwachsen der Möglichkeiten, das Lighthill als Grund für enttäuschte KI-Versprechen nannte.

KI-Winter

Phase schwindenden Vertrauens und schwindender Förderung; als „AI Winter“ 1984 in einer Warnung belegt.

Expertensystem

Programm, das mit speziell kodiertem Wissen von Fachleuten intelligent handelt.

Hopfield-Netz

Neuronales Netz als assoziatives Gedächtnis, das Muster speichert und wiederherstellt.

Boltzmann-Maschine

Eines der ersten neuronalen Netze, die innere Repräsentationen lernen konnten.

Backpropagation

Lernverfahren, mit dem Netze aus Beispielen eigene innere Repräsentationen lernen; heute Standard.

Überwachtes Lernen

Training mit vielen Beispielen aus Eingabe und gewünschter Ausgabe, die das Lernen „überwachen“.

Faltungsnetz

Netzart für Bilder; LeCun trainierte als Erster ein solches Netz auf handgeschriebenen Ziffern.

LSTM

Long Short-Term Memory: Netz, das Abstände von mehr als 1000 Zeitschritten überbrücken kann.

Deep Learning

Lernen mit tiefen Netzen aus vielen Schichten.

Parameter

Die lernbaren Gewichte eines Netzes – von 60.000 bei LeNet-5 bis 540 Milliarden bei PaLM.

GAN

Generative Adversarial Network: Ein Generator erzeugt Daten, ein Diskriminator schätzt, ob sie echt sind.

Diffusionsmodell

Generatives Modell, das lernt, schrittweise zerstörte Struktur in Daten wiederherzustellen.

Latenter Raum

Komprimierte Darstellung von Daten; Latent-Diffusion-Modelle rechnen dort, um Rechenleistung zu sparen.

Transformer

Netzarchitektur, die allein auf Aufmerksamkeitsmechanismen beruht, ohne Rekurrenz und Faltung.

Token

Texteinheit, in die Sprachmodelle Text zerlegen; Byte Pair Encoding liegt zwischen Zeichen und Wörtern.

Skalierungsgesetz

Empirischer Befund, dass der Fehler eines Sprachmodells einem Potenzgesetz in Größe, Daten und Rechenaufwand folgt.

RLHF

Reinforcement Learning from Human Feedback: Training mit menschlichen Rückmeldungen, etwa bei ChatGPT.

Chinesisches Zimmer

Searles Gedankenexperiment: Wer nur Symbole nach Regeln verarbeitet, versteht deshalb noch nichts.

Quellen

1. Computer History Museum: *The Babbage Engine*. Computer History Museum. Archiv.
<https://www.computerhistory.org/babbage/>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr
2. Britannica Editors: *Charles Babbage*. Encyclopædia Britannica. Enzyklopädie.
<https://www.britannica.com/biography/Charles-Babbage>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:51 Uhr
3. L. F. Menabrea; übersetzt und kommentiert von Ada Augusta, Countess of Lovelace:
Sketch of the Analytical Engine (Menabrea, Genf 1842) with notes upon the Memoir by the Translator. fourmilab.ch (Abschrift). Primärquelle.
<https://www.fourmilab.ch/babbage/sketch.html>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:23 Uhr
4. A. M. Turing: *Computing Machinery and Intelligence*. Mind 59, 1950. Primärquelle.
<https://courses.cs.umbc.edu/471/papers/turing.pdf>
Archiv:
<https://web.archive.org/web/20260927194651/https://courses.cs.umbc.edu/471/papers/turing.pdf>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr
5. A. M. Turing: *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*. Proceedings of the London Mathematical Society, 1936. Primärquelle.
https://www.cs.virginia.edu/~robins/Turing_Paper_1936.pdf
Archiv:
https://web.archive.org/web/20260925200732/https://www.cs.virginia.edu/~robins/Turing_Paper_1936.pdf
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:20 Uhr
6. Andrew Hodges: *Alan Turing*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Enzyklopädie.
<https://plato.stanford.edu/entries/turing/>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr
7. B. J. Copeland: *Alan Turing*. Encyclopædia Britannica. Enzyklopädie.
<https://www.britannica.com/biography/Alan-Turing>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:51 Uhr
8. Warren S. McCulloch, Walter Pitts: *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*. Bulletin of Mathematical Biophysics 5, 1943. Primärquelle.
<https://www.cs.cmu.edu/~./epxing/Class/10715/reading/McCulloch.and.Pitts.pdf>

