

NACHSCHLAGEWERK

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ VERSTEHEN

Entstehung Entwicklung Chancen Risiken
Energie Wasser Arbeit Datenschutz
Urheberrecht Quantencomputing



Worum es in dieser Broschüre geht

Künstliche Intelligenz ist weder eine einzelne Maschine noch ein denkendes Wesen. Sie ist ein Sammelbegriff für Verfahren, mit denen Computer Muster erkennen, Vorhersagen treffen, Inhalte erzeugen und Aufgaben teilweise selbstständig bearbeiten. Diese Broschüre erklärt, wie die Technik entstanden ist, wie sie funktioniert, wo sie heute eingesetzt wird und welche Folgen sich für Gesellschaft, Umwelt, Recht und Arbeitswelt ergeben.

Die wichtigste Erkenntnis lautet: KI kann Menschen erheblich unterstützen, sie ist aber keine unfehlbare Autorität. Ihre Ergebnisse hängen von Daten, Rechenverfahren, Zielvorgaben und menschlicher Kontrolle ab. Der Nutzen entsteht nicht allein durch ein leistungsfähiges Modell, sondern durch einen verantwortungsvollen Einsatz.

So benutzen Sie das Nachschlagewerk

- Kapitel 1 bis 4 erklären Geschichte, Grundbegriffe und Funktionsweise.
- Kapitel 5 bis 8 behandeln Anwendungen, Vorteile, Fehler und gesellschaftliche Risiken.
- Kapitel 9 erklärt den Energie- und Wasserbedarf sowie den Bau großer Rechenzentren.
- Kapitel 10 ordnet Bürgerproteste in den USA und die Reaktion Donald Trumps ein.
- Kapitel 11 bewertet Deutschlands Position im internationalen KI-Wettbewerb.
- Kapitel 12 zeigt, wie sich Berufe und Tätigkeiten verändern.
- Kapitel 13 und 14 erläutern Datenschutz und Urheberrecht.
- Kapitel 16 erklärt Quantencomputer, ihre Einsatzgebiete, Chancen und Grenzen.
- Glossar, Prüflisten und Quellen helfen beim schnellen Nachschlagen.

Inhalt

- 1 Was künstliche Intelligenz ist
- 2 Von der Rechenmaschine zur KI
- 3 Lernende Systeme und neuronale Netze
- 4 Generative KI Sprachmodelle und Agenten
- 5 Wo KI heute eingesetzt wird
- 6 Die wichtigsten Vorteile
- 7 Nachteile Fehler und Missbrauch
- 8 Gesellschaft Macht und Demokratie
- 9 Energie Wasser und KI Rechenzentren
- 10 Widerstand gegen KI Fabriken in den USA
- 11 Deutschland im internationalen Vergleich
- 12 Die Arbeitswelt im Wandel
- 13 KI und Datenschutz
- 14 KI und Urheberrecht
- 15 Regeln für einen vernünftigen Einsatz
- 16 Quantencomputing Grundlagen Anwendungen Chancen und Risiken
- 17 Ausblick
- Glossar

1 Was künstliche Intelligenz ist

Künstliche Intelligenz bezeichnet Computersysteme, die Aufgaben erledigen, für die Menschen normalerweise Wahrnehmung, Sprache, Lernen, Planung oder Urteilkraft benötigen. Dazu zählen Bilderkennung, automatische Übersetzung, Betrugserkennung, Navigationsplanung und das Erzeugen neuer Texte oder Bilder.

Die Bezeichnung kann täuschen. Ein heutiges KI-System besitzt im Allgemeinen weder Bewusstsein noch Gefühle noch eine eigene Lebenserfahrung. Es verarbeitet Zahlen und berechnet Muster. Auch ein überzeugend formulierender Chatbot weiß nicht auf menschliche Weise, was seine Worte bedeuten.

Ein Algorithmus ist eine eindeutige Folge von Rechenschritten. Klassische Software folgt Regeln, die Menschen vorgeben. Beim maschinellen Lernen werden viele Regeln nicht einzeln programmiert. Das System passt interne Parameter anhand von Beispielen an.¹²

Schwache und allgemeine KI

Fast alle praktisch eingesetzten Systeme sind spezialisierte oder schwache KI. Sie können einzelne Aufgaben sehr gut lösen, sind außerhalb ihres Einsatzbereichs aber begrenzt. Eine künstliche allgemeine Intelligenz, die flexibel wie ein Mensch über sehr verschiedene Lebensbereiche hinweg lernt und handelt, ist bislang nicht allgemein anerkannt erreicht.³

Begriff	Einfache Bedeutung	Beispiel
Klassische Software	Führt fest programmierte Regeln aus	Lohnabrechnung
Maschinelles Lernen	Lernt Muster aus Beispielen	Spamfilter
Generative KI	Erzeugt neue Inhalte	Text oder Bild
KI Agent	Plant und erledigt mehrere Schritte	Reiseplanung mit Buchungsentwurf

2 Von der Rechenmaschine zur KI

Die theoretischen Grundlagen

Im 19. Jahrhundert schuf George Boole eine mathematische Logik aus wahr und falsch. Im 20. Jahrhundert beschrieb Alan Turing ein allgemeines Modell berechenbarer Verfahren. 1950 fragte er,

1 Algorithmus: eine eindeutig beschriebene Folge von Rechenschritten zur Lösung einer Aufgabe.

2 Maschinelles Lernen: Verfahren, bei dem ein System Muster aus Beispieldaten ermittelt, statt ausschließlich fest programmierte Regeln abzuarbeiten.

3 Künstliche allgemeine Intelligenz: hypothetisches System, das Wissen flexibel auf sehr unterschiedliche Aufgaben übertragen könnte.

ob Maschinen denken können, und schlug einen Verhaltenstest vor, der später als Turing Test bekannt wurde.

1956 trafen sich Forschende am Dartmouth College. John McCarthy verwendete dort den Begriff Artificial Intelligence. Die Beteiligten erwarteten, dass sich Lernen und Intelligenz so genau beschreiben ließen, dass Maschinen sie nachbilden könnten.

Regeln Expertensysteme und KI Winter

Frühe Programme lösten mathematische Aufgaben oder spielten einfache Spiele. Sie arbeiteten meist symbolisch: Wissen wurde als Zeichen, Fakten und Regeln dargestellt. In den 1970er- und 1980er-Jahren entstanden Expertensysteme, die Fachwissen etwa für medizinische Diagnosen oder technische Wartung abbildeten.

Die Erwartungen waren häufig größer als die verfügbaren Computer, Daten und Methoden. Finanzierungen wurden gekürzt. Solche Phasen heißen KI Winter. Die Forschung verschwand nicht, entwickelte sich aber langsamer und weniger öffentlich weiter.⁴

Wichtige Stationen

Jahr	Station	Bedeutung
1950	Turing veröffentlicht Computing Machinery and Intelligence	Maschinenintelligenz wird prüfbar diskutiert
1956	Dartmouth Konferenz	KI wird eigenes Forschungsgebiet
1970er	Erster KI Winter	Grenzen früher Versprechen werden sichtbar
1980er	Expertensysteme	Erster breiter Unternehmenseinsatz
1997	Deep Blue besiegt Garri Kasparow	Spezialisierte KI übertrifft Weltmeister im Schach
2012	Durchbruch bei Bilderkennung	Deep Learning gewinnt stark an Bedeutung
2016	AlphaGo besiegt Lee Sedol	Lernen und Suche meistern das komplexe Spiel Go
2017	Transformer Architektur	Grundlage moderner großer Sprachmodelle

⁴ KI-Winter: Phase sinkender Erwartungen, Investitionen und öffentlicher Aufmerksamkeit nach enttäuschten technischen Versprechen.

ab 2022	Generative KI wird Massen Anwendung	Text Bild Audio Video und Code werden erzeugbar
2024 bis 2026	Multimodale Modelle und Agenten	Systeme verarbeiten mehrere Medien und Arbeitsschritte

3 Lernende Systeme und neuronale Netze

Wie Maschinen aus Daten lernen

Beim überwachten Lernen erhält ein System Beispiele mit richtigen Antworten. Bei der Bilderkennung kann jedes Trainingsbild mit der Angabe Katze oder keine Katze versehen sein. Das System verändert seine Parameter, bis seine Vorhersagen möglichst oft stimmen.

Beim unüberwachten Lernen sucht ein System selbst nach Gruppen und Strukturen. Beim bestärkenden Lernen probiert es Handlungen aus und erhält Belohnungen oder Abzüge. So kann es eine Strategie für Spiele, Robotik oder Ressourcensteuerung entwickeln.⁵

Neuronale Netze

Künstliche neuronale Netze bestehen aus vielen verbundenen Recheneinheiten. Sie sind nur entfernt vom Gehirn inspiriert. Tiefe Netze besitzen zahlreiche Verarbeitungsschichten; daher stammt der Ausdruck Deep Learning. Moderne Grafikprozessoren, große Datensätze und verbesserte Trainingsverfahren ermöglichten ihren Durchbruch.^{6,7}

Training bedeutet, die Parameter eines Modells anzupassen. Inferenz bezeichnet dagegen die spätere Nutzung: Das trainierte Modell verarbeitet eine neue Eingabe und erzeugt ein Ergebnis. Beides benötigt Rechenleistung, aber in unterschiedlicher Form. Ein einmaliges großes Training kann sehr energieintensiv sein; Milliarden täglicher Nutzungen können zusammengekommen ebenfalls erheblich ins Gewicht fallen.⁸

4 Generative KI Sprachmodelle und Agenten

Generative KI erzeugt neue Inhalte, anstatt vorhandene Daten nur zu sortieren. Große Sprachmodelle lernen aus sehr vielen Texten, welche Wortbestandteile in einem Zusammenhang

5 Bestärkendes Lernen: Lernverfahren, bei dem Handlungen anhand von Belohnungen oder Nachteilen bewertet werden.

6 Neuronales Netz: mathematisches Modell aus verbundenen Recheneinheiten und anpassbaren Parametern.

7 Deep Learning: maschinelles Lernen mit neuronalen Netzen, die viele Verarbeitungsschichten besitzen.

8 Inferenz: Nutzung eines bereits trainierten Modells, um aus einer neuen Eingabe eine Vorhersage oder Ausgabe zu erzeugen.

wahrscheinlich folgen. Ein Transformer kann Beziehungen zwischen weit voneinander entfernten Textstellen berücksichtigen.⁹¹⁰

Ein Sprachmodell führt keine Wahrheitsprüfung wie eine Redaktion oder ein Gericht durch. Es kann richtige Antworten, gute Zusammenfassungen und überzeugende Entwürfe liefern, aber ebenso Quellen erfinden oder Tatsachen verwechseln. Solche plausibel klingenden Fehler werden oft Halluzinationen genannt.¹¹

Multimodale Modelle verarbeiten Text, Bilder, Ton und Video gemeinsam. KI Agenten verbinden ein Modell mit Werkzeugen und Arbeitsschritten. Sie können recherchieren, planen, Dateien bearbeiten oder Software bedienen. Je mehr Handlungsspielraum ein Agent erhält, desto wichtiger werden Berechtigungen, Protokolle und menschliche Freigaben.

Was KI kann und was sie nicht kann

Kann oft gut	Bleibt problematisch
Entwürfe und Varianten erzeugen	Wahrheit ohne Quellenprüfung garantieren
Große Textmengen strukturieren	Verantwortung für Folgen übernehmen
Muster in Daten erkennen	Unausgesprochene Werte sicher verstehen
Routinecode vorschlagen	Fehlerfreie und sichere Software garantieren
In vielen Sprachen kommunizieren	Bewusstsein Empathie oder Lebenserfahrung besitzen

5 Wo KI heute eingesetzt wird

KI ist heute in Suchmaschinen, Smartphones, Übersetzungen, Empfehlungssystemen, Navigationsdiensten und Spamfiltern eingebaut. Viele Menschen nutzen sie, ohne jede Funktion als KI wahrzunehmen.

Bereich	Anwendungen	Wichtige Grenze
Medizin	Bildauswertung Dokumentation Wirkstoffsuche	Diagnose und Therapie brauchen Fachverantwortung

9 Großes Sprachmodell: auf umfangreichen Textbeständen trainiertes Modell, das Sprache verarbeitet und erzeugt.

10 Transformer: Modellarchitektur, die Beziehungen zwischen Elementen einer Datenfolge mit einem Aufmerksamkeitsmechanismus verarbeitet.

11 Halluzination: gebräuchliche Bezeichnung für eine plausibel formulierte, aber falsche oder unbelegte KI-Ausgabe.

Industrie	Qualitätsprüfung Wartung Robotik	Fehler können Produktion und Sicherheit betreffen
Verwaltung	Vorgangssortierung Übersetzung Bürgerinformation	Rechte dürfen nicht durch Blackbox Entscheidungen verletzt werden
Bildung	Übungen Erklärungen Sprachhilfe	Eigenleistung und Quellenkritik müssen erhalten bleiben
Medien	Transkription Recherchehilfe Entwürfe	Faktenprüfung Kennzeichnung und Urheberrecht
Finanzen	Betrugserkennung Risikomodelle Assistenz	Diskriminierung und Fehlentscheidungen vermeiden
Wissenschaft	Simulation Mustererkennung Proteinforschung	Ergebnisse müssen reproduzierbar sein

Der Stanford AI Index 2025 berichtete, dass 78 Prozent der befragten Organisationen 2024 KI nutzten, nach 55 Prozent im Vorjahr. Diese Zahl beschreibt Selbstauskünfte aus einer Erhebung und nicht automatisch einen tiefen oder erfolgreichen Einsatz. Sie zeigt aber die Geschwindigkeit der Verbreitung.

6 Die wichtigsten Vorteile

Produktivität und Entlastung

KI kann Informationen schneller durchsuchen, erste Entwürfe erstellen, Routinevorgänge bearbeiten und Beschäftigte bei komplexen Entscheidungen vorbereiten. Besonders groß ist der Nutzen oft dort, wo ein Mensch das Ergebnis prüft und mit Fachwissen ergänzt.

Zugang und Teilhabe

Automatische Untertitel, Vorlesefunktionen, Bildbeschreibungen und Übersetzungen können Barrieren senken. Menschen mit Behinderungen oder geringen Sprachkenntnissen erhalten leichter Zugang zu Informationen und Dienstleistungen.

Forschung Sicherheit und Umwelt

KI kann neue Wirkstoffe vorschlagen, Materialeigenschaften berechnen, Stromnetze optimieren, Waldbrände erkennen und technische Anlagen überwachen. In gefährlichen Umgebungen können Roboter Aufgaben übernehmen, die Menschen nicht oder nur mit hohem Risiko ausführen sollten.

Kreativität und kleine Unternehmen

Generative Systeme senken die Einstiegshürde für Entwürfe, Übersetzungen, Software und visuelle Gestaltung. Kleine Organisationen können Leistungen erproben, für die früher größere Teams nötig waren. Das ersetzt nicht automatisch professionelle Qualität, erweitert aber den Handlungsspielraum.

7 Nachteile Fehler und Missbrauch

KI kann Fehler mit großer Geschwindigkeit vervielfachen. Werden ungeprüfte Ergebnisse automatisch in Entscheidungen übernommen, kann ein einzelnes problematisches Modell sehr viele Menschen betreffen.

Risiko	Wie es entsteht	Gegenmaßnahme
Falsche Inhalte	Wahrscheinliche Sprache wird mit Wahrheit verwechselt	Quellen prüfen und Fachfreigabe verlangen
Diskriminierung	Trainingsdaten enthalten historische Verzerrungen	Daten und Ergebnisse nach Gruppen testen
Datenschutzverletzung	Persönliche Daten werden eingegeben oder gelernt	Daten minimieren Verträge und Systeme prüfen
Deepfakes	Stimmen Bilder und Videos werden täuschend nachgebildet	Kennzeichnen Herkunft sichern Medienkompetenz
Cyberangriffe	Angreifer automatisieren Texte Code und Täuschung	Zugriffe begrenzen überwachen und schulen
Abhängigkeit	Wissen und Prozesse wandern zu wenigen Anbietern	Alternativen Datenportabilität und Ausstiegsplan
Kompetenzverlust	Menschen üben Kernfähigkeiten nicht mehr	Eigenleistung und regelmäßige Übungen sichern

8 Gesellschaft Macht und Demokratie

Wer leistungsfähige Modelle, Rechenzentren, Chips und große Datenbestände kontrolliert, erhält wirtschaftlichen und politischen Einfluss. Die Entwicklung sehr großer Modelle konzentriert sich deshalb bei wenigen Unternehmen und Staaten.

Generative KI kann politische Aufklärung erleichtern, aber auch Desinformation skalieren. Täuschend echte Audio- und Videoaufnahmen können Vertrauen in reale Beweise untergraben.

Gleichzeitig entsteht das sogenannte Lügnerdividenden Problem: Echte Aufnahmen lassen sich als angebliche Fälschungen zurückweisen.

Automatisierte Überwachung kann öffentliche Sicherheit unterstützen, aber auch Bewegungsprofile, Gesichtserkennung und Verhaltensprognosen ermöglichen. Demokratieverträgliche Regeln brauchen Verhältnismäßigkeit, unabhängige Kontrolle und wirksame Rechtsbehelfe.

9 Energie Wasser und KI Rechenzentren

Warum KI so viel Rechenleistung benötigt

Moderne KI wird in Rechenzentren betrieben. Dort stehen Tausende spezialisierte Beschleuniger wie Grafikprozessoren. Sie rechnen parallel, erzeugen aber viel Wärme. Neben den Servern benötigen Kühlung, Speicher, Netzwerkgeräte, Stromumwandlung und Notstromversorgung Energie.

Ein Hyperscale Rechenzentrum ist eine besonders große Anlage mit sehr hoher Rechen- und Speicherkapazität. Der Begriff KI Fabrik ist politisch und werblich verbreitet, aber kein technischer Standard. Er betont, dass Rechenleistung ähnlich wie ein Industrieprodukt in großen Anlagen erzeugt wird.¹²

Die Größenordnung des Stromverbrauchs

Die Internationale Energieagentur erwartet im Basisszenario, dass sich der weltweite Stromverbrauch von Rechenzentren bis 2030 auf rund 945 Terawattstunden mehr als verdoppelt. Das entspräche knapp drei Prozent des weltweiten Stromverbrauchs. KI ist der wichtigste Wachstumstreiber, neben anderen digitalen Diensten. Für die USA erwartet die IEA, dass Rechenzentren bis 2030 fast die Hälfte des zusätzlichen Strombedarfs ausmachen.¹³

Das US Energieministerium bezifferte den Anteil der Rechenzentren am amerikanischen Stromverbrauch 2023 auf etwa 4,4 Prozent. Für 2028 wurde eine Spanne von 6,7 bis 12 Prozent geschätzt. Solche Prognosen sind unsicher, weil Modellgrößen, Chipentwicklung, Effizienz, Auslastung und Nachfrage schnell wechseln.

Warum Wasser gebraucht wird

Wasser wird direkt zur Kühlung und indirekt bei der Stromerzeugung sowie der Herstellung von Chips benötigt. Verdunstungskühlung kann stromsparend sein, verbraucht aber Wasser. Luftkühlung oder geschlossene Kreisläufe senken den direkten Wasserverbrauch, können jedoch mehr Strom, größere Anlagen oder höhere Investitionen erfordern.

US Rechenzentren verbrauchten nach dem Bericht des Lawrence Berkeley National Laboratory 2023 direkt rund 66 Milliarden Liter Wasser. Der größte Teil entfiel auf Hyperscale- und Colocation-Anlagen. Zusätzlich entsteht ein oft größerer indirekter Wasserfußabdruck durch die Stromversorgung. Ein Durchschnittswert pro KI Anfrage verschleiert diese Unterschiede: Eine

12 Hyperscale-Rechenzentrum: sehr große, skalierbare Rechenanlage mit besonders hoher Server-, Speicher- und Netzwerkkapazität.

13 Terawattstunde: eine Milliarde Kilowattstunden. Sie dient zur Angabe sehr großer Energiemengen.

Anfrage kann je nach Modell, Antwortlänge, Hardware, Tageszeit, Standort, Kühlung und Strommix sehr verschieden ausfallen.¹⁴

Nicht nur die Menge sondern der Ort entscheidet

Ein Rechenzentrum in einer wasserreichen, kühlen Region kann andere Folgen haben als dieselbe Anlage in einem trockenen Gebiet. Kritisch wird es, wenn Trinkwasser, Landwirtschaft, Ökosysteme und Industrie in Hitzeperioden um dieselbe Ressource konkurrieren. Transparenz über Entnahme, Verbrauch, Rückleitung, Temperatur und Wasserqualität ist daher wichtiger als eine einzelne globale Zahl.

Umweltfaktor	Belastung	Mögliche Verbesserung
Strom	Hohe Dauerlast und Netzausbau	Effiziente Chips flexible Last erneuerbare und gesicherte Leistung
Wasser	Kühlung und indirekter Bedarf	Standortwahl Kreisläufe Abwasser oder Trockenkühlung
Fläche	Große Hallen Leitungen Umspannwerke	Brownfields und abgestimmte Raumplanung
Lärm	Lüfter Kühlanlagen Generatoren	Abstände Einhausung und Grenzwerte
Klima	Emissionen des Strommixes und Bau	CO2 armer Strom Effizienz und Lebenszyklusbilanz
Netz	Anschluss kann Engpässe verschärfen	Netzkosten verursachergerecht zuordnen

10 Widerstand gegen KI Fabriken in den USA

In mehreren US Regionen organisieren sich Anwohner gegen neue Rechenzentren. Die Gründe unterscheiden sich: Manche fürchten steigende Strompreise, andere Wasserknappheit, Lärm, Dieselgeneratoren, Verlust landwirtschaftlicher Flächen oder geringe dauerhafte Beschäftigung im Verhältnis zur Größe der Projekte.

¹⁴ Colocation: Rechenzentrum, in dem verschiedene Kunden eigene oder gemietete IT-Systeme in gemeinsam betriebener Infrastruktur unterbringen.

Der Widerstand ist politisch nicht eindeutig links oder rechts. In Pennsylvania, Virginia, Texas, Georgia und weiteren Bundesstaaten entstanden lokale Bündnisse, Bürgerversammlungen und Forderungen nach Moratorien oder strengeren Genehmigungen. Eine Gallup Erhebung vom Mai 2026 meldete, dass sieben von zehn Befragten ein KI Rechenzentrum in ihrer eigenen Umgebung ablehnten. Umfragen bilden Stimmungen ab; sie ersetzen keine Prüfung eines konkreten Projekts.¹⁵

Präsident Donald Trump reagierte Ende August 2026 in einem Beitrag in sozialen Medien scharf auf die Proteste. Er schrieb sinngemäß, Gemeinden, die Rechenzentren ablehnten, riskierten wirtschaftlich zurückzufallen, und warb mit der Formulierung Let Data Reign für den Ausbau. Die Aussage ist eine politische Bewertung. Ob eine Gemeinde tatsächlich profitiert, hängt von Steuern, Strom- und Wasserkosten, Infrastrukturverträgen, Arbeitsplätzen und Umweltauflagen ab.

Die Auseinandersetzung zeigt ein Grundproblem: Nationale KI-Strategien versprechen Wettbewerbsfähigkeit, während Kosten lokal auftreten. Eine faire Planung muss deshalb offenlegen, wer Netzausbau und Wasserinfrastruktur bezahlt, wie viele dauerhafte Arbeitsplätze entstehen und welche Grenzen bei Dürre oder Netzknappheit gelten.

11 Deutschland im internationalen Vergleich

Stärken

Deutschland besitzt eine starke Forschungslandschaft, leistungsfähige Universitäten und Institute sowie besondere Kompetenzen in Robotik, Automatisierung, Produktion, Energie und industrieller Software. Die OECD bewertet Deutschland in diesen anwendungsnahen Feldern als international stark. Der Maschinenbau, die Automobilindustrie, Chemie, Medizintechnik und viele spezialisierte Mittelständler bieten wertvolle Daten und reale Einsatzfelder.

Deutschland kann besonders bei vertrauenswürdiger Industrie-KI, eingebetteten Systemen, Qualitätskontrolle, digitaler Verwaltung und energieeffizienter Produktion eine führende Rolle einnehmen. Seine Stärke liegt weniger im größten Verbraucher-Chatbot als in der Verbindung von KI mit Maschinen, Fachwissen, Normen und sicheren Prozessen.

Schwächen

Im Vergleich zu den USA und China fehlen große heimische Cloudplattformen, sehr hohe private Investitionen, ausreichend Wachstumskapital und ein ähnlich schneller Zugang zu modernsten Chips und Rechenkapazitäten. Forschungsergebnisse gelangen zu langsam in breite Anwendungen. Kleine und mittlere Unternehmen kämpfen mit Fachkräftemangel, unklarer Datenlage, Kosten und rechtlicher Unsicherheit.

Deutschland darf Regulierung und Innovation nicht als Gegensätze behandeln. Verlässliche Regeln können Vertrauen schaffen, wenn Genehmigungen, Förderprogramme, Reallabore und technische Standards zugleich praktikabel sind. Der europäische AI Act ordnet Systeme nach Risiken und verpflichtet unter anderem zu Transparenz und Schutzmaßnahmen.¹⁶

15 Moratorium: zeitlich befristeter Aufschub oder Genehmigungsstopp, um Regeln und Folgen zunächst zu prüfen.

16 AI Act: Verordnung der Europäischen Union über künstliche Intelligenz mit risikobasierten Pflichten und Verboten.

Eine realistische Position

Feld	Deutsche Position	Priorität
Forschung	International stark	Talente halten und Transfer beschleunigen
Industrie KI	Sehr gute Ausgangslage	Mittelstand Datenräume und Standards verbinden
Basismodelle	Wenige globale Spitzenanbieter	Europäische Modelle und offenen Zugang fördern
Rechenleistung	Ausbaufähig	Netze Standorte Effizienz und europäische Kapazität
Kapital	Lücke bei spätem Wachstum	Skalierung europäischer Unternehmen erleichtern
Regeln	EU weit fortgeschritten	Umsetzung verständlich und verhältnismäßig gestalten

12 Die Arbeitswelt im Wandel

KI ersetzt meist nicht sofort einen ganzen Beruf. Sie verändert zunächst einzelne Tätigkeiten. Schreiben, Suchen, Klassifizieren, Übersetzen, Dokumentieren und einfache Programmierung lassen sich teilweise automatisieren. Gleichzeitig gewinnen Prüfung, Kundenkontakt, Verantwortung, Prozessgestaltung und Fachurteil an Bedeutung.

Besonders betroffen sind wissensintensive Bürotätigkeiten. Das bedeutet nicht automatisch Massenarbeitslosigkeit. Unternehmen können Zeitgewinne für mehr Leistung nutzen, Stellen abbauen oder neue Angebote schaffen. Welche Wirkung überwiegt, hängt von Nachfrage, Qualifizierung, Mitbestimmung und Verteilung der Produktivitätsgewinne ab.

Wahrscheinliche Veränderungen

Berufsgruppe	Was KI übernimmt	Was wichtiger wird
Büro und Verwaltung	Entwürfe Zusammenfassungen Datenerfassung	Fallentscheidung Kommunikation Kontrolle
Recht und Steuern	Recherche Dokumentenanalyse Textentwürfe	Haftung Strategie Verhandlung Einzelfallprüfung

Medien	Transkription Varianten Übersetzung	Quellenprüfung Originalität Recherche Vertrauen
Software	Routinecode Tests Dokumentation	Architektur Sicherheit Produktverständnis
Medizin Pflege	Dokumentation Musterhinweise Planung	Diagnose Verantwortung Empathie körperliche Versorgung
Industrie Handwerk	Prüfung Planung vorausschauende Wartung	Installation Reparatur Erfahrung Arbeit vor Ort
Bildung	Übungen Erklärvarianten Feedbackentwürfe	Beziehung Motivation Didaktik und Bewertung

Was Beschäftigte lernen sollten

- Fachwissen bleibt die Grundlage, weil nur Fachkundige gute Ergebnisse von plausiblen Fehlern unterscheiden können.
- Datenkompetenz hilft, Herkunft, Qualität und Aussagekraft von Informationen zu beurteilen.
- KI Kompetenz umfasst gute Arbeitsaufträge, Prüfung, Datenschutz und Kenntnis der Grenzen.
- Kommunikation, Verantwortung, Kreativität und praktische Erfahrung werden wertvoller, wenn Routine leichter automatisierbar wird.
- Beschäftigte und Betriebsräte sollten bei Einführung, Leistungsüberwachung und Qualifizierung früh beteiligt werden.

Die zentrale Verteilungsfrage lautet: Wer erhält den Nutzen der höheren Produktivität? Faire Übergänge brauchen Weiterbildung, Schutz vor lückenloser Überwachung und Regeln für nachvollziehbare Personalentscheidungen.

13 KI und Datenschutz

Personenbezogene Daten sind alle Informationen, die sich auf eine bestimmte oder bestimmbare Person beziehen. Dazu gehören Namen und Adressen, aber auch Standortdaten, Stimmen, Fotos, Gerätekennungen, Gesundheitsangaben und Kombinationen scheinbar harmloser Merkmale.¹⁷

Beim Einsatz von KI können Daten im Training, in Eingaben, in Protokollen und in erzeugten Antworten verarbeitet werden. Wer vertrauliche Unterlagen in einen öffentlichen Dienst eingibt, kann Geschäftsgeheimnisse oder personenbezogene Daten offenlegen. Entscheidend sind Zweck, Rechtsgrundlage, Anbieter, Speicherort, Zugriffsrechte, Löschfristen und mögliche Nutzung zum weiteren Training.

¹⁷ Personenbezogene Daten: Informationen, die sich auf eine bestimmte oder bestimmbare natürliche Person beziehen.

Die wichtigsten Datenschutzfragen

Frage	Warum sie wichtig ist
Welche Daten werden eingegeben	Datenminimierung reduziert Schäden und Rechtsrisiken
Wo werden sie gespeichert	Speicherort und Unterauftragnehmer beeinflussen Schutz und Zugriff
Wird damit weiter trainiert	Eingaben können in spätere Modellverbesserung einfließen
Wie lange bleiben Protokolle	Lange Aufbewahrung erhöht Missbrauchs- und Offenlegungsrisiken
Wer darf Ergebnisse sehen	Ausgaben können sensible Rückschlüsse enthalten
Gibt es automatisierte Entscheidungen	Betroffene brauchen Information Prüfung und Widerspruchsmöglichkeiten

Die Datenschutz Grundverordnung verlangt unter anderem Rechtmäßigkeit, Zweckbindung, Datenminimierung, Transparenz und Sicherheit. Besonders riskant sind Entscheidungen mit erheblicher Wirkung, etwa in Personal, Kredit, Versicherung oder Sozialverwaltung. Ein Datenschutzkonzept muss technische und organisatorische Maßnahmen verbinden.¹⁸

Praktische Regel

Keine personenbezogenen, medizinischen, anwaltlichen, internen oder geschäftskritischen Informationen in ein KI-System eingeben, bevor Freigabe, Vertrag und Einstellungen geklärt sind. Namen lassen sich häufig entfernen; manchmal bleiben Personen aber über Kontext oder Kombinationen identifizierbar.

14 KI und Urheberrecht

Training mit geschützten Werken

Große Modelle werden mit umfangreichen Datenbeständen trainiert, die Texte, Bilder, Musik, Software und andere möglicherweise geschützte Werke enthalten. Umstritten ist, wann Text und Data Mining erlaubt ist, wie Rechteinhaber widersprechen können und welche Vergütung angemessen wäre. Das Europäische Parlament beschreibt trotz bestehender EU Regeln weiterhin rechtliche Unsicherheiten.¹⁹

¹⁸ Datenschutz-Grundverordnung: unmittelbar geltendes EU-Recht für die Verarbeitung personenbezogener Daten.

Der europäische AI Act verpflichtet Anbieter allgemeiner KI Modelle zu einer Strategie zur Einhaltung des EU Urheberrechts und zu einer öffentlichen Zusammenfassung der Trainingsinhalte. Diese Zusammenfassung ist kein vollständiges Werkverzeichnis, soll Rechteinhabern aber mehr Transparenz verschaffen.

Sind KI Ergebnisse geschützt

Urheberrecht setzt in Deutschland grundsätzlich eine persönliche geistige Schöpfung eines Menschen voraus. Eine vollständig automatisch erzeugte Ausgabe ist daher nicht ohne Weiteres als menschliches Werk geschützt. Nutzt ein Mensch KI nur als Werkzeug und trifft eigene kreative Auswahl- und Gestaltungsentscheidungen, kann der menschliche Anteil geschützt sein. Die Grenze hängt vom Einzelfall ab.

Risiko der Übernahme

Ein Modell kann Formulierungen, Figuren, Bilder oder Programmcode erzeugen, die bestehenden Werken ähneln. Nutzer sollten nicht annehmen, jede Ausgabe sei frei von Rechten Dritter. Besonders bei kommerzieller Nutzung sind Ähnlichkeitsprüfung, Quellenrecherche, Lizenzbedingungen und Dokumentation wichtig.

Situation	Vorsichtige Praxis
Textentwurf	Fakten und prägnante Formulierungen prüfen und eigenständig bearbeiten
Bild	Keine lebenden Künstler gezielt imitieren und Marken Personenrechte prüfen
Musik oder Stimme	Komposition Aufnahme Stimme und Persönlichkeitsrechte getrennt klären
Programmcode	Lizenzhinweise Sicherheitsprüfung und Abhängigkeiten kontrollieren
Unternehmensinhalt	Nutzungsrechte Vertrag Vertraulichkeit und Dokumentation sichern

15 Regeln für einen vernünftigen Einsatz

Gute KI Nutzung beginnt nicht mit einem Werkzeug, sondern mit einer klaren Aufgabe. Je höher der mögliche Schaden, desto stärker müssen Prüfung und menschliche Verantwortung sein.

Prüfliste für Privatpersonen

- Keine sensiblen Daten unnötig eingeben.

19 Text und Data Mining: automatisierte Analyse großer Mengen digitaler Texte und Daten, um Muster und Zusammenhänge zu gewinnen.

- Wichtige Aussagen mit unabhängigen Quellen prüfen.
- KI Bilder Stimmen und Videos nicht ungeprüft weiterleiten.
- Bei Medizin Recht und Finanzen qualifizierte Beratung einholen.
- Kennzeichnen wenn KI Beteiligung für andere wesentlich ist.

Prüfliste für Organisationen

- Zweck Nutzen und erlaubte Daten festlegen.
- Anbieter Verträge Speicherorte und Unterauftragnehmer prüfen.
- Verantwortliche Person und Freigabestufen benennen.
- Qualität nach Fehlerarten und betroffenen Gruppen testen.
- Protokollierung Beschwerdeweg Notfallabschaltung und Ausstiegsplan vorsehen.
- Beschäftigte qualifizieren und Mitbestimmung beachten.
- Energie Wasser und Infrastruktur bei großen Anwendungen mitbewerten.

16 Quantencomputing Grundlagen Anwendungen Chancen und Risiken

Quantencomputer sind keine besonders schnellen gewöhnlichen Computer. Sie nutzen gezielt Regeln der Quantenphysik, um bestimmte mathematische Probleme auf eine andere Weise zu bearbeiten. Für Textverarbeitung, Tabellenkalkulation oder das Surfen im Internet bleiben klassische Computer geeigneter. Ein Quantencomputer ist ein Spezialwerkzeug, das meist zusammen mit klassischen Hochleistungsrechnern eingesetzt wird.

Vom Bit zum Qubit

Ein klassisches Bit speichert entweder den Wert null oder eins. Ein Qubit kann vor einer Messung in einer Überlagerung verschiedener Zustände stehen. Diese Superposition bedeutet nicht, dass bei der Messung beliebig viele Antworten gleichzeitig herauskommen. Ein Quantenalgorithmus verändert vielmehr Wahrscheinlichkeitsamplituden so, dass richtige Lösungsanteile verstärkt und falsche möglichst ausgelöscht werden. Dies nennt man Quanteninterferenz.²⁰²¹²²

Mehrere Qubits können verschränkt sein. Bei dieser Verschränkung lässt sich ihr gemeinsamer Zustand nicht mehr vollständig als Summe unabhängiger Einzelzustände beschreiben.

Quantenalgorithmen nutzen solche Zusammenhänge. Das Ergebnis muss jedoch gemessen werden; dabei erhält man klassische Daten und der Quantenzustand verändert sich.²³

Begriff	Verständliche Erklärung
---------	-------------------------

20 Rebound-Effekt: Effizienz macht eine Nutzung günstiger und kann dadurch den Gesamtverbrauch trotz Einsparung je Vorgang erhöhen.

21 Qubit: kleinste Informationseinheit eines Quantencomputers. Bei der Messung entsteht ein klassisches Ergebnis, zum Beispiel null oder eins.

22 Superposition: quantenmechanische Überlagerung möglicher Zustände vor einer Messung.

23 Quanteninterferenz: wellenartige Verstärkung oder Abschwächung von Wahrscheinlichkeitsamplituden in einer Quantenrechnung.

Bit	Klassische Informationseinheit mit dem Wert null oder eins
Qubit	Quantenmechanische Informationseinheit mit messbaren Zuständen
Quantengatter	Operation, die den Zustand eines oder mehrerer Qubits verändert
Quantenschaltkreis	Geordnete Folge von Quantengattern und Messungen
Quantenalgorithmus	Rechenverfahren, das Quanteneffekte für ein bestimmtes Problem nutzt

Warum heutige Geräte noch begrenzt sind

Qubits reagieren empfindlich auf Wärme, Strahlung, Materialfehler und elektrische Störungen. Viele Systeme müssen deshalb extrem gekühlt und sorgfältig abgeschirmt werden. Der fragile Quantenzustand zerfällt nach kurzer Zeit; Fachleute sprechen von Dekohärenz. Außerdem sind Operationen und Messungen fehleranfällig. Für zuverlässige Rechnungen werden viele physische Qubits benötigt, um ein stabileres logisches Qubit mit Fehlerkorrektur zu bilden.²⁴²⁵

Die Zahl der Qubits allein ist daher kein ausreichendes Qualitätsmaß. Entscheidend sind unter anderem Fehlerraten, Verbindbarkeit, Rechengeschwindigkeit, Kohärenzzeit und die Qualität der Fehlerkorrektur. Derzeitige Systeme eignen sich vor allem für Forschung, Erprobung und eng begrenzte Aufgaben. Ein universeller, fehlertoleranter Quantencomputer für breite Praxisanwendungen ist noch Entwicklungsziel.

Mögliche Einsatzgebiete

Gebiet	Möglicher Nutzen	Wichtige Einschränkung
Chemie und Medikamente	Moleküle und Reaktionen genauer simulieren	Praxisvorteil muss für konkrete Modelle nachgewiesen werden
Materialforschung	Neue Batterien Katalysatoren oder Werkstoffe untersuchen	Fehlerkorrigierte Systeme und gute Modelle erforderlich
Logistik und Planung	Bestimmte	Klassische Verfahren sind

24 Verschränkung: gemeinsamer Quantenzustand mehrerer Qubits, der nicht vollständig durch voneinander unabhängige Einzelzustände beschrieben werden kann.

25 Dekohärenz: Verlust nutzbarer Quanteneigenschaften durch unerwünschte Wechselwirkungen mit der Umgebung.

	Optimierungsprobleme bearbeiten	heute oft schneller und günstiger
Finanzen	Risiken Szenarien und Portfolios erforschen	Keine Garantie für bessere Prognosen oder Gewinne
Energie und Klima	Netze Materialien und chemische Prozesse modellieren	Hoher Entwicklungsaufwand und unklare Gesamtbilanz
Kryptografie	Bestimmte heutige Verschlüsselungsverfahren gefährden	Ausreichend leistungsfähige Systeme existieren noch nicht
KI und maschinelles Lernen	Spezielle Teilrechnungen oder Optimierungen erforschen	Ein allgemeiner KI Beschleuniger ist nicht absehbar

Vorteile und Chancen

- Bestimmte Probleme könnten wesentlich schneller oder mit weniger Rechenschritten gelöst werden.
- Quantensysteme können quantenphysikalische Vorgänge in Molekülen und Materialien unmittelbar modellieren.
- Neue Werkstoffe, Medikamente, Katalysatoren und Energiespeicher könnten zielgerichteter entwickelt werden.
- Die Forschung stärkt Kompetenzen in Physik, Kryotechnik, Photonik, Elektronik, Software und Messtechnik.
- Hybride Systeme verbinden Quantenprozessoren mit klassischen Supercomputern und KI Verfahren.

Nachteile Risiken und offene Fragen

- Quantencomputer liefern nicht für jede Aufgabe einen Vorteil und ersetzen klassische Rechner nicht.
- Hardware ist teuer, störanfällig und technisch aufwendig; manche Bauarten benötigen extreme Kühlung.
- Fehlerkorrektur kann sehr viele physische Qubits für wenige zuverlässige logische Qubits verlangen.
- Übertriebene Versprechen erschweren seriöse Investitionsentscheidungen und können Fördermittel fehlleiten.
- Ein zukünftiger leistungsfähiger Quantencomputer könnte verbreitete asymmetrische Verschlüsselung brechen.
- Zugang zu Hardware, Patenten und Fachkräften kann neue wirtschaftliche und geopolitische Abhängigkeiten schaffen.
- Auch der Energie- und Ressourcenbedarf des Gesamtsystems aus Kühlung, Steuerung und klassischen Rechnern muss bewertet werden.

Datensicherheit schon heute vorbereiten

Die größte unmittelbar planbare Aufgabe ist die Umstellung auf Post Quanten Kryptografie. Dabei handelt es sich um neue klassische Verschlüsselungs- und Signaturverfahren, die Angriffen durch künftige Quantencomputer widerstehen sollen. NIST veröffentlichte 2024 die ersten drei endgültigen Standards. Organisationen sollten inventarisieren, wo anfällige Verfahren eingesetzt werden, langfristig schützenswerte Daten erkennen und eine schrittweise Migration planen. Hintergrund ist auch das Risiko, verschlüsselte Daten heute zu sammeln und später mit leistungsfähigerer Technik zu entschlüsseln.²⁶

Deutschland und Quantencomputing

Deutschland verfügt über eine starke Forschungslandschaft, industrielle Messtechnik, Maschinenbaukompetenz und mehrere öffentliche Programme. Das Handlungskonzept Quantentechnologien von 2023 sollte Forschung, souveränen Zugang und Transfer stärken. Die Hightech Agenda nennt für 2030 unter anderem mindestens zwei fehlerkorrigierte Quantencomputer auf europäischem Spitzenniveau. Die Herausforderung ähnelt der KI: Forschungsergebnisse müssen schneller in skalierbare Produkte, Software, Fachkräfteausbildung und wirtschaftlich sinnvolle Anwendungen überführt werden.

Eine realistische Strategie verbindet langfristige Grundlagenforschung mit unabhängigen Leistungstests, europäischer Zusammenarbeit, Standards und frühzeitiger Cybersicherheitsvorsorge. Beschaffung und Förderung sollten nicht nur Qubit Zahlen, sondern nachvollziehbare Qualität, Nutzbarkeit, Energiebedarf und offene Schnittstellen berücksichtigen.

17 Ausblick

KI Systeme werden günstiger, schneller und stärker in Alltagssoftware integriert. Kleine Modelle können zunehmend lokal auf Geräten laufen, während große Modelle in Rechenzentren weiterwachsen. Agenten werden mehrstufige Aufgaben übernehmen. Robotik verbindet digitale Planung mit Handlungen in der physischen Welt.

Gleichzeitig wächst der Druck auf Stromnetze, Wasserressourcen, Recht und Bildung. Effizienzgewinne pro Rechenvorgang reichen nicht automatisch aus, wenn die Nutzung noch schneller wächst. Dieses Phänomen wird Rebound Effekt genannt.²⁷

Die Zukunft der KI ist keine rein technische Entscheidung. Gesellschaften bestimmen durch Gesetze, Beschaffung, Forschung, Bildung, Energiepolitik und Verbraucherentscheidungen, welche Anwendungen sich durchsetzen. Ziel sollte eine KI sein, die menschliche Fähigkeiten erweitert, nachvollziehbar bleibt und ihre Kosten nicht auf Beschäftigte, Anwohner oder kommende Generationen verlagert.

26 Logisches Qubit: fehlerkorrigierte Informationseinheit, die mithilfe mehrerer physischer Qubits zuverlässiger arbeiten soll.

27 Post-Quanten-Kryptografie: klassische kryptografische Verfahren, die auch Angriffen durch ausreichend leistungsfähige Quantencomputer widerstehen sollen.

Glossar

Begriff	Erklärung
Algorithmus	Eindeutige Abfolge von Rechenschritten
Basismodell	Großes Modell als Grundlage vieler Anwendungen
Deepfake	Täuschend echter künstlich erzeugter oder veränderter Medieninhalt
Deep Learning	Lernen mit tiefen neuronalen Netzen
Halluzination	Plausible aber falsche oder unbelegte KI Ausgabe
Inference	Anwendung eines trainierten Modells auf neue Eingaben
KI Agent	System das Ziele in mehrere Arbeitsschritte zerlegt und Werkzeuge nutzt
Modell	Trainiertes mathematisches System mit vielen Parametern
Multimodal	Verarbeitet mehrere Medienarten wie Text Bild und Ton
Parameter	Im Training angepasste interne Zahlenwerte eines Modells
Prompt	Arbeitsauftrag oder Eingabe an ein generatives System
Training	Anpassung eines Modells anhand von Daten
Transformer	Architektur zur Verarbeitung von Beziehungen in Datenfolgen
Wasserentnahme	Gesamte entnommene Wassermenge
Wasserverbrauch	Anteil der Entnahme der nicht in das lokale System zurückkehrt
Qubit	Quantenmechanische Informationseinheit

Superposition	Überlagerung möglicher Quantenzustände vor einer Messung
Verschränkung	Gemeinsamer Quantenzustand mehrerer nicht unabhängig beschreibbarer Qubits
Dekohärenz	Verlust eines empfindlichen Quantenzustands durch Einflüsse der Umgebung
Post Quanten Kryptografie	Klassische Kryptografie zum Schutz vor künftigen Quantenangriffen

Quellen und weiterführende Literatur

- **Internationale Energieagentur: Energy and AI sowie Key Questions on Energy and AI.** <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/executive-summary>
- **US Energieministerium und Lawrence Berkeley National Laboratory: 2024 United States Data Center Energy Usage Report.** <https://eta.lbl.gov/publications/2024-lbnl-data-center-energy-usage-report>
- **OECD: Artificial Intelligence Review of Germany.** https://www.oecd.org/en/publications/2024/06/oecd-artificial-intelligence-review-of-germany_c1c35ccf/full-report.html
- **Stanford Institute for Human Centered AI: AI Index Report 2025.** <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>
- **Europäische Kommission: Regulatory framework on artificial intelligence.** <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>
- **Europäische Kommission: General Purpose AI Code of Practice.** <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/contents-code-gpai>
- **Europäisches Parlament: AI and copyright The training of general purpose AI.** [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2025/769585/EPRS_ATA\(2025\)769585_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2025/769585/EPRS_ATA(2025)769585_EN.pdf)
- **European Data Protection Board: Opinion 28 2024 on certain data protection aspects related to AI models.** https://www.edpb.europa.eu/our-work-tools/our-documents/opinion-board-art-64/opinion-282024-certain-data-protection-aspects_en
- **NIST: Artificial Intelligence Risk Management Framework.** <https://www.nist.gov/itl/ai-risk-management-framework>
- **Gallup: Americans Oppose AI Data Centers in Their Area.** <https://news.gallup.com/>
- **Harvard Gazette: Why are communities pushing back against data centers.** <https://news.harvard.edu/gazette/story/2026/04/why-are-communities-pushing-back-against-data-centers/>
- **ABC News: Let Data Reign Trump goes all in on controversial data centers.** <https://abcnews.com/Politics/data-reign-trump-stands-firmly-controversial-data-centers/story?id=136092127>

- **IBM: What is quantum computing.** <https://www.ibm.com/think/topics/quantum-computing>
- **NIST: Post quantum cryptography.** <https://www.nist.gov/pqc>
- **Bundesregierung: Hightech Agenda Roadmap Quantentechnologien.** <https://hightech-agenda-deutschland.de/roadmaps/quantentechnologien/>

Hinweis zum Redaktionsstand: Technische Leistungswerte, Marktpositionen, Umweltprognosen und Rechtsregeln verändern sich schnell. Für Investitionen, Genehmigungen oder Rechtsentscheidungen sind aktuelle Originalquellen und fachliche Beratung erforderlich.

KI UND QUANTENCOMPUTING

Zwei Schlüsseltechnologien verändern Forschung, Wirtschaft und Alltag.

Dieses Nachschlagewerk erklärt ihre Grundlagen, Anwendungen und Grenzen - verständlich, ausgewogen und mit Blick auf Energie, Wasser, Arbeit, Datenschutz und Urheberrecht.

Wissen schafft Orientierung.