

# Chancen und Risiken von Künstlicher Intelligenz für die deutsche Wirtschaft

Künstliche Intelligenz (KI) stellt eines der wichtigsten digitalen Zukunftsthemen dar und stößt auf immer größeres Interesse in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Die Entwicklungen schreiten rasch voran. Dabei werden mit KI große Potenziale für die Zukunft, aber auch Gefahren, wie z. B. die Ausgrenzung von Minderheiten, verbunden. So hat die Bundesregierung bereits 2018 eine KI-Strategie auf den Weg gebracht. Hierdurch soll der Standort Deutschland in Erforschung, Entwicklung und Anwendung von KI im internationalen Wettbewerb gestärkt werden. Wo steht Deutschland bei der Anwendung und Entwicklung von KI? Genügen die ergriffenen Maßnahmen? In welchen Bereichen besteht noch Handlungsbedarf?

## Die „unmenschliche“ Revolution – Künstliche Intelligenz als Schicksalstechnologie für Deutschland und Europa

**Henning Vöpel**, Centrum für Europäische Politik (cep), Freiburg; BSP Business & Law School, Berlin.

## Jetzt bloß nicht den Anschluss verlieren! – Status quo, Potenziale und Herausforderungen von Künstlicher Intelligenz

**Irene Bertschek**, ZEW Mannheim; Justus-Liebig-Universität Gießen; Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).

## Künstliche Intelligenz – wo stehen wir in Deutschland?

**Volker Brühl**, Goethe-Universität, Frankfurt am Main.

## Künstliche Intelligenz in der deutschen Wirtschaft: Ohne Digitalisierung und Daten geht nichts

**Barbara Engels**, Institut der deutschen Wirtschaft, Köln.

---

**Title:** *Opportunities and Risks of Artificial Intelligence for the German Economy*

**Abstract:** *Artificial intelligence (AI) represents one of the most important digital topics of the future and is attracting ever greater interest in science, business and society. The developments are progressing rapidly. AI is associated with great potential for the future, but also with dangers. The German government has already launched an AI strategy in 2018. The aim is to strengthen Germany's international competitive position in the research, development and application of AI. Where does Germany stand in the application and development of AI? Are the measures taken sufficient? In which areas is there still a need for action?*

Henning Vöpel

## Die „unmenschliche“ Revolution – Künstliche Intelligenz als Schicksalstechnologie für Deutschland und Europa

Künstliche Intelligenz (KI) hat Menschen seit jeher gleichermaßen zu utopischen wie dystopischen Visionen inspiriert. Doch sie wird die Menschheit weder erlösen noch auslöschen. Das Gute und das Böse sind Grundtatbestände der Welt, sie haben schon das Feuer wahlweise zu einem Werkzeug oder einer Waffe gemacht. So wird es auch bei KI sein. Mit den Large Language Models (LLM) hat sich die Entwicklung von KI beschleunigt. ChatGPT hat plötzlich vielfältige, sehr konkrete und produktive Anwendungen in fast allen Branchen ermöglicht. Von einem neuen „iPhone-Moment“ ist bereits die Rede. Spätestens jetzt geht es um einen verantwortungsvollen Umgang mit KI, denn die Chancen für Produktivität und Fortschritt sind ebenso groß wie die Risiken für Demokratie und Freiheit. KI wird ein neues technologisches und kulturelles Zeitalter der Menschheitsgeschichte begründen, neue Geschäftsmodelle hervorbringen, ganze Industrien transformieren, einen enormen Produktivitätsschub auslösen und die Arbeitswelt revolutionieren. Schätzungen gehen von einem zusätzlichen globalen Wachstum von rund 7 % und einem jährlichen Produktivitätswachstum von 1,5 % in der nächsten Dekade aus (Goldman Sachs, 2023). Gerade für Deutschland und Europa bieten sich aufgrund der demografischen Entwicklung und der industriellen Transformation besondere Chancen. Doch daran sind regulatorische, qualifikatorische und vor allem auch kulturelle Bedingungen geknüpft, die nicht nur optimistisch stimmen.

### Keine Technologie wie jede andere

KI unterscheidet sich von allen anderen Technologien – unabhängig davon, ob sie wirklich intelligent ist oder irgendwann sogar ein Bewusstsein entwickeln wird – darin, dass sie selbstlernend ist. Ihre wesentlichen Eigenschaften bestehen daher in einer

- exponentiellen Entwicklung, d. h. sie beschleunigt sich und löst Entwicklungssprünge aus,
- autonomen Entwicklung, d. h. sie entkoppelt sich potenziell vom Menschen auf einem Pfad der Co-Evolution.

© Der/die Autor:in 2023. Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht ([creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de)).

Open Access wird durch die ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft gefördert.

Aufgrund dieser Eigenschaften ist es unmöglich, heute alle zukünftigen Entwicklungen und Möglichkeiten der KI zu antizipieren. Chancen und Risiken müssen daher rechtzeitig abgewogen werden. Konkret geht es darum, die Potenziale mutig zu entwickeln und gleichzeitig die Risiken in der Anwendung verantwortungsvoll zu kontrollieren. Entwicklung und Anwendung, Potenziale und Risiken lassen sich jedoch nicht strikt voneinander trennen. Genau hier liegt die Sorge einiger führender Forscher:innen und Entwickler:innen – darunter der KI-Pionier und ehemalige Google-Entwickler Geoffrey Hinton –, dass es nämlich einen Point of no Return geben könnte, einen Kipppunkt in die Singularität, ab dem sich KI irreversibel der Kontrolle des Menschen entzieht und vollständig autonom entwickelt (z. B. Brown, 2023).

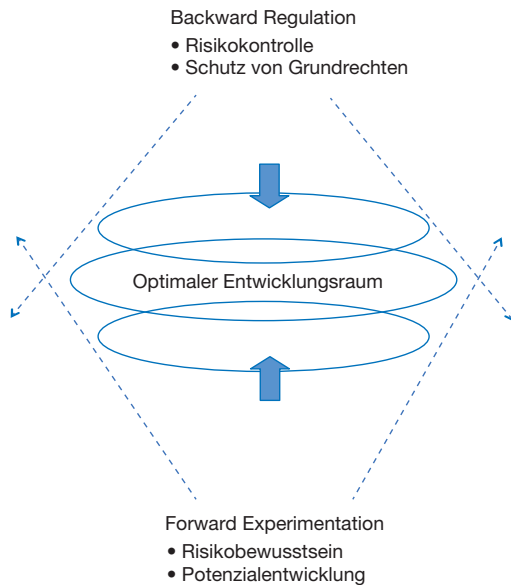
### Die Regulierungsfrage und der Systemwettbewerb

Angesichts dieser Eigenschaften von KI kommt ihrer Regulierung eine entscheidende Bedeutung zu. Sie impliziert zwei Wettrennen: eines gegen die Zeit, ein anderes gegen Länder, wie die USA oder China, die entweder sehr liberale oder sehr autoritäre Regulierungsansätze wählen. Die Europäische Kommission hat Anfang des Jahres 2023 den „EU AI Act“ im Entwurf vorgelegt, der nach eigener Angabe die erste umfassende Regulierung von KI weltweit ist (European Commission, 2021; European Parliament, 2023).<sup>1</sup> Ironischerweise musste dieser Entwurf noch einmal zurückgenommen werden, als ChatGPT-4 auf den Markt kam – mit der Begründung, dass man zwar die General Purpose Artificial Intelligence (GPAI) berücksichtigt hätte, aber nicht die spezielle Klasse der Foundation Models und Generative Artificial Intelligence (z. B. Küsters und Vöpel, 2023). Dieses Beispiel zeigt, wie schwierig und wenig robust ein statischer Regulierungsansatz gegen-

<sup>1</sup> Am 14. Juni 2023 hat das Europäische Parlament seine Position zum AI Act formuliert und geht nun in die Verhandlungen mit dem Europäischen Rat. Eine Einigung wird zum Ende des Jahres erwartet.

**Prof. Dr. Henning Vöpel** ist Direktor des Centrums für Europäische Politik in Freiburg und Professor für Volkswirtschaftslehre an der BSP Business and Law School in Berlin.

Abbildung 1

**Regulierung von Künstlichen Intelligenzen**

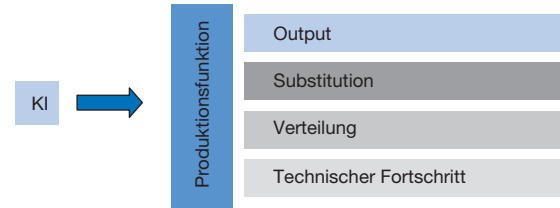
Quelle: eigene Darstellung.

über einer sehr dynamischen Technologieentwicklung ist. Der Ansatz der Kommission sieht eine risikobasierte Regulierung vor – mit einer allgemeinen horizontalen Risikoabschätzung und einer spezifischen vertikalen Risikoabschätzung für Hochrisikosysteme und für besonders kritische Anwendungsbereiche sowie einem „Stempel“ für Inhalte, die von KI erstellt oder bearbeitet worden sind.

Der zweite Aspekt ist die Wettbewerbsfähigkeit der EU-Regulierung und die Frage, ob diese Form der Regulierung Investitionen anzieht und Anwendungen ermöglicht, weil sie eine sichere und transparente Umgebung schafft, oder umgekehrt die EU in der Entwicklung von KI durch diese relativ restriktive Regulierung von anderen Ökosystemen der KI selbst abhängig sein könnte. Die USA haben demgegenüber jüngst ihre eigene „Philosophie“ verkündet, die explizit die Chancen für Innovation und Fortschritt betont. Einen globalen Standard zu etablieren, ist das Ziel des G7-Hiroshima-Prozesses zu generativer KI.

Eine wesentliche Funktion von Regulierung besteht darin, Vertrauen und Transparenz durch den Schutz des Wettbewerbs und die Klärung der Haftungsfrage zu schaffen. Die Entwicklung von KI wird derzeit von einigen wenigen großen privaten Akteuren wie Google, Microsoft oder OpenAI mit hoher Konzentration und Marktmacht bestimmt. Die Einbeziehung von Open-Source-Plattformen ist dabei eine wesentliche Herausforderung. Um einen optimalen Raum für die Entwicklung von KI zu schaffen, wäre eine

Abbildung 2

**Künstliche Intelligenz in der Produktionsfunktion**

Quelle: eigene Darstellung.

Kombination aus Backward Regulation, von den Entwicklungsrisiken aus gedacht, und Forward Experimentation, von den Anwendungspotenzialen aus gedacht, die einen Verantwortungsbereich definiert (vgl. Abbildung 1).

**Die produktive „Menschmaschine“**

Wie verändert KI die Ökonomie, was bedeutet sie für Produktion, Wohlfahrt, technischen Fortschritt und Verteilung? Eine Annäherung an diese Fragen liefert das Konzept einer makroökonomischen Produktionsfunktion (Schneider und Vöpel, 2018; Vöpel, 2018). In Abbildung 2 sind die Wirkungskanäle stilisiert dargestellt.

KI ist zunächst weder eindeutig dem Faktor Arbeit noch dem Faktor Kapital zuzuordnen. Sie ist eine Art „Menschmaschine“, ein hybrides Kontinuum zwischen „Mensch“ und „Maschine“. Sie ersetzt, verbindet und vermehrt sowohl die klassische Arbeit als auch das physische Kapital. Dabei geht es nicht allein um Automatisierung in einem industriellen und mechanistischen Sinne, sondern um eine Form der Autonomisierung – Maschinen werden untereinander und Menschen mit Maschinen über KI verbunden sein; komplexe, autonome und selbstlernende Wertschöpfungsnetzwerke entstehen. Hierbei spielen Daten eine erhebliche Rolle. Darüber hinaus ist bedeutsam, ob und wie eine selbstlernende KI den technischen Fortschritt im Sinne endogenen Wachstums beeinflusst. Derzeit reproduziert KI bestehendes Wissen, ist aber nur bedingt fähig, neues Wissen zu schaffen.

Die Produktionsmöglichkeiten werden sich durch den Einsatz von KI deutlich ausweiten, die Knappheit bei Fachkräften und Qualifikationen überwinden lassen. Die aggregierte Wohlfahrt wird steigen. Weniger eindeutig zu beantworten ist die Frage, wie sich dadurch die Einkommensverteilung verändert. Selbst nach marxistischer Lesart reichen die Möglichkeiten von Ausbeutung und Verelendung bis hin zum Ende der Knappheit und der Überwindung der Klassengesellschaft. In klassischer Lesart geht es zunächst um die Frage von arbeitssparendem bzw. arbeitsvermehrendem technischen Fortschritt. Es trifft wie bei früherem

technischem Fortschritt im Fall von KI nicht nur oder überwiegend mechanische oder routinemäßige Arbeit, sondern mehr und mehr auch kognitive und kreative Tätigkeiten. Das Potenzial der KI für eine Produktivitäts- und Arbeitsrevolution hängt entscheidend daran, wie schnell es gelingt, Arbeit und Bildung darauf vorzubereiten.

### Der Arbeitsmarkt: KI-Kompetenzen und digitale Mündigkeit

Die Angst vor dauerhafter technologischer Arbeitslosigkeit ist eine immerwährende Sorge: Aristoteles schrieb darüber, ebenso wie Marx und Keynes. Doch fast immer haben sich die Ängste und Befürchtungen – zumindest in der langen Frist – als unbegründet erwiesen. Im Gegenteil: Technologie hat Arbeit produktiver gemacht und die Einkommen erhöht.

Daten zu den Arbeitsmarkteffekten von KI und speziell Large Language Models (LLM) suggerieren in der Tat große Disruptionen (Eloundou et al., 2023). Eher ist jedoch zu vermuten, dass die Technologie ein hilfreiches Komplement denn ein vollständiges Substitut sein wird. Ökonomen haben die Einführung neuer Technologien auf den Arbeitsmarkt bislang vor allem mit drei Modellen beurteilt:

- Das Skills Biased Technological Change (SBTC) Modell repräsentiert den klassischen Wettlauf zwischen Technologie und Bildung als Verhältnis von Angebot und Nachfrage.
- Routine Biased Technological Change (RBTC) oder das „Task Polarization Model“ wurde aus diesem kanonischen Modell entwickelt, unterscheidet sich aber dadurch, dass es die Auswirkungen der Innovation auf der Aufgabenebene („tasks“) ermittelt.
- Das dritte und jüngste Modell ist das des Ersatzes und der Wiedereingliederung von Arbeitskräften nach Acemoglu und Restrepo (2019).

Obwohl sich die Debatte in den vergangenen Jahren vom SBTC-Modell wegbewegt hat, konzentrieren sich viele politische Empfehlungen weiterhin auf die Ausbildung und „Höherqualifizierung“ von gefährdeten Arbeitnehmenden. Das ist aber keine Lösung, wenn die neueren RBTC- und Arbeitsverlagerungsmodelle richtig sind. In diesen Paradigmen schafft die Einführung neuer Technologien eine Nachfrage nach neuen Fertigkeiten oder Kategorien von Fertigkeiten, während die Nachfrage nach anderen Fertigkeiten vernichtet wird (vgl. Kasten 1). Historische Beispiele zeigen, dass es fast immer eine schnelle Entwertung von Humankapital gab, was darauf hindeutet, dass dies auch jetzt im Fall von ChatGPT geschehen könnte. KI wird nicht

#### Kasten 1 The Re-skilling Revolution

Je stärker sich Technologie entwickelt hat, desto mehr mussten Menschen lernen, sie zu nutzen, indem sie ihre technischen Kompetenzen entwickelten. Technologie wurde letztlich, ökonomisch und kulturell, immer dazu genutzt, nicht technischer, sondern „menschlicher“ zu werden. Gleiches ist für die KI zu erwarten. KI wird daher die Stärken des Menschen stärken. Das World Economic Forum (2023) nennt unter anderem folgende „Zukunftsfähigkeiten“: complex problem-solving, critical thinking, creativity, empathy und reasoning. Um also auf die Produktivitäts- und Arbeitsrevolution vorbereitet zu sein, muss das stattfinden, was als Re-skilling Revolution bezeichnet wird.

sämtliche heutige Arbeitsplätze ersetzen, aber jeder zukünftige Arbeitsplatz wird nicht ohne KI auskommen.

Wie bei fast allen technologischen Entwicklungen der Vergangenheit geht es bei den qualifikatorischen Anpassungen in Schule, Berufsausbildungen und Universitäten nicht darum, besser zu werden als die Technologien – Menschen werden niemals schneller rechnen als ein Taschenrechner –, sondern deren produktive Nutzung zu ermöglichen. Bei KI sind digitale Kompetenzen nicht von digitaler Mündigkeit zu trennen, denn der Einsatz und die Anwendung von KI berührt Grundrechte und erfordert einen verantwortungsbewussten Umgang mit Algorithmen und Daten sowie den daraus geschlossenen Schlussfolgerungen, etwa bei medizinischen Diagnosen, juristischen Urteilen oder biometrischen Informationen.

#### Deutschland zwischen neuem Wirtschaftswunder und digitalem Entwicklungsland

Deutschland und Europa fallen in ihrer geopolitischen, wirtschaftlichen und technologischen Bedeutung gegenüber anderen Regionen der Welt zurück. Technologieführerschaft ist seit jeher eine wichtige Voraussetzung für geopolitischen und – über die Fähigkeit, globale Standards auf neuen Märkten zu setzen – handelspolitischen Einfluss. Die Demografie tut ihr Übriges: Das Wachstumspotenzial geht mit dem Produktivitätswachstum zurück, Diffusion von Innovation und Adoption von Technologie verlangsamen sich. Vor diesem Hintergrund wird die Revolution der KI zu einer Schicksalsfrage. In der Grundlagenforschung sind Europa und vor allem Deutschland immer noch führend. Die Frage, wie KI zu Produktivität, Wettbewerbsfähigkeit, Fortschritt und Wohlstand beitra-

gen kann, hängt zunächst von den spezifischen Strukturmerkmalen der deutschen Volkswirtschaft ab. Die deutsche (und europäische) Wirtschaft

- ist mittelständisch, industriell und durch internationale Lieferketten geprägt,
- altert demografisch und hat ein Fachkräfte- sowie ein latentes Bildungsproblem,
- befindet sich in einer doppelten industriellen Transformation mit Rückstand in der Digitalisierung und einer anhaltenden Energiekrise.

KI kann für alle drei strukturellen Merkmale ein wichtiges Werkzeug sein. Das derzeit größte Problem ist die Fachkräfteknappheit und das abnehmende Potenzialwachstum. Schon jetzt besteht eine Knappheit an Fach- und Arbeitskräften, die bis 2035 in der Spitze auf 7 Mio. Personen ansteigt (IAB, 2022). Eine weitere Folge der Demografie ist ein schon seit Jahren schwaches Produktivitätswachstum. In Effizienzeinheiten gemessen kann das entsprechende Arbeitsstundenvolumen zu einem großen Teil durch KI ersetzt werden. Das setzt jedoch voraus, dass nach wie vor Menschen entsprechend ausgebildet werden und Qualifikationen erwerben. Darüber hinaus löst die digitale und ökologische, vor allem energetische Transformation der Industrie, einen hohen Ressourcen- und Qualifikationsbedarf aus und verursacht entsprechende volkswirtschaftliche Kosten.

KI kann für alle drei Problemkreise wesentlich zur Lösung beitragen. *Erstens* ist KI im industriellen Mittelstand der Schlüssel für eine ressourceneffiziente, smarte und resiliente Produktion. *Zweitens* kann KI mit Blick auf Demografie und Alterung einen Produktivitätssprung auslösen. Und *drittens* kann KI ein entscheidendes Werkzeug für die ökologische Transformation und die Energiewende sein, Netze intelligent steuern und energetische Ressourcen effizient nutzen.

Alle diese Effekte sind allerdings an Voraussetzungen und Bedingungen gebunden, die bislang in Europa und vor allem in Deutschland nicht erfüllt sind. Es gilt daher:

- *Kompetenzen zu entwickeln*: Menschen müssen für die Nutzung von KI ausgebildet und mündig sein. Das bezieht sich auf technische Qualifikationen wie gleichermaßen humanistische Bildung.
- *Vertrauen zu schaffen*: KI sind autonome, selbstlernende Algorithmen, die eigenständig entscheiden und handeln. Vertrauen durch Datenschutz und Transparenz sind daher entscheidende Voraussetzungen für die breite Anwendung von KI.

- *Wettbewerb zu schützen*: Momentan konzentrieren sich die wesentlichen Player auf einige wenige private Unternehmen. Anwender müssen die Wahl haben, welche Formen und Anbieter von KI sie nutzen wollen. Dies geht nur, wenn bereits heute der Wettbewerb geschützt wird.
- *Ökosysteme aufzubauen*: KI muss von der Entwicklung in die Anwendung überführt werden, also Innovation auslösen. Dies gelingt nur in entsprechenden KI-Ökosystemen, eine „Triple-Helix“-Vernetzung von Forschung, Wirtschaft und Verwaltung.

Am wichtigsten am Beginn neuer Technologiepfade und -zyklen ist jedoch das Mindset, das die unterschiedlichen Aspekte subsumiert: den regulatorischen Ansatz, die politische Offenheit, den unternehmerischen Geist und den gesellschaftlichen Optimismus. An allem müssen Deutschland und Europa stark arbeiten, damit KI ihre Wohlfahrtsversprechen wirklich einlösen kann. Mit einseitig risikobasierter Regulierung, gesellschaftlicher Technologieskepsis und politischer Trägheit wird es nicht gelingen.

### Statt eines Fazits: von Ikarus über Laplace bis Walras

Einige Historiker behaupten, die Industrialisierung wäre ohne die Aufklärung nicht denkbar gewesen. Wenn dies stimmt, ließe sich analog schlussfolgern, dass mit dem gerade erst beginnenden Zeitalter der KI eine neue Aufklärung einhergehen muss, die den Menschen und die Gesellschaft politisch, grundrechtlich und moralisch in die Lage versetzen soll, KI im Großen als eine menschheitsgeschichtliche Epoche und im Kleinen als ökonomisches Werkzeug zu kultivieren.

Immer erweitert eine neue Technologie die Möglichkeiten des Menschen, immer führt sie den Menschen zu sich selbst zurück – wie einst Ikarus, der von König Minos in ein Labyrinth gesperrt wurde. Der einzige Ausweg bestand darin, sich Flügel mit Wachs anzukleben, dabei aber weder zu tief noch zu hoch zu fliegen. Der Ausgang ist bekannt: Die Versuchung, der Sonne entgegenzuffliegen, war zu groß und wurde von den Göttern mit dem Absturz bestraft.

Der französische Mathematiker Laplace meinte zu Beginn des 18. Jahrhunderts, dass ein „Weltgeist“ in der Lage sei, die Gegenwart vollständig zu kennen und die Zukunft perfekt vorherzusagen. Zugleich meinte er aber auch, dass die menschliche Intelligenz dazu nie imstande sein würde. Diese Auffassung von Laplace führte zu einer langen philosophischen Debatte über Determinismus und Willensfreiheit. Laplace wurde beeinflusst von Issac Newton, der wiederum die ökonomische Theoriebildung durch Adam Smith beeinflusste. Walras hat mit der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie den Gedanken der „unsichtbaren Hand“

aufgegriffen. Später haben Arrow und Debreu gezeigt, dass es möglich ist, einen markträumenden Preisvektor auch für sämtliche Zukunftsmärkte zu bestimmen. Schon bald könnte KI die Rolle des „sozialen Planers“ einnehmen – das ist nicht mehr utopisch, bleibt aber dystopisch.

---

## Literatur

- Acemoglu, D. und P. Restrepo (2023), Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor, *Journal of Economic Perspectives*, 33(2).
- Brown, S. (2023), *Why neural net pioneer Geoffrey Hinton is sounding the alarm on AI*, MIT Sloane School.
- Eloundou, T., S. Manning, P. Mishkin und D. Rock (2023), GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models, *Working Paper*.
- European Commission (2021), Laying Down Harmonised Rules on Artificial Intelligence, 21. April.
- European Parliament (2023), EU AI Act: first regulation on artificial intelligence, 14. Juni.
- Goldman Sachs (2023), Generative AI: Hype, Or Truly Transformative?, *Global Macro Research*, 120, 5. Juli.
- IAB (2022), Wie sich eine demografisch bedingte Schrumpfung des Arbeitsmarkts noch abwenden lässt, <https://www.iab-forum.de/wie-sich-eine-demografisch-bedingte-schrumpfung-des-arbeitsmarkts-noch-abwenden-laesst/> (8. August 2023).
- Küstners, A. und H. Vöpel (2023), Fürchtet euch nicht! Weshalb KI nicht das Ende der Aufklärung bedeutet, *Tagesspiegel Background*, 8. März.
- Schneider, J. und H. Vöpel (2018), *Thinking beyond tomorrow: Künstliche Intelligenz und die Neuordnung der Wirtschaft*.
- Vöpel, H. (2018), Wie Künstliche Intelligenz die Ordnung der Wirtschaft revolutioniert, *Wirtschaftsdienst*, 90(15), <https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2018/heft/11/beitrag/wie-kuenstliche-intelligenz-die-ordnung-der-wirtschaft-revolutioniert.html> (8. August 2023).
- World Economic Forum (2023), *Future of Jobs Report 2023*.

---

**Title:** *The “Inhuman” Revolution – Artificial Intelligence as the Technology of Destiny for Germany and Europe*

**Abstract:** *Artificial intelligence defines a new age of technological and economic progress, but also causes disruptive effects on business models, industries, and the society in general. It is argued that in order to make AI a productive and progressive technology regulatory as well as educational requirements must first be matched. Threats and opportunities must be weighed up in advance. Given the coincidence of geopolitical shift and industrial transformation, becoming a leading and competitive player in the game of AI is key for the German and European economy. In order to do so, AI must be developed both in a responsible as well as innovative way. Otherwise, Germany and Europe would lose ground against China and the US at the beginning of a new age of progress.*

Irene Bertschek\*

## Jetzt bloß nicht den Anschluss verlieren! – Status quo, Potenziale und Herausforderungen von Künstlicher Intelligenz

Ist es nicht wie bei allen technologischen Hypes? Die neue Technologie wird die Welt revolutionieren, nichts bleibt wie es ist. Gleichzeitig werden Innovationen beflügelt und die Produktivität erfährt nie dagewesene Wachstumsschübe – haben wir dies nicht alles schon mal gehört oder gelesen? In der Regel läuft dann alles langsamer und moderater ab als erwartet. Doch wie steht es um die Künstliche Intelligenz (KI)? Läuft es dieses Mal doch anders als bei Computer und Internet? Verschiedene Studien liefern Evidenz dafür, dass KI die Eigenschaften einer Querschnittstechnologie aufweist, d.h. dass sie sich durch eine hohe technologische Dynamik auszeichnet, in vielen Branchen einsetzbar ist und durch ihre Anwendung Innovationen ermöglicht. Diese Eigenschaften sind es, die auch ein hohes Potenzial für Produktivitätswachstum mit sich bringen (z.B. Brynjolfsson et al., 2019; Cockburn et al., 2019). Erste ökonomische Analysen zeigen, dass Unternehmen, die KI nutzen, sowohl innovativer als auch produktiver sind, auch wenn dies nicht unbedingt eine kausale Wirkung von KI belegt (Rammer et al., 2022; Czarnitzki et al., 2023).

In den vergangenen zehn Jahren hat sich vor allem das Maschinelle Lernen als KI-Methode weiterentwickelt. Es beruht darauf, dass Softwareprogramme – in der Regel neuronale Netze – aus Daten lernen und Vorhersagen treffen. Agrawal et al. (2018) sprechen daher von „prediction technologies“. Im Gegensatz dazu basiert die symbolische KI darauf, Regeln zu entwickeln, die es ermöglichen, aus verarbeiteten Informationen Schlussfolgerungen zu ziehen. Sie hat jedoch seit 2012 an Bedeutung verloren (z.B. EFI, 2019). Die zunehmende Verfügbarkeit von Daten und Rechenkapazität ermöglicht es große neuronale Netze, sogenannte Transformermodelle bzw. Large Language Models zu berechnen und damit Chatbots, wie ChatGPT von OpenAI, zu entwickeln (z.B. Albrecht, 2023). Dessen Einführung hat die Welt ordentlich aufgerüttelt, weil er Erstaunliches schafft und als „generative KI“ Texte, Bilder und Programmcodes generieren kann.

### USA und China dominieren KI-Entwicklung

Bei der Entwicklung von KI ist es ähnlich wie beim Internet. Es sind die großen Tech-Konzerne, wie Microsoft und Goog-

le, die viel in KI investieren. Doch wo steht Deutschland im internationalen Vergleich? Die Plattform Lernende Systeme verfolgt die Entwicklung verschiedener KI-Indikatoren.<sup>1</sup> Betrachtet man die Zahl wissenschaftlicher Publikationen zu KI als Indikator für die Forschungsleistung, so liegt im Jahr 2022 China mit über 70.000 Publikationen mit Abstand an der Spitze. Es folgen die EU inklusive Großbritannien sowie die USA. Bezogen auf die Einwohnerzahl liegen die USA, Deutschland und Israel fast gleichauf. China ist das Land, aus dem wissenschaftliche KI-Publikationen weltweit am häufigsten zitiert werden, mit einem Anteil von 40% der Zitationen. Bei der Zahl neu angemeldeter KI-Patente führen im Jahr 2020 die USA. Allerdings hat China auch hier in den Jahren 2019 und 2020 deutlich aufgeholt. An dritter Stelle liegt die EU inklusive Großbritannien, Deutschland folgt mit deutlichem Abstand. Die Reihenfolge der Länder ändert sich, wenn die absoluten Zahlen auf die Zahl der Einwohner:innen bezogen werden. Dann nimmt Israel bei der Zahl neu angemeldeter KI-Patente eine Vorreiterrolle ein.

### KI-Start-ups: Finanzierung und Fachkräftemangel

Die Zahl wirtschaftsaktiver KI-Start-ups<sup>2</sup> in Deutschland nahm, einer aktuellen Studie von Rammer (2023) zufolge, von rund 1.200 im Jahr 2007 auf rund 3.000 im Jahr 2021 zu. Für 2022 und 2023 zeigt sich eine leichte Abnahme, die unter anderem in einem Rückgang der neugegründeten KI-Start-ups begründet sein dürfte.<sup>3</sup> KI-Start-ups sehen vor allem die Finanzierung für neue Projekte (83% der Start-ups) als auch den Fachkräftemangel (78%) als Herausforderung an. Aber auch rechtliche Regelungen zum Datenschutz (74%) und der Zugang zu Daten (68%) stellen für viele KI-Start-ups eine Herausforderung dar.

Eine Voraussetzung dafür, gesamtwirtschaftliche Produktivitätswirkungen zu erzielen, ist die Nutzung von KI in der Breite der Wirtschaft. Auf der Anwenderseite hat sich die Nutzung von KI durch Unternehmen in Deutschland von knapp 6% 2019 auf 10% im Jahr 2021 fast verdoppelt, wie repräsentative Umfrageergebnisse aus dem Mannheimer Innovationspanel zeigen (Rammer, 2022). Wie üblich bei

© Der/die Autor:in 2023. Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht ([creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de)).

Open Access wird durch die ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft gefördert.

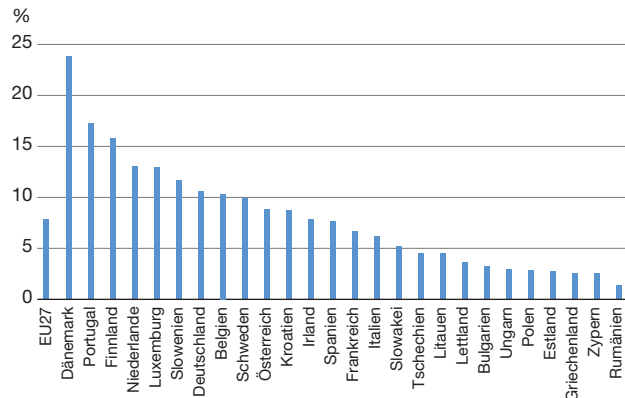
\* Ich danke Daniel Erdsiek und Bettina Schuck für die Unterstützung bei der Erstellung des Beitrags.

1 Siehe Publikationen und Patente auf der Plattform Lernende Systeme, <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-monitoring.html> (7. August 2023).

2 Der Begriff bezieht sich in der hier zitierten Studie auf maximal zwölf Jahre alte Unternehmen.

3 Siehe <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-monitoring.html> (7. August 2023).

Abbildung 1  
Unternehmen, die KI-Technologien nutzen, nach Ländern, 2021



Anteil der Unternehmen mit mindestens 10 Beschäftigten, die KI nutzen.

Quelle: Eurostat, 2022.

neuen digitalen Technologien finden sich die Nutzer:innen eher unter großen Unternehmen und eher in Branchen, in denen die Verarbeitung von Informationen eine vergleichsweise große Rolle spielt. Im europäischen Vergleich nimmt die deutsche Wirtschaft einen Platz im oberen Drittel ein und liegt mit 11 % KI-nutzender Unternehmen im Jahr 2021 knapp über dem EU-Durchschnitt von 8 % (vgl. Abbildung 1). Dänemark weist mit 24 % die höchste Nutzerrate unter den EU-Ländern auf (Eurostat, 2022).

### KI vor allem für Texterkennung und -generierung

KI ist kein homogenes Konstrukt, sondern beschreibt vielfältige Verfahren. Beispiele sind die Text-, Bild- oder Spracherkennung oder die KI-gestützte Robotik. In Deutschland nutzen derzeit 37 % der Unternehmen in der Informationswirtschaft<sup>4</sup> und 18 % der Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe KI für die Texterkennung oder Textgenerierung (vgl. Abbildung 2). Prognosen im kaufmännischen oder technischen Bereich werden von 8 % der Unternehmen in der Informationswirtschaft und von 5 % im verarbeitenden Gewerbe genutzt. Die KI-gestützte Robotik kommt bisher nur bei wenigen Unternehmen zum Einsatz (vgl. Abbildung 2).

### Forschungs- und innovationsfreundliche Rahmenbedingungen schaffen

Mit der im Jahr 2018 verabschiedeten und im Jahr 2020 fortgeschriebenen KI-Strategie hat sich die damalige Bundesregierung (2018, 2020) das ambitionierte Ziel ge-

4 Die Informationswirtschaft umfasst nach einer Definition des ZEW die Branche für Informations- und Kommunikationstechnologien, Medienserviceleistungen sowie wissensintensive Dienstleister, siehe <https://www.zew.de/forschung/konjunkturumfrage-informationswirtschaft> (7. August 2023).

**Prof. Dr. Irene Bertschek** leitet den Forschungsbereich Digitale Ökonomie am ZEW Mannheim, lehrt im Fachgebiet Ökonomie der Digitalisierung an der Justus-Liebig-Universität Gießen und ist stellvertretende Vorsitzende der Expertenkommission Forschung und Innovation.

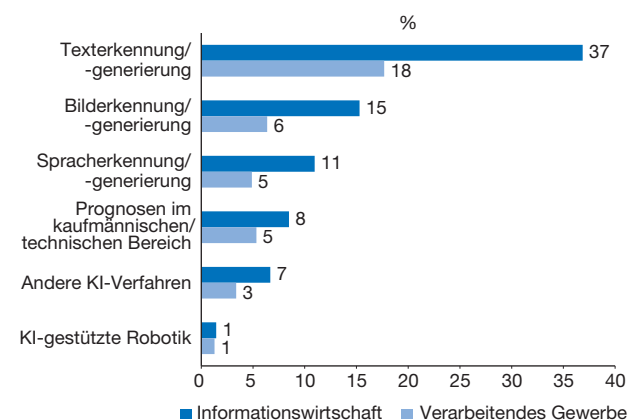
setzt, „Deutschland zu einem weltweit führenden Standort bei der Erforschung, Entwicklung und Anwendung von Künstlicher Intelligenz“ zu machen. Von den seit 2019 insgesamt 2,65 Mrd. Euro bereitgestellten Mitteln waren Stand November 2022 1,13 Mrd. verausgabt. Der Bund fördert sechs KI-Kompetenzzentren, d.h. ein Netzwerk bestehend aus elf Standorten bundesweit, KI-Professuren und Nachwuchsgruppen. Hinzu kommen Förderprogramme, die KMU fokussieren sowie die Förderung von KI-Start-ups. Initiativen auf Länderebene, wie das Cyber Valley in Tübingen<sup>5</sup>, ergänzen die Aktivitäten des Bundes. Bei der anstehenden Aktualisierung der KI-Strategie sollte die Bundesregierung vor allem auf die Schaffung forschungs- und innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen hinwirken. Wesentliche Elemente stellen dabei Daten, Fachkräfte und Reallabore dar.

### Daten nutzbar machen und Expertise aufbauen

Forschungsgelder zur Verfügung zu stellen und insbesondere wachstumsorientierte KI-Start-ups zu fördern, ist

5 Siehe <https://cyber-valley.de/> (7. August 2023).

Abbildung 2  
Anteil der Unternehmen in Deutschland, die das jeweilige KI-Verfahren einsetzen



KI umfasst selbstlernende Computersysteme zur eigenständigen Lösung von Problemen, die insbesondere auf Maschinellem Lernen basieren.

Quelle: ZEW-Konjunkturumfrage, 1. Quartal 2023.



sicherlich eine wichtige Grundlage, um den Forschungsstandort und die Entwicklung innovativer Anwendungen zu unterstützen. Doch finanzielle Förderung alleine wird nicht ausreichen. Maschinelles Lernen und insbesondere generative KI wie ChatGPT benötigen Algorithmen, Daten und Rechenleistung. Gerade bei der Bereitstellung und Nutzung von Daten hat sich Deutschland bislang nicht als Vorreiter erwiesen. Eine enge Auslegung des Datenschutzrechts und eingeschränkte Möglichkeiten, Datensätze nutzbar und miteinander verknüpfbar zu machen, sind Hindernisse, die es zu überwinden gilt. Ein Beispiel hierfür ist das Gesundheitssystem: Trotz langer Planungsphase ist es bislang nicht gelungen, die elektronische Patientenakte in die breite Anwendung zu bringen und Gesundheitsdaten für die Forschung, unter anderem mit Methoden der KI, nutzbar zu machen (Cantner et al., 2023). Das Gesundheitsdatennutzungs-gesetz, das seit Juni 2023 im Entwurf vorliegt, soll dazu beitragen Hindernisse aus dem Weg zu räumen, aber dessen Umsetzung ist noch nicht in Sicht.

Eine weitere große Herausforderung besteht darin, Fachkräfte mit geeigneter Expertise zu entwickeln und zu gewinnen, und zwar sowohl für die Spitzenforschung als auch für die Anwendung von KI in Unternehmen. Dem Angebot in den Studienfächern Informatik, Statistik und Ethik kommt damit eine wichtige Bedeutung zu, ebenso wie der Flexibilität, internationale Spitzenforscher:innen mit attraktiven Rahmenbedingungen gewinnen zu können.

### Lernende Regulatorik ermöglichen

Auf EU-Ebene befindet sich derzeit der Artificial Intelligence (AI) Act (EU-Kommission, 2021) zur Regulierung von KI in den Trilogverhandlungen zwischen EU-Parlament, EU-Kommission und Mitgliedstaaten und soll bis Ende des Jahres 2023 verabschiedet werden. Eine große Herausforderung besteht darin, einerseits innovative KI-Lösungen und darauf aufbauende Innovationen nicht zu verhindern, aber gleichzeitig die Risiken, die mit der Nutzung von KI verbunden sein können, im Zaum zu halten. Um Chancen und Risiken von KI-Lösungen bewerten zu können und deren Kategorisierung in Risikogruppen, wie sie im AI Act vorgesehen sind, zu erleichtern, kommt Reallaboren eine wichtige Rolle zu (EU-Kommission, 2021; BMWi, 2018). Reallabore erlauben es, innovative Lösungen in zeitlich und räumlich begrenztem Umfeld auszuprobieren, bevor sie nach erfolgreicher Evaluation in die breite Anwendung gebracht werden. Auf Basis des Erkenntnis-

gewinns kann dann nicht nur die innovative Lösung, sondern auch der regulatorische Rahmen weiterentwickelt werden (acatech, 2023). Für Deutschland ist es daher wichtig, das geplante Reallabore-Gesetz auf den Weg zu bringen und zu verabschieden, um es – nicht nur, aber auch – für KI-Lösungen anwenden zu können.

### Literatur

- acatech (2023), Lernende Regulatorik als Innovationstreiber – Anregungen zur Ausgestaltung des Reallabore-Gesetzes, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- Albrecht, S. (2023), ChatGPT und andere Computermodelle zur Sprachverarbeitung – Grundlagen, Anwendungspotenziale und mögliche Auswirkungen, *TAB-Hintergrundpapier*, 26.
- Agrawal, A., J. Gans und A. Goldfarb (2018), *Prediction Machines – The Simple Economics of Artificial Intelligence*, Harvard Business Review Press.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018), Reallabore als Testräume für Innovation und Regulierung. Innovation ermöglichen und Regulierung weiterentwickeln.
- Brynjolfsson, E., D. Rock und C. Syverson (2019), Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics, in A. Agrawal, J. Gans und A. Goldfarb (Hrsg.), *The Economics of Artificial Intelligence: an Agenda*, National Bureau of Economic Research conference report, The University of Chicago Press.
- Bundesregierung (2018), Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung – Fortschreibung 2020.
- Bundesregierung (2020), Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung – Fortschreibung 2020.
- Cantner, U., I. Bertschek, G. Bünstorf, C. Häussler, T. Requate und F. Welter (2023), Gesundheitswirtschaft in der digitalen Transformation, *Wirtschaftsdienst*, 103(7), 460-466.
- Cockburn, I. M., R. Henderson und S. Stern (2019), The Impact of Artificial Intelligence on Innovation, in A. Agrawal, J. Gans und A. Goldfarb (Hrsg.), *The Economics of Artificial Intelligence: an Agenda*, National Bureau of Economic Research conference report, The University of Chicago Press.
- Czarnitzki, D., G. P. Fernández und C. Rammer (2023), Artificial Intelligence and Firm-level Productivity, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 211, 188-205.
- EU-Kommission (2021), Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council Laying Down Harmonised Rules on Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act) and Amending Certain Union Legislative Acts, <https://artificialintelligenceact.eu/the-act/>.
- Eurostat (2022), Use of artificial intelligence in enterprises, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use\\_of\\_artificial\\_intelligence\\_in\\_enterprises#Enterprises\\_using\\_artificial\\_intelligence\\_technologies](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use_of_artificial_intelligence_in_enterprises#Enterprises_using_artificial_intelligence_technologies) (7. August 2023).
- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2019), Jahresgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands.
- Rammer, C. (2023), Das Ökosystem für KI-Startups in Deutschland – Vermarktung, Finanzierung, Fachkräfte und Vernetzung in Unternehmensgründungen im Bereich Künstliche Intelligenz, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (Hrsg.).
- Rammer, C. (2022), Kompetenzen und Kooperationen zu Künstlicher Intelligenz – Ergebnisse einer Befragung von KI-aktiven Unternehmen in Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (Hrsg.).
- Rammer, C., D. Czarnitzki und G. P. Fernández (2022), Artificial Intelligence and Industrial Innovation, *Research Policy*, 51(7).

### Title: *Keeping Pace with Technology – Status Quo, Potentials and Challenges of Artificial Intelligence*

**Abstract:** Artificial Intelligence (AI) is likely to be the next general purpose technology. The U.S. and China are important players in the development of AI. Germany has a vibrant AI startup scene and is among the first third of EU countries in applying AI technologies. In order not to lose touch with international developments, Germany should work toward creating research- and innovation-friendly framework conditions. Appropriate measures include improving data availability, building AI expertise and enabling flexible regulation.

Volker Brühl

## Künstliche Intelligenz – wo stehen wir in Deutschland?

Kaum eine Technologie wird derzeit so kontrovers diskutiert wie Künstliche Intelligenz (KI). Dabei gibt es sehr unterschiedliche Perspektiven auf das, was man eigentlich unter KI versteht. Sehr allgemein kann man unter KI Systeme, Maschinen oder Instrumente verstehen, die in der Lage sind, Aufgaben zu erfüllen, die eigentlich menschliche Intelligenz erfordern (Russel und Nordvig, 2021). Intelligente Assistenten können Informationen aus der Umwelt aufnehmen, verarbeiten, Aktionen ausführen und aus den entstehenden Wirkungen lernen, sodass die Performance des Systems schrittweise optimiert wird. Bekannte Beispiele stammen aus der industriellen Robotik in lernenden Fabriken (Smart Factory) oder in der Service Robotik (Medizin, Pflege, Sicherheit, Smart Home), bei denen KI physisch z. B. durch intelligent gesteuerte Montagearbeiten oder gar durch einen humanoiden Aufbau des Roboters erlebbar werden. In vielen anderen Bereichen begegnen uns KI-Anwendungen eher virtuell, etwa bei der Nutzung digitaler Assistenten, Suchmaschinen, Bild- oder Spracherkennungsanwendungen oder in den Bereichen Cyber Security, Betrugserkennung oder beim (teil)autonomen Fahren. Vor allem Fortschritte in den Methoden des Maschinellen Lernens in Verbindung mit der Entwicklung immer leistungsfähigerer grafischer Prozessoren (GPU) haben in den vergangenen Jahren das Spektrum von KI-basierten Systemen erweitert und deren Performance massiv verbessert. Dies verdeutlichen auch die seit einigen Monaten im Fokus stehenden sogenannten GAI (Generative Artificial Intelligence) Systeme, wie der inzwischen sehr bekannte Chatbot ChatGPT, der seit seiner Erstveröffentlichung im November 2022 einen Schub in der KI-Diskussion nicht nur hierzulande ausgelöst hat (Brühl, 2023; Cao et al., 2023). GAI-Anwendungen können Texte, Bilder, Videos oder Computer Code selbst als Response auf die Eingaben der Nutzer:innen erzeugen. Die immer besser werdende Qualität des jeweiligen Outputs ist eine Folge der stark steigenden Leistungsfähigkeit solcher Systeme. GAI-Anwendungen basieren häufig auf sogenannten Large Language Models (LLM), die auf sehr leistungsfähigen neuronalen Netzen basieren. Diese werden auf der Basis von riesigen Textdatensätzen trainiert, sodass diese die Syntax und Semantik

von Texten lernen, Assoziationen und Zusammenhänge erkennen und eigenständige Schlussfolgerungen ziehen können. Interessant ist, dass die bekannten großen Technologie-Konzerne (BigTech), wie Alphabet (Google), Meta (Facebook), Microsoft, Amazon und Apple, diese gerade entstehenden Märkte für GAI-Anwendungen bereits zu dominieren beginnen. So wurde ChatGPT sowie das dazu gehörige LLM (GPT-3) von OpenAI entwickelt, an dem Microsoft beteiligt ist. Google hat das Konkurrenzprodukt Bard veröffentlicht. Auch die anderen großen Technologie-Konzerne arbeiten an ähnlichen Lösungen. Kritische Marktbeobachter:innen befürchten, dass deutsche und europäische Technologieunternehmen einmal mehr den Anschluss an die US-amerikanischen Tech-Giganten verlieren könnten.

Auch wenn KI ein weites Feld ist und die Wachstumsprognosen gerade in einem noch recht jungen Markt mit großen Unsicherheiten behaftet sind, gehen die meisten Marktbeobachter:innen von einem enormen Wachstum der KI-Märkte in den kommenden Jahren aus. KI hat das Potenzial, die Wettbewerbsfähigkeit von deutschen Unternehmen in zahlreichen Sektoren und damit letztlich auch die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft insgesamt zu beeinflussen.

### KI-Forschung in Deutschland

Es stellt sich die Frage, wie Deutschland eigentlich im internationalen Vergleich dasteht. Dazu haben wir die Forschungsproduktivität bei KI untersucht, um herauszufinden, wie deutsche KI-Forschung im internationalen Vergleich positioniert ist. Grundlage für unsere Analyse ist die Publikationsdatenbank DBLP, die mit Unterstützung der Universität Würzburg entsprechende Auswertungen ermöglicht. Wir haben ein Ranking der KI-Forscher:innen gemessen an der über alle Kategorien (unter anderem Natural Language Processing, Machine Learning, Problem Solving, Cognitive AI, Knowledge Representation,

© Der/die Autor:in 2023. Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht ([creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de)).

Open Access wird durch die ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft gefördert.

**Prof. Dr. Volker Brühl** ist Geschäftsführer am Center for Financial Studies an der Goethe-Universität in Frankfurt am Main.

Uncertainty, Computer Vision, Robotics) aggregierten Zahl der Publikationen erstellt. Rankings der Forschenden nach den unterschiedlichen KI-Segmenten haben wir ebenfalls erstellt, aber an dieser Stelle nicht veröffentlicht, da es hier nicht um die individuelle Exzellenz der Forscher:innen auf einem spezifischen Gebiet, sondern vielmehr um einen Indikator für die Forschungsproduktivität im Bereich KI insgesamt geht. Eine wünschenswerte Differenzierung der jeweiligen Publikationen z.B. nach Zitierhäufigkeit oder wissenschaftlicher Qualität der jeweiligen Zeitschrift/Konferenz wurde wegen der fehlenden Daten nicht vorgenommen. Abbildung 1 zeigt, dass US-amerikanische Autor:innen dieses Ranking gemessen an der Zahl der wissenschaftlichen KI-Publikationen oder Konferenzbeiträge für den Zeitraum 2013 bis 2022 deutlich anführen. Deutsche Forscher:innen liegen hinter chinesischen Autor:innen jedoch bereits auf Rang drei. Man kann also festhalten, dass die deutsche KI-Forschung auch international eine Spitzenposition einnimmt.

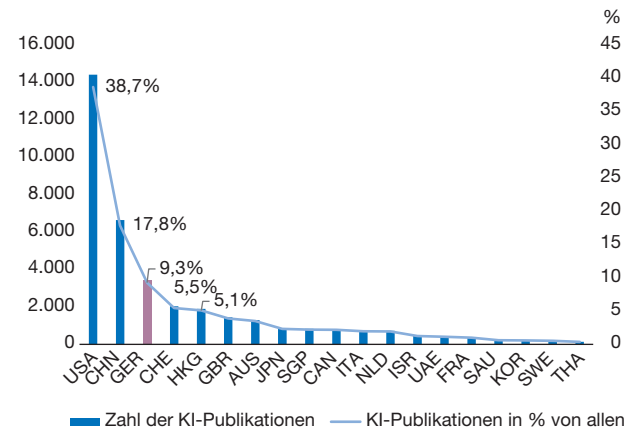
Überträgt man diese Auswertung auf die Universitäten, an denen die jeweiligen Forscher:innen tätig oder mit denen diese assoziiert sind, ergibt sich ein verändertes Bild (vgl. Tabelle 1). Denn die Forschenden kommen vor allem an den Spitzeninstituten aus sehr unterschiedlichen Ländern. Es ist zu berücksichtigen, dass in Deutschland bei KI-Forschung sehr bedeutsame Institutionen, wie insbesondere das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) mit seinen unterschiedlichen Standorten oder auch Fraunhofer-Institute, die ebenfalls hochkarätige Forschung mit KI-Bezug betreiben, namentlich hier nicht auftauchen, da die Forscher:innen über ihre jeweiligen Universitäten erfasst werden.

Es zeigt sich, dass unter den Top 10 mit Carnegie-Mellon, Stanford, MIT, Berkeley, University of Illinois und UCLA gleich sechs US-amerikanische Universitäten zu finden sind, gefolgt von drei Universitäten aus China bzw. Hong Kong. Einzig die ETH Zürich befindet sich als europäische Universität in der absoluten Spitzengruppe. Aber unter den Top-50-Universitäten für KI findet man gleich mehrere deutsche Hochschulen, wie die TU Darmstadt, die TU München, das KIT, Bonn, Nürnberg, Saarbrücken (MPI) und Tübingen (MPI). Wenn man unterstellt, dass exzellente Forschung in der Regel auch mit einer hervorragenden fachspezifischen Ausbildung nicht nur von wissenschaftlichem Nachwuchs, sondern auch für die berufliche Qualifizierung einhergeht, so ist Deutschland mit seinen Instituten auch hier sehr gut aufgestellt.

### KI-Start-ups

Der Schritt von erfolgreicher Forschung hin zu praktischen Anwendungen ist gemeinhin eine Herausforderung,

Abbildung 1  
Anzahl der KI-Publikationen<sup>1</sup> nach Nationalität der Forschenden, 2013 bis 2022



<sup>1</sup> Wissenschaftliche Publikationen und Konferenzbeiträge über alle KI-Segmente hinweg (unter anderem Natural Language Processing, Machine Learning, Problem Solving, Cognitive AI, Knowledge Representation, Uncertainty, Computer Vision, Robotics).

Quelle: eigene Berechnungen, <https://airankings.professor-x.de/>, Universität Würzburg.

die im Technologiesektor traditionell US-amerikanischen Gründer:innen besonders gut gelingt. Dies belegen nicht zuletzt die großen Technologiekonzerne wie Alphabet, Amazon, Meta, Microsoft oder Apple, die oftmals im Umfeld der US-amerikanischen Spitzenuniversitäten gegründet worden sind und ihren Nachwuchs häufig von diesen Hochschulen rekrutieren. Hier hängt nicht nur Deutschland, sondern die EU insgesamt hinterher. Dies belegt exemplarisch die Aufstellung der jährlich vom Marktforschungsinstitut CB Insights (2022) gekürzten Top-100-KI-Start-ups. Diese Liste basiert auf einem komplexen Scoring-Modell, in das zahlreiche Faktoren, wie etwa Innovativität, Marktpotenzial, Alleinstellungsmerkmal, Kompetenz/Track-Record des Teams und Patente, einfließen. Es sei erwähnt, dass es neben der hier zitierten Auswahl natürlich auch andere Listen von erfolgversprechenden KI-Start-ups gibt, die alle auf unterschiedlichen Kriterien und zum Teil auch subjektiven Einschätzungen der jeweiligen Marktanalysten beruhen. Daher gehen wir auf einzelne Unternehmen nicht ein. Es geht vielmehr um eine Indikation für die geografische Verteilung von KI-Start-ups, denen man eine gewisse Erfolgswahrscheinlichkeit zuordnet. Innerhalb der Top-100 wird keine Reihenfolge gebildet. Für das Jahr 2022 ergibt sich das folgende Bild (vgl. Abbildung 2).

Allein 73 der im Jahr 2022 ausgewählten KI-Start-ups kommen aus den USA, gefolgt von Großbritannien (8), Kanada (5) und Israel (4). Bei den Anwendungsfeldern halten sich Entwicklungs-Tools, industriespezifische und industrieübergreifende Applikationen in etwa die Waa-

Tabelle 1

**Führende Institutionen im Bereich KI**

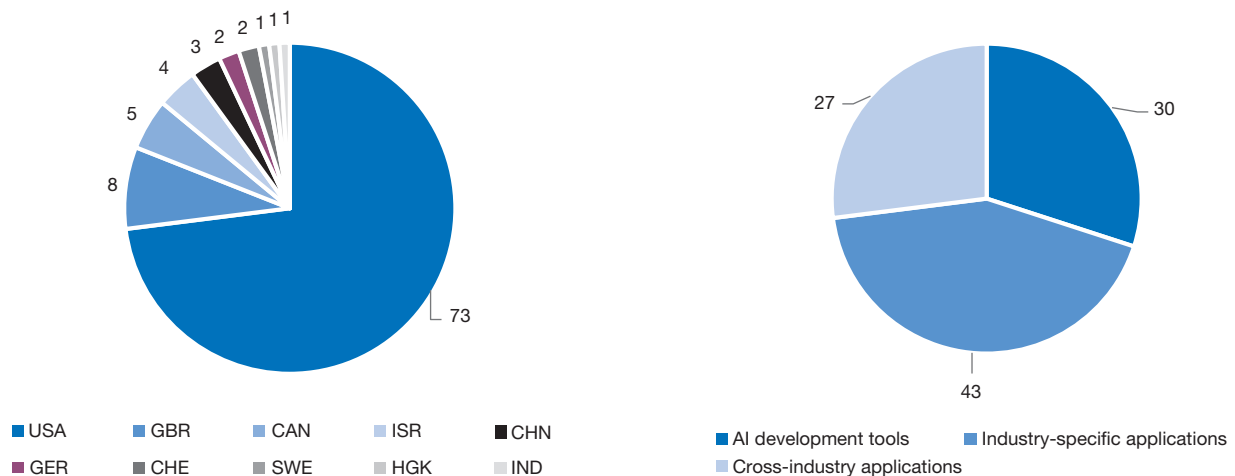
Anzahl der Publikationen 2013 bis 2022

Rang	Institution	Land	KI-Publikationen (2013-2022)	KI-Publikationen in %	Kumulativ in %
1	Carnegie Mellon University	USA	1.544	5,5	5,5
2	ETH Zürich	CHE	1.509	5,4	10,8
3	U.C. Berkeley	USA	1.482	5,3	16,1
4	Stanford University	USA	1.287	4,6	20,7
5	Tsinghua University	CHN	1.227	4,4	25,0
6	University of Illinois	USA	1.196	4,2	29,3
7	MIT	USA	992	3,5	32,8
8	The Chinese University of Hong Kong	HGK	842	3,0	35,8
9	UCLA	USA	762	2,7	38,5
10	Shanghai Jiao Tong University	CHN	731	2,6	41,1
11	University of Texas	USA	727	2,6	43,6
12	University of Sydney	AUS	644	2,3	45,9
13	<b>TU München</b>	GER	634	2,2	48,2
14	University of Science and Technology of China	CHN	619	2,2	50,4
15	Institute of Computing Technology, CAS	CHN	611	2,2	52,5
16	University of Oxford	GBR	603	2,1	54,7
17	University of Pennsylvania	USA	597	2,1	56,8
18	<b>TU Darmstadt</b>	GER	585	2,1	58,9
19	Italian Institute of Technology (IIT)	ITA	530	1,9	60,8
20	The University of Tokyo	JPN	502	1,8	62,5
21	University of Washington	USA	501	1,8	64,3
22	University of Amsterdam	NLD	464	1,6	66,0
23	Arizona State University	USA	453	1,6	67,6
24	Harvard University	USA	441	1,6	69,1
25	Nanyang Technological University, Singapore	SGP	439	1,6	70,7
26	Zayed University of Artificial Intelligence	UAE	426	1,5	72,2
27	Zhejiang University	CHN	399	1,4	73,6
28	University of Maryland	USA	383	1,4	75,0
29	Michigan State University	USA	380	1,3	76,3
30	<b>TU Nürnberg</b>	GER	374	1,3	77,7
31	Inria - Institut national de recherche en informatique et en automatique	FRA	373	1,3	79,0
32	Graduate School at the University of Tokyo	JPN	371	1,3	80,3
33	École polytechnique fédérale de Lausanne	CHE	365	1,3	81,6
34	National University of Singapore	SGP	361	1,3	82,9
35	<b>Max Planck Institute for Informatics Saarbrücken</b>	GER	356	1,3	84,1
36	University of Toronto	CAN	342	1,2	85,4
37	Texas A&M University	USA	333	1,2	86,5
38	<b>Universität Bonn</b>	GER	328	1,2	87,7
39	<b>Max Planck Institute for Intelligent Systems Tübingen</b>	GER	308	1,1	88,8
40	Ben-Gurion University	ISR	306	1,1	89,9
41	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	GER	300	1,1	90,9
42	University of Montreal	CAN	300	1,1	92,0
43	Hong Kong University of Science and Technology	HGK	290	1,0	93,0
44	Loughborough University	GBR	290	1,0	94,1
45	Sun Yat-Sen University	CHN	289	1,0	95,1
46	University of Adelaide	AUS	284	1,0	96,1
47	University of California at Merced	USA	280	1,0	97,1
48	Peking University	CHN	276	1,0	98,1
49	Nanjing University	CHN	275	1,0	99,0
50	Beijing Academy of Artificial Intelligence	CHN	269	1,0	100,0
	Anzahl der Publikationen gesamt		28.180		

Quelle: eigene Berechnungen, <https://airrankings.professor-x.de/>, Universität Würzburg.

Abbildung 2  
Verteilung der Top-100 KI-Start-ups, 2022

Anzahl der Publikationen 2013 bis 2022



Quelle: CBInsights 2023, eigene Berechnungen.

ge. Nur zwei der Top-100-Unternehmen kommen aus Deutschland.

### Fazit

Es besteht also eine deutliche Diskrepanz zwischen der Forschungsproduktivität deutscher KI-Wissenschaftler:innen sowie der Qualität der universitären Einrichtungen einerseits und den (erfolgreichen) Unternehmensgründungen auf diesem Gebiet andererseits. Die möglichen Gründe für diese Beobachtung können vielfältig sein. Viele Spitzenforscher:innen mögen eine Tätigkeit in der Forschung bevorzugen oder ihre berufliche Perspektive eher in einem größeren bereits etablierten Unternehmen suchen und somit die hohen Risiken einer Unternehmensgründung meiden. Manche Beobachter:innen machen das Fehlen von Risikokapital (Venture Capital) dafür verantwortlich. Andere Stimmen sehen einen Mangel an Pioniergeist in der jungen Generation, dem man

etwa durch entsprechende Bildungsangebote in Schulen oder durch Studiengänge wie Entrepreneurship an den Hochschulen begegnen müsste. Vielleicht müssen wir in Deutschland und Europa stärker in Clustern denken, in denen Forschung, Gründungen und industrielle Kooperationen leichter gedeihen als in einem fragmentierten, dezentralen System wie wir es hier in Deutschland pflegen.

### Literatur

- Brühl, V. (2023), Generative Artificial Intelligence (GAI) – foundations, use cases and economic potential, 19. Juli, *Center for Financial Studies Working Paper*, 713, [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4515593](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4515593) (28. Juli 2023).
- Cao, Y., S. Li, Y. Liu, Z. Yan, Y. Dai, P. S. Yu und L. Sun (2023), A comprehensive survey of ai-generated content (aigc): A history of generative ai from gan to chatgpt, *arXiv*, preprint arXiv:2303.04226.
- CB Insights (2022), The most promising artificial intelligence startups of 2022, *Top 100 AI Startups*, 17. Mai.
- Russel, S. J. und P. Nordvig (2021), *Artificial Intelligence – A Modern Approach*, 4. Aufl., Pearson.

### Title: Artificial Intelligence – Where Do We Stand in Germany?

**Abstract:** Artificial Intelligence (AI) is widely regarded as a technology which will impact the future competitiveness of the German economy. Looking at the research productivity of German scientists and universities in AI, we find that Germany definitively belongs to the top performers in AI research globally, although the United States and China are somewhat ahead. This is not surprising taking into account the sheer size of their talent pools. Furthermore, the majority of promising AI startups are based in the United States, while Germany is clearly underrepresented in the group of excellent AI startups given Germany's excellence in AI research. Hence, it is obviously more challenging for Germany to translate research excellence into successful entrepreneurship.

Barbara Engels

## Künstliche Intelligenz in der deutschen Wirtschaft: Ohne Digitalisierung und Daten geht nichts

Künstliche Intelligenz (KI) ist der Motor des Fortschritts und damit die Grundlage für unseren künftigen Wohlstand. KI-Technologien sind daher von großer Bedeutung für alle Bereiche der Wirtschaft. Besonders in Unternehmen und Unternehmensbereichen, in denen Prozesse automatisiert sind oder automatisiert werden können, kann KI zu Effizienzsteigerungen und Kosteneinsparungen führen. KI-gesteuerte Automatisierung ermöglicht beispielsweise eine optimierte Produktion und Logistik. Maschinelles Lernen und entsprechende Datenanalysen können tiefe Einblicke in Kundenpräferenzen und Markttrends bieten. Zudem kann KI Mitarbeitende in vielen Routinetätigkeiten unterstützen – was wiederum den Fachkräftemangel lindern kann.

Die deutsche Wirtschaft könnte durch den gezielten Einsatz von KI ihre Position in globalen Märkten stärken und innovative Produkte und Dienstleistungen anbieten. Das Gros der Unternehmen in Deutschland nutzt allerdings noch keine Künstliche Intelligenz. Laut dem KI-Monitor setzen 2022 knapp 19% der Unternehmen in Deutschland KI ein (Rusche et al., 2022).

Die Punkte, an denen KI in einem Unternehmen eingesetzt werden kann, sind vielfältig. So hat die rasante Verbreitung des Chatbots ChatGPT gezeigt, dass eine solche KI theoretisch für alle Kontexte, in denen natürliche Sprache eine Rolle spielt, genutzt werden kann.

KI kann sowohl die Kernaktivitäten als auch die Unterstützungsaktivitäten von Unternehmen optimieren. Kernaktivitäten bilden sequenziell aufeinander aufbauend den Produktionsprozess ab. Zu ihnen gehören Einkauf und Beschaffung, Produktion, Marketing und Vertrieb sowie Kundenservice. Unter Unterstützungs- bzw. Querschnittsaktivitäten sind solche zu verstehen, die für alle Bereiche der Unternehmung relevant sind, darunter administrative Prozesse, Personalwirtschaft, Finanzen, Recht, Logistik sowie Forschung und Entwicklung.

Weltweit setzen Unternehmen KI derzeit vor allem ein, um Serviceabläufe zu optimieren (24%), KI-basierte Produk-

te zu entwickeln (20%), ihre Kunden zu analysieren und Produkte zu verbessern (jeweils 19%; Stanford University, 2023). Zu den KI-Funktionen, die Unternehmen weltweit am häufigsten nutzen, gehören die robotergestützte Prozessautomatisierung (39% der befragten Unternehmen), Computer Vision (34%), Natural Language-Textinterpretation (33%) und virtuelle Agenten (33%). In der Produktion eines großen deutschen Autoherstellers beispielsweise erkennen KI-Systeme am Geräusch, ob zwei Getriebeteile perfekt ineinanderpassen oder reiben. Das menschliche Ohr hört solche Anomalien nicht früh genug – mit kostspieligen Folgeschäden (Kugoth, 2023).

### Voraussetzung für die Implementierung von KI: Digitalisierung

Entscheidend für eine erfolgreiche Implementierung von KI ist, wie digital das Unternehmen ist, in dem diese implementiert werden soll. Denn der Grad der Digitalisierung eines Unternehmens ist ein Indikator dafür, inwiefern verschiedene Bereiche der Unternehmung digital vernetzt sind und inwiefern Prozesse im Unternehmen digital umgesetzt werden, was eine Voraussetzung für die Automatisierung und Autonomisierung mittels KI ist. Er ist weiterhin ein Indikator dafür, wie leicht sich die per se digitale KI-Anwendung in die Unternehmensstruktur eingliedern lässt. Auch unternehmensexterne Faktoren, die die Rahmenbedingungen für die unternehmensinterne Digitalisierung bilden, spielen eine wichtige Rolle. So sollte die unternehmensexterne technische Infrastruktur, insbesondere die Verfügbarkeit von Internet mit hohen Bandbreiten, so gestaltet sein, dass sie die Digitalisierung der Unternehmen und damit die Implementierung von KI begünstigt.

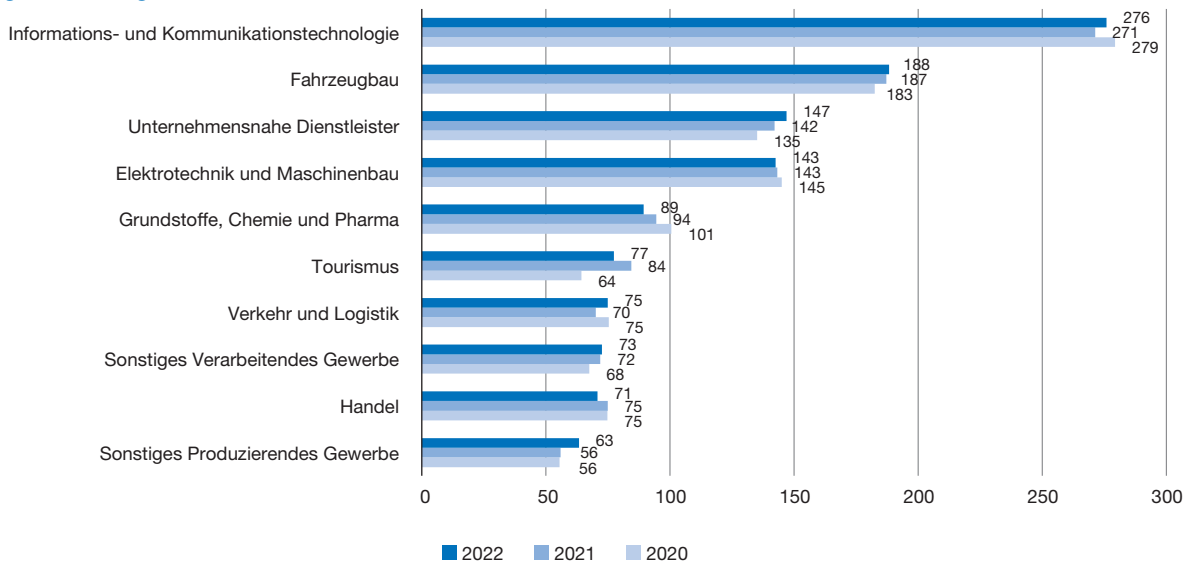
Der seit 2020 jährlich im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz erhobene Digitalisierungsindex demonstriert die Entwicklung der Digitalisierung von Unternehmen in zehn verschiedenen Branchen. Dazu misst er verschiedene Digitalisierungsindikatoren in

© Der/die Autor:in 2023. Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht ([creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de)).

Open Access wird durch die ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft gefördert.

**Barbara Engels** ist Senior Economist beim Institut der deutschen Wirtschaft am Standort Köln.

Abbildung 1  
Digitalisierung der Branchen in Deutschland



Ergebnisse des Digitalisierungsindex 2020, 2021 und 2022 in Punkten; Branchendurchschnitt: 105,1 Punkte.

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Büchel und Engels (2022a).

fünf unternehmensinternen und fünf unternehmensexternen Kategorien.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Branchen sehr unterschiedlich digitalisiert sind und sich insgesamt nur langsam weiter digitalisieren (vgl. Abbildung 1). Deutlicher Spitzenreiter ist über die drei Erhebungsjahre hinweg die Branche der Informations- und Kommunikationstechnologie, die 2022 einen Wert von 276 Punkten erreicht – mehr als das 2,5-fache des Branchendurchschnitts. An zweiter Stelle behauptet sich der Fahrzeugbau. Drittplatziert sind im Jahr 2022 die Unternehmensnahen Dienstleister, die der Branchengruppe Elektrotechnik und Maschinenbau den Rang ablaufen. Zu den Unternehmensnahen Dienstleistern zählen beispielsweise Architektur- und Ingenieurbüros, Wirtschaftsprüfer und Unternehmensberatungen. Deutlich unterdurchschnittlich sind die Branchengruppen Sonstiges Produzierendes Gewerbe (darunter Energie- und Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung, Baugewerbe), Handel, Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe, Verkehr und Logistik sowie Tourismus. Sie erreichen maximal 77 Punkte. Der Unterschied zu den führenden Branchen ist eklatant.

Um KI-Anwendungen erfolgreich implementieren zu können, muss der Digitalisierungsgrad der Unternehmen steigen. Gerade die Digitalisierung der Prozesse ist zentral für die Implementierung der KI. Diese wird im Digitalisierungsindex im Indikator „Digitaler Reifegrad Prozesse“

gemessen, der den Anteil der Unternehmen, deren Prozesse die Reifegradstufe „stark digitalisiert“ aufweisen, zeigt (vgl. Abbildung 2).<sup>1</sup> In allen untersuchten Branchen sind die Unternehmen mit stark digitalisierten Prozessen in der Minderheit. Am besten schneidet die IKT-Branche mit 40 % Anteil ab, gefolgt von den Unternehmensnahen Dienstleistern mit 33 %. Gerade Branchen des Produzierenden und Verarbeitenden Gewerbes schneiden schlecht ab: In den Branchen Elektrotechnik und Maschinenbau, Fahrzeugbau sowie dem Sonstigen Verarbeitenden bzw. Produzierenden Gewerbe sind die Anteile 25 % und weniger. Dabei liegen gerade in deren Wertschöpfungsprozessen große Automatisierungspotenziale. Eine Studie prognostiziert dem Produzierenden Gewerbe das höchste zu erwartende KI-induzierte Wachstum der Bruttowertschöpfung unter allen Branchengruppen (iit, 2018).

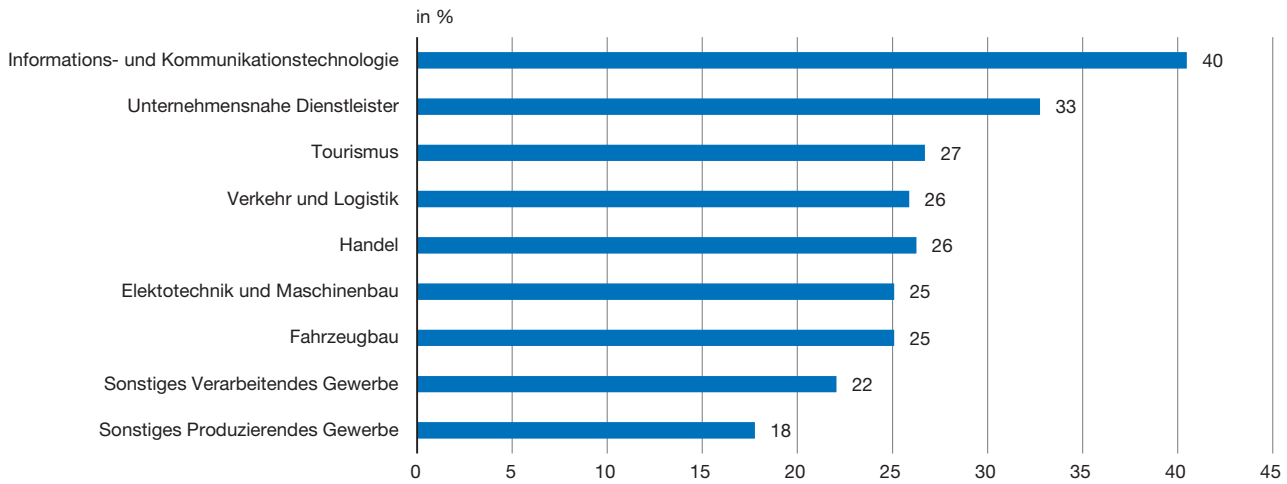
In den vergangenen drei Jahren hat sich der Anteil der Unternehmen, deren Prozesse stark digitalisiert sind,

<sup>1</sup> Die Zuordnung erfolgt anhand eines Reifegradmodells, das auf dem acatech-Industrie 4.0 Maturity-Modell basiert (Schuh et al., 2017). Unternehmen mit stark digitalisierten Prozessen verfügen mindestens über digitale Bestandsdaten und einen Grundstock von digitalen Prozessdaten, organisieren Prozesse medienbruchfrei und können integrierte Prozessmodelle darstellen (Büchel et al., 2020). Idealerweise können sie auch mit Hilfe automatisierter Analysen Ursachen für bestimmte Prozessergebnisse identifizieren sowie daten- und modellgestützt Entwicklungen in Unternehmensabläufen und am Markt vorhersagen. In der Endstufe des digitalen Reifegradmodells arbeiten die Unternehmen mit KI-basierten, autonom entscheidenden Systemen.

Abbildung 2

**Digitaler Reifegrad der Prozesse**

Anteil der Unternehmen, deren Prozesse die Reifegradstufe „stark digitalisiert“ aufweisen



Ergebnisse des Digitalisierungsindex 2022.

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Büchel und Engels (2023).

allerdings nur leicht verbessert: 2020 hatten 23 % der Unternehmen solch digitale Prozesse, 2021 waren es 25 %, 2022 schließlich 26 % (Büchel und Engels, 2023, 53). Genauso wenig ist eine baldige deutliche Digitalisierung aller Branchen in Sicht (vgl. Abbildung 1). Diese wäre jedoch auch vor dem Hintergrund wichtig, dass KI-Anwendungen oft auch unternehmens- und sogar branchenübergreifend implementiert werden müssen, um ihr volles Potenzial heben zu können.

**Der Umgang mit Daten**

Auch der Umgang mit Daten im Unternehmen spielt für die Implementierung von KI eine zentrale Rolle. Daten bilden die Grundlage für die Entwicklung von KI-Anwendungen und sind auch für deren Ausführung elementar.

Dementsprechend sind eine umfassende Datenspeicherung, ein effizientes Datenmanagement und eine intelligente Datennutzung unerlässlich, um KI erfolgreich zu nutzen. Ist ein Unternehmen „data economy ready“, erfüllt es laut Büchel und Engels (2022a) die Voraussetzungen, um Daten effizient bewirtschaften zu können. Data Economy Readiness ist damit ein adäquater Indikator dafür, ob Unternehmen die Voraussetzungen dafür erfüllen, KI erfolgreich zu implementieren und zu nutzen.

Konkreter geht es bei der Data Economy Readiness um den Umfang der digitalen Datenspeicherung, die Art und Weise des Datenmanagements und die Vielfalt der Daten-

nutzung.<sup>2</sup> 2021 und 2022 wurden jeweils mehr als 1.000 Unternehmen aus den Branchen Industrie und industriennahe Dienstleistungen repräsentativ zu ihrer Data Economy Readiness befragt. Im Jahr 2021 waren 29 %, im Jahr 2022 31 % der Unternehmen „data economy ready“ (vgl. Abbildung 3). Es sind häufiger die großen Unternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten, die die Voraussetzungen erfüllen, um Daten effizient bewirtschaften zu können. Unter diesen waren sogar 77 % im Jahr 2022 „data economy ready“. Bei den Unternehmen mit bis zu 49 Beschäftigten waren es lediglich 30 %. Damit sich das Potenzial von KI in der deutschen Wirtschaft entfalten kann, ist es nötig, dass weitaus mehr Unternehmen „data economy ready“ werden.

Soll eine KI-Anwendung etwa zur prädiktiven Maschinenwartung (Predictive Maintenance) oder für eine generelle

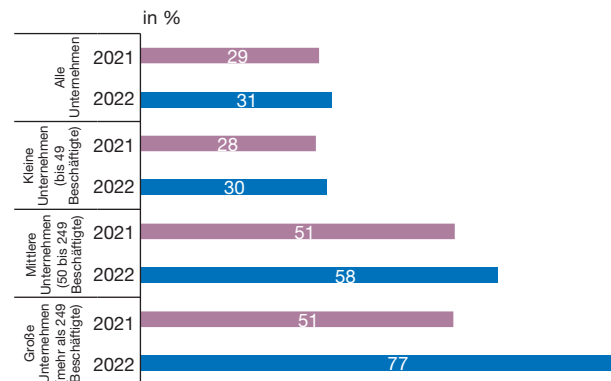
2 Bei der Datenspeicherung geht es darum, inwiefern Personaldaten, Produktdaten, Produktions- und Prozessdaten, Kundenstammdaten, Kundennutzungsdaten, Lieferantendaten, Finanzdaten sowie Forschungs- und Entwicklungsdaten digital gespeichert werden. Beim Datenmanagement spielt der Einsatz einer Data Governance, die systematische und standardisierte Erfassung und Überprüfung von Daten, die Existenz von standardisierten und permanenten Schnittstellen für den internen Datenaustausch, die Bewertung von Daten, das Vorhandensein eines datenschutzrechtlichen Einwilligungsmanagements, das Vorhandensein einer Datenstrategie und die Suche nach neuen Datenquellen und Möglichkeiten der Datennutzung eine Rolle. Bei der Analyse geht es darum, inwiefern Daten zu folgenden Zwecken genutzt werden: Analyse, Sichtbarmachung und Dokumentation, Automatisierung und Steuerung, Prognose von Prozess- und Marktentwicklungen, (Weiter)Entwicklung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen, Werbung und Marketing, Verkauf von Daten sowie unentgeltliche Abgabe von Daten.



Abbildung 3

**Data Economy Readiness**

Anteil der Unternehmen in Deutschland, die die Voraussetzungen erfüllen, um Daten effizient zu bewirtschaften



Quelle: Büchel und Engels (2022b).

Prozessoptimierung eingesetzt werden, müssen dafür die Produktions- und Prozessdaten, die für die Wartung relevant sind, vollständig digital vorliegen. Laut bislang unveröffentlichten Ergebnissen einer Umfrage, auf der Büchel und Engels (2022b) basiert, speichern aber nur 31 % der repräsentativ befragten 1.044 Unternehmen in Deutschland ihre Produktions- und Prozessdaten vollständig digital. 18 % speichern sie überwiegend digital, 12 % kaum digital und 9 % gar nicht digital (bei 31 % der Unternehmen fällt dieser Datentyp nach eigenen Angaben gar nicht an). Produktdaten werden nur von 44 % der Unternehmen vollständig digital gespeichert. Bei den anderen 56 % der Unternehmen können entsprechende datenbasierte KI-Anwendungen – etwa für Produktverbesserungen – nicht genutzt werden.

Problematisch sind auch die in vielen Unternehmen fehlenden Rahmenbedingungen für ein effizientes Datenmanagement. Die Kernaufgabe diese sogenannten Data Governance innerhalb eines Unternehmens ist die Gewährleistung, dass Daten am richtigen Ort zur richtigen Zeit ausschließlich für den Zugriffsberechtigten in der erforderlichen Datenqualität kontrolliert zur Verfügung gestellt werden (Engels und Schäfer, 2020). Zudem stellt die Data Governance sicher, dass das Unternehmen bezüglich externer und interner Vorgaben und Richtlinien zum Umgang mit Daten „compliant“ ist. Die Data Governance erscheint somit als die Grundlage für die Gewährleistung von Datenverfügbarkeit, Datenqualität und Datenintegrität, die wiederum zentral für die erfolgreiche Nutzung von KI sind.

Damit KI-Anwendungen erfolgreich sind, müssen sie auf die richtigen Daten zugreifen können. Eine KI kann immer nur so gut sein wie die Daten, aus denen sie lernt. Unter-

nehmen müssen sicherstellen, dass ihre Daten in hoher Qualität strukturiert vorliegen. Diese Verfügbarkeit der Daten hat auch eine ethische Komponente: Werden Teile der Realität nicht durch entsprechende digitale Daten abgebildet, kann auch die KI dieser Realität nicht entsprechen und nicht verzerrungsfrei arbeiten.

Um das volle Potenzial von KI auszuschöpfen, ist eine nahtlose Integration und Vernetzung verschiedener Datenquellen erforderlich. Dazu ist die Implementierung entsprechender Schnittstellen nötig – oft nicht nur intern, sondern auch nach außen, da es für bestimmte KI-Anwendungen sinnvoll sein kann, interne Datenquellen wie ERP-Systeme mit externen Datenquellen zu verknüpfen.

Unternehmen müssen für eine erfolgreiche Nutzung von KI auch sicherstellen, dass Manipulationen von Daten verhindert werden. Sie müssen klare Richtlinien und Verfahren für den Zugriff auf Daten festlegen. Zugleich sollten sie Mechanismen zur Überwachung und Protokollierung des Datenzugriffs implementieren. Auch müssen Unternehmen den rechtlichen Anforderungen des Datenschutzes entsprechen. Dazu gehört, transparent über die Verwendung von Daten zu informieren und gegebenenfalls Einwilligungen einzuholen.

Entsprechend all diesen Anforderungen braucht es klare Richtlinien in den Unternehmen zum Umgang mit Daten sowie zu deren Erfassung, Aktualisierung, Aufbewahrung und Löschung. Momentan sind viele deutsche Unternehmen aber noch weit davon entfernt. So geben nur 31 % der für Büchel und Engels (2022b) befragten Unternehmen an, über eine Data Governance zu verfügen.

Auch technisch müssen deutsche Unternehmen noch aufrüsten. Sie müssen sicherstellen, dass ihre Speicherinfrastruktur skalierbar ist, um die mit dem KI-Einsatz steigenden Datenmengen zu bewältigen. Mittels Cloud-Computing kann die erforderliche Speicherkapazität flexibel angepasst werden. Aus dem DESI-Index der Europäischen Kommission (2022) geht jedoch hervor, dass lediglich 32 % der Unternehmen in Deutschland Cloud-Technologien nutzen.

**Grundlagen schaffen für die Zukunft**

Gemäß den vorstehenden Erkenntnissen zum Digitalisierungsgrad der deutschen Wirtschaft und zu ihrem Umgang mit Daten erfüllen viele Unternehmen in Deutschland nicht die Voraussetzungen, um KI erfolgreich implementieren und nutzen zu können. Dies schließt nicht aus, dass ein Unternehmen, das kaum digital ist und seine Daten nicht effizient managt, nicht zumindest punktuell eine KI-Anwendung einsetzen kann. Allerdings ist davon

auszugehen, dass das Potenzial von KI so nicht ausgeschöpft werden kann. Die technische Machbarkeit dafür ist in wenig digitalen, nicht datenaffinen Unternehmen nicht gegeben. Neben der technischen Machbarkeit gibt es noch einen anderen Faktor für eine erfolgreiche Nutzung von KI. Wer Prozesse und Aufgaben automatisieren will, muss diese erst verstehen. Welche Prozesse sind echte Routinetätigkeiten, die eine KI besser ausführen kann? Welche Prozesse sind überhaupt in ihrer bisherigen Form sinnvoll? Viele Prozesse sind in Unternehmen über Jahre, wenn nicht Jahrzehnte, gewachsen, und sind nicht unbedingt effizient. Diese sollten Unternehmen nicht einfach automatisieren.

Auf die Unternehmen wartet viel Arbeit: Sie müssen ihre Prozesse verstehen und da, wo es sinnvoll ist, digitalisieren. Sie müssen eine Dateninventur machen, um zu verstehen, über welche Daten sie in welcher Qualität verfügen. Sie müssen überlegen, wo KI-Anwendungen in Kernaktivitäten oder Querschnittsaktivitäten effizienzsteigernd oder kostensparend sein könnten. Dazu braucht es entsprechende zeitliche, personelle und finanzielle Ressourcen. Diese Ressourcen sind eine Investition in die Zukunft. Unternehmen müssen sich bewusst sein, dass ein Verzicht auf die Nutzung der Potenziale von KI zukünftig mit hoher Wahrscheinlichkeit erhebliche Wettbewerbsnachteile mit sich bringen wird.

Um auf den Weltmärkten im digitalen Bereich wettbewerbsfähig zu bleiben, muss Deutschland gezielt in den Ausbau von KI investieren. Dazu gehört nicht nur die finanzielle Unterstützung von Forschung und Entwicklung, sondern auch die Schaffung eines günstigen Umfelds für Unternehmen, um KI-Innovationen voranzutreiben und selbst einzusetzen. Hierzu zählen beispielsweise die Förderung von Start-ups, die Ausbildung von qualifizierten Fachkräften und die Schaffung von Testumgebungen für den Einsatz von KI. Zentral ist außerdem, rechtliche Unklarheiten auszuräumen. Diese sind beispielsweise beim Teilen von Daten ein zentrales Hemmnis für Unternehmen

(Büchel und Engels, 2022c). Mit dem Data Act will die EU nicht-personenbezogene, maschinell generierbare Daten erschließen. Dazu muss sie in jedem Fall sicherstellen, dass der Data Act Unternehmen mehr Rechtssicherheit bringt – und sie nicht weiter verunsichert. Gleiches gilt für den AI Act, mit dem sinnvolle Spielregeln für den Einsatz von KI getroffen werden müssen.

## Literatur

- Büchel, J. und B. Engels (2023), Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland. Digitalisierungsindex 2022, Langfassung der Ergebnisse des Digitalisierungsindex im Projekt „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“.
- Büchel, J. und B. Engels (2022a), Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland. Digitalisierungsindex 2022, Kurzfassung der Ergebnisse des Digitalisierungsindex im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“.
- Büchel, J. und B. Engels (2022b), Viele Unternehmen sind nicht bereit für die Datenwirtschaft, *IW-Kurzbericht*, 96.
- Büchel, J. und B. Engels (2022c), Datenbewirtschaftung von Unternehmen in Deutschland, *IW-Trends*, 49(1).
- Büchel, J., V. Demary, H. Goecke und C. Rusche (2020), Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland. Digitalisierungsindex 2020, Langfassung eines Ergebnispapiers im Projekt „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
- Engels, B. und C. Schäfer (2020), Data Governance in deutschen Unternehmen, Gutachten im Rahmen des BMWi-Verbundprojekts Demand – Data Economics And Management Of Data Driven Business.
- Europäische Kommission (2022), Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) 2022 – Deutschland.
- iiT – Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik (2018), Potenziale der Künstlichen Intelligenz im Produzierenden Gewerbe in Deutschland.
- Kugoth, J. (2023), Vorständin Stars über Chancen