Archiv:

<https://web.archive.org/web/20250420160153/https://www.cs.cmu.edu/~./epxing/Class/10715/reading/McCulloch.and.Pitts.pdf>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr

9. Computer History Museum: *Timeline of Computer History: AI & Robotics*. Computer History Museum. Archiv.

<https://www.computerhistory.org/timeline/ai-robotics/>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

10. Ian Sample, Alex Hern: *Scientists dispute whether computer 'Eugene Goostman' passed Turing test*. The Guardian, 2014-06-09. Presse.

<https://www.theguardian.com/technology/2014/jun/09/scientists-disagree-over-whether-turing-test-has-been-passed>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:30 Uhr

11. Imperial College London: *DoC professor disputes whether computer 'Eugene' passed Turing test*. Imperial College London, 2014. Presse.

<https://www.imperial.ac.uk/news/151129/doc-professor-disputes-whether-computer-eugene/>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:30 Uhr

12. Graham Oppy, David Dowe: *The Turing Test*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Enzyklopädie.

<https://plato.stanford.edu/entries/turing-test/>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr

13. J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, C. E. Shannon: *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. Stanford (Abschrift, jmc.stanford.edu), 1955-08-31. Primärquelle.

<http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>

Archiv:

<https://web.archive.org/web/20260925204754/http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr

14. Selmer Bringsjord, Naveen Sundar Govindarajulu: *Artificial Intelligence*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Enzyklopädie.

<https://plato.stanford.edu/entries/artificial-intelligence/>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr

15. ACM: *John McCarthy – A.M. Turing Award Laureate*. Association for Computing Machinery. Primärquelle.

https://amturing.acm.org/award_winners/mccarthy_1118322.cfm

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

16. Allen Newell, Herbert A. Simon: *The Logic Theory Machine (RAND P-868, Katalogeintrag)*. RAND Corporation, 1956. Primärquelle.
<https://www.rand.org/pubs/papers/P868.html>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:27 Uhr
17. Herbert A. Simon, Allen Newell: *Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research*. Operations Research 6(1) (Scan, CMU Libraries), 1958. Primärquelle.
https://iiif.library.cmu.edu/file/Simon_box00064_fld04874_bdl0001_doc0001/Simon_box00064_fld04874_bdl0001_doc0001.pdf
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:36 Uhr
18. IBM: *Deep Blue*. IBM History. Primärquelle.
<https://www.ibm.com/history/deep-blue>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:23 Uhr
19. John McCarthy: *Recursive Functions of Symbolic Expressions and Their Computation by Machine, Part I*. Autorenfassung (CACM 1960), 1960-04. Primärquelle.
<http://www-formal.stanford.edu/jmc/recursive.pdf>
Archiv: <https://web.archive.org/web/20260906084326/https://www-formal.stanford.edu/jmc/recursive.pdf>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr
20. A. L. Samuel: *Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers*. IBM Journal 3(3), 1959-07. Primärquelle.
<https://www.cs.virginia.edu/~evans/greatworks/samuel1959.pdf>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:27 Uhr
21. Joseph Weizenbaum: *ELIZA – A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine*. Communications of the ACM 9(1) (Abschrift UMBC), 1966. Primärquelle.
<https://courses.cs.umbc.edu/331/papers/eliza.html>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:27 Uhr
22. F. Rosenblatt: *The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain*. Psychological Review 65(6), 1958. Primärquelle.
<https://www.ling.upenn.edu/courses/cogs501/Rosenblatt1958.pdf>
Archiv:
<https://web.archive.org/web/20260307062446/https://www.ling.upenn.edu/courses/cogs501/Rosenblatt1958.pdf>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr
23. ACM: *Marvin Minsky – A.M. Turing Award Laureate*. Association for Computing Machinery. Primärquelle.

https://amturing.acm.org/award_winners/minsky_7440781.cfm

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

24. Royal Swedish Academy of Sciences: *Popular information: The Nobel Prize in Physics 2024*. NobelPrize.org, 2024-10-08. Primärquelle.

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2024/popular-information/>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:30 Uhr

25. Mikel Olazaran: *A Sociological Study of the Official History of the Perceptrons Controversy (Abstract)*. Social Studies of Science 26(3), 1996-08. Fachartikel/Paper.

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030631296026003005>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:36 Uhr

26. John Hutchins: *ALPAC: the (in)famous report*. MT News International 14, 1996. Fachartikel/Paper.

<https://mt-archive.net/90/MTNI-1996-Hutchins.pdf>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:27 Uhr

27. Chilton Computing: *Lighthill Report: Overview*. Chilton Computing. Archiv.

http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/overview.htm

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:33 Uhr

28. Automatic Language Processing Advisory Committee: *Language and Machines: Computers in Translation and Linguistics (ALPAC-Bericht)*. National Academy of Sciences – National Research Council, 1966. Primärquelle.

<https://www.mt-archive.net/50/ALPAC-1966.pdf>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:27 Uhr

29. Sir James Lighthill: *Artificial Intelligence: A General Survey (Lighthill-Bericht, Teil I)*. Science Research Council (Abschrift Chilton Computing), 1973. Primärquelle.

http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/p001.htm

Archiv: https://web.archive.org/web/20260913022222/http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/p001.htm

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr

30. Science Research Council: *Lighthill Report: Preface*. Science Research Council (Abschrift Chilton Computing), 1973. Primärquelle.

http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/preface.htm

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:33 Uhr

31. Drew McDermott u. a.: *The Dark Ages of AI: A Panel Discussion at AAAI-84 (PDF)*. AI Magazine 6(3), 1985. Primärquelle.

<https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/download/494/430>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:33 Uhr

32. Drew McDermott u. a.: *The Dark Ages of AI: A Panel Discussion at AAAI-84 (Artikelseite)*. AI Magazine 6(3), 1985. Primärquelle.

<https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/494>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:26 Uhr

33. Bruce G. Buchanan, Edward H. Shortliffe: *The Context of the MYCIN Experiments (Kapitel 1)*. Addison-Wesley, 1984. Primärquelle.

<https://www.shortliffe.net/Buchanan-Shortliffe-1984/Chapter-01.pdf>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:33 Uhr

34. ACM: *Edward A ("Ed") Feigenbaum – A.M. Turing Award Laureate*. Association for Computing Machinery. Primärquelle.

https://amturing.acm.org/award_winners/feigenbaum_4167235.cfm

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

35. Bruce G. Buchanan, Edward H. Shortliffe (Hrsg.): *Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project (Online-Ausgabe)*. Addison-Wesley, 1984. Primärquelle.

<https://www.shortliffe.net/Buchanan-Shortliffe-1984/MYCIN%20Book.htm>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

36. John McDermott: *RI: An Expert in the Computer Systems Domain*. AAAI-80 Proceedings, 1980. Primärquelle.

<https://cdn.aaai.org/AAAI/1980/AAAI80-076.pdf>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

37. IPSJ Computer Museum: *Fifth Generation Computer Project*. Information Processing Society of Japan. Archiv.

<https://museum.ipsj.or.jp/en/computer/other/0002.html>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:30 Uhr

38. ACM: *2018 ACM A.M. Turing Award: Bengio, Hinton, LeCun*. Association for Computing Machinery. Primärquelle.

<https://awards.acm.org/about/2018-turing>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:23 Uhr

39. Cameron Buckner, James Garson: *Connectionism*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Enzyklopädie.

<https://plato.stanford.edu/entries/connectionism/>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr

40. Yann LeCun, Léon Bottou, Yoshua Bengio, Patrick Haffner: *Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition*. Proceedings of the IEEE, 1998-11.

Fachartikel/Paper.

http://vision.stanford.edu/cs598_spring07/papers/Lecun98.pdf

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:24 Uhr

41. Sepp Hochreiter, Jürgen Schmidhuber: *Long Short-Term Memory*. Neural Computation 9(8), 1997. Fachartikel/Paper.

<https://www.bioinf.jku.at/publications/older/2604.pdf>

Archiv:

<https://web.archive.org/web/20260927010936/https://www.bioinf.jku.at/publications/older/2604.pdf>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr

42. Geoffrey E. Hinton, Simon Osindero, Yee-Whye Teh: *A fast learning algorithm for deep belief nets*. Neural Computation (Autorenfassung), 2006. Fachartikel/Paper.

<https://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/fastnc.pdf>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:24 Uhr

43. ACM: *Judea Pearl – A.M. Turing Award Laureate*. Association for Computing Machinery. Primärquelle.

https://amturing.acm.org/award_winners/pearl_2658896.cfm

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

44. IBM: *Watson, 'Jeopardy!' champion*. IBM History. Primärquelle.

<https://www.ibm.com/history/watson-jeopardy>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:23 Uhr

45. Google DeepMind: *AlphaGo*. Google DeepMind. Primärquelle.

<https://deepmind.google/research/breakthroughs/alphago/>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:30 Uhr

46. David Silver u. a.: *Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search*. Nature 529 (Autorenfassung, DeepMind), 2016. Fachartikel/Paper.

<https://storage.googleapis.com/deepmind-media/alphago/AlphaGoNaturePaper.pdf>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:24 Uhr

47. Jia Deng, Wei Dong, Richard Socher, Li-Jia Li, Kai Li, Li Fei-Fei: *ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database*. CVPR 2009, 2009. Fachartikel/Paper.

https://www.image-net.org/static_files/papers/imagenet_cvpr09.pdf

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr

48. Olga Russakovsky u. a.: *ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge*. arXiv / IJCV, 2015. Fachartikel/Paper.

<https://arxiv.org/pdf/1409.0575>

Archiv:

<https://web.archive.org/web/20260927034621/https://arxiv.org/pdf/1409.0575>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr

49. Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey E. Hinton: *ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*. NIPS 2012, 2012. Fachartikel/Paper.
https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf
Archiv:
https://web.archive.org/web/20260915162914/https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr
50. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun: *Deep Residual Learning for Image Recognition*. arXiv, 2015. Fachartikel/Paper.
<https://arxiv.org/pdf/1512.03385>
Archiv:
<https://web.archive.org/web/20260913022327/https://arxiv.org/pdf/1512.03385>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr
51. Jaime Sevilla u. a.: *Compute Trends Across Three Eras of Machine Learning*. arXiv, 2022-03-09. Fachartikel/Paper.
<https://arxiv.org/pdf/2202.05924>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr
52. Rich Sutton: *The Bitter Lesson*. incompleteideas.net, 2019-03-13. Primärquelle.
<http://www.incompleteideas.net/IncIdeas/BitterLesson.html>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:23 Uhr
53. Ian J. Goodfellow u. a.: *Generative Adversarial Nets*. arXiv, 2014-06-10. Fachartikel/Paper.
<https://arxiv.org/pdf/1406.2661>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr
54. Jascha Sohl-Dickstein u. a.: *Deep Unsupervised Learning using Nonequilibrium Thermodynamics*. arXiv, 2015. Fachartikel/Paper.
<https://arxiv.org/pdf/1503.03585>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr
55. Ashish Vaswani u. a.: *Attention Is All You Need*. NIPS 2017, 2017. Fachartikel/Paper.
<https://arxiv.org/pdf/1706.03762>
Archiv:
<https://web.archive.org/web/20260922220228/https://arxiv.org/pdf/1706.03762>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:21 Uhr
56. Alec Radford, Karthik Narasimhan, Tim Salimans, Ilya Sutskever: *Improving Language Understanding by Generative Pre-Training*. OpenAI, 2018. Fachartikel/Paper.
<https://cdn.openai.com/research-covers/language->

unsupervised/language_understanding_paper.pdf

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

57. Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova: *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. arXiv, 2018.

Fachartikel/Paper.

<https://arxiv.org/pdf/1810.04805>

Archiv:

<https://web.archive.org/web/20260924211650/https://arxiv.org/pdf/1810.04805>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr

58. Alec Radford u. a.: *Language Models are Unsupervised Multitask Learners*. OpenAI, 2019. Fachartikel/Paper.

https://cdn.openai.com/better-language-models/language_models_are_unsupervised_multitask_learners.pdf

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

59. Tom B. Brown u. a.: *Language Models are Few-Shot Learners*. arXiv, 2020.

Fachartikel/Paper.

<https://arxiv.org/pdf/2005.14165>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr

60. Aakanksha Chowdhery u. a.: *PaLM: Scaling Language Modeling with Pathways*. arXiv, 2022-10-05. Fachartikel/Paper.

<https://arxiv.org/pdf/2204.02311>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

61. Jared Kaplan u. a.: *Scaling Laws for Neural Language Models*. arXiv, 2020-01-23.

Fachartikel/Paper.

<https://arxiv.org/pdf/2001.08361>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

62. Jonathan Ho, Ajay Jain, Pieter Abbeel: *Denoising Diffusion Probabilistic Models*. arXiv, 2020. Fachartikel/Paper.

<https://arxiv.org/pdf/2006.11239>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr

63. Robin Rombach u. a.: *High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models*. arXiv, 2022-04-13. Fachartikel/Paper.

<https://arxiv.org/pdf/2112.10752>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr

64. OpenAI: *Introducing ChatGPT*. OpenAI, 2022-11-30. Primärquelle.

<https://openai.com/index/chatgpt/>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:30 Uhr

65. Dan Milmo: *ChatGPT reaches 100 million users two months after launch*. The Guardian, 2023-02-02. Presse.
<https://www.theguardian.com/technology/2023/feb/02/chatgpt-100-million-users-open-ai-fastest-growing-app>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:26 Uhr
66. OpenAI: *GPT-4 Technical Report*. arXiv, 2023. Fachartikel/Paper.
<https://arxiv.org/pdf/2303.08774>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr
67. David Cole: *The Chinese Room Argument*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Enzyklopädie.
<https://plato.stanford.edu/entries/chinese-room/>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr
68. Nicholas Fotion: *John Searle*. Encyclopædia Britannica. Enzyklopädie.
<https://www.britannica.com/biography/John-Searle>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:51 Uhr
69. Royal Swedish Academy of Sciences: *Press release: The Nobel Prize in Physics 2024*. NobelPrize.org, 2024-10-08. Primärquelle.
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2024/press-release/>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:22 Uhr
70. Royal Swedish Academy of Sciences: *Press release: The Nobel Prize in Chemistry 2024*. NobelPrize.org, 2024-10-09. Primärquelle.
<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2024/press-release/>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:23 Uhr
71. Future of Life Institute: *Pause Giant AI Experiments: An Open Letter*. Future of Life Institute, 2023-03-22. Primärquelle.
<https://futureoflife.org/open-letter/pause-giant-ai-experiments/>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr
72. Teilnehmerstaaten des AI Safety Summit: *The Bletchley Declaration by Countries Attending the AI Safety Summit, 1-2 November 2023*. GOV.UK, 2023-11-01. Primärquelle.
<https://www.gov.uk/government/publications/ai-safety-summit-2023-the-bletchley-declaration/the-bletchley-declaration-by-countries-attending-the-ai-safety-summit-1-2-november-2023>
Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr
73. Europäische Kommission: *AI Act enters into force*. Europäische Kommission, 2024-08-01. Primärquelle.
<https://commission.europa.eu/news-and-media/news/ai-act-enters-force-2024-08->

01_en

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

74. Europäische Kommission: *AI Act – Shaping Europe's digital future*. Europäische Kommission. Primärquelle.

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:30 Uhr

75. B. J. Copeland: *Artificial intelligence (AI)*. Encyclopædia Britannica. Enzyklopädie.

<https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:26 Uhr

76. Larry Tesler: *Adages & Coinages*. nomodes.com. Primärquelle.

<https://www.nomodes.com/larry-tesler-consulting/adages-and-coinages>

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:23 Uhr

77. ACM: *Allen Newell – A.M. Turing Award Laureate*. Association for Computing Machinery. Primärquelle.

https://amturing.acm.org/award_winners/newell_3167755.cfm

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

78. ACM: *Herbert A. Simon – A.M. Turing Award Laureate*. Association for Computing Machinery. Primärquelle.

https://amturing.acm.org/award_winners/simon_1031467.cfm

Abgerufen: 29. September 2026 um 20:25 Uhr

Ausschlussliste

- **Rumelhart, Hinton, Williams 1986 in Nature (Originalaufsatz)** – nature.com lieferte beim Abruf nur eine Browser-Prüfung (HTTP 406); Hinton's eigene Kopie ist ein Bild-PDF ohne Text, ein Spiegel ist durch Bot-Schutz gesperrt (respektiert). Backpropagation ist deshalb über die ACM-Würdigung belegt.
- **AlphaGo-Aufsatz auf nature.com** – Abruf blockiert; genutzt wurde die von DeepMind bereitgestellte Autorenfassung.
- **Zeitungsberichte über das Perzeptron 1958 (New York Times)** – Abruf mit HTTP 403 abgewiesen; ohne gesicherten Text keine Aussage über den damaligen Medienrummel.
- **New York Times 1992 zum Ende der fünften Generation** – HTTP 403; stattdessen IPSJ-Museum und Computer History Museum.
- **Ada Lovelace als „erste Programmiererin“ (als Tatsache)** – Nur Britannica wertet ihre Anmerkungen als erstes Computerprogramm; ohne zweite unabhängige Quelle steht das als offener Claim (c-137), nicht als Tatsache.
- **Zusammenbruch des LISP-Maschinen-Markts 1987** – Nur Wikipedia und Blogs gefunden, keine belastbare Primär- oder Fachquelle.
- **Originaltext des AI Act im Amtsblatt (EUR-Lex)** – EUR-Lex antwortete mit einer Web-Application-Firewall-Seite (HTTP 202), auch mit Browser-Kennung; Angaben stützen sich auf Seiten der EU-Kommission.
- **Pressemitteilung der University of Reading zu „Eugene Goostman“** – Abruf endete in einer Challenge-Seite; die Darstellung stützt sich auf Guardian und Imperial College.
- **Norbert Wiener und die Kybernetik (1948)** – Nur eine Sekundärquelle gesichert; für eine Kernaussage zu wenig.
- **Turings Äußerung in der Times 1949** – Nur beim Computer History Museum belegt, Originalzitat nicht gesichert.
- **Kasparows spätere Vorwürfe gegen IBM** – Keine gesicherte Primär- oder Fachquelle abgerufen.
- **George Boole, „The Laws of Thought“ (1854)** – Die Quelle bei Project Gutenberg lieferte 404; nicht aufgenommen.
- **Der „Schachtürke“ und ältere Automaten** – Nicht recherchiert; bewusst ausgelassen, um den Umfang zu begrenzen.
- **Verlagsseite von MIT Press zu „Perceptrons“** – HTTP 403; das Buch ist über SEP und ACM belegt.
- **LeCun u. a. 1989 (Backpropagation für Ziffernerkennung)** – Die verfügbare PDF-Fassung ist ein Scan ohne Textebene; Aussage über ACM-Würdigung belegt.

- **RAND-Bericht P-868 im Volltext (DTIC)** – DTIC lieferte eine Challenge-Seite; genutzt wurde der RAND-Katalogeintrag mit Abstract.
- **Olazaran 1996 im Volltext** – Nur als Scan ohne Textebene verfügbar; genutzt wurde das Abstract beim Verlag.
- **Parameterzahl von GPT-4** – Der Hersteller macht ausdrücklich keine Angaben; kursierende Zahlen sind unbelegt.

Änderungsprotokoll

- 2026-09-29: Erste Fassung 1.0.0: 11 Kapitel, 137 Claims, 78 Quellen, 70 Timeline-Einträge, Sprechskript mit zwei Stimmen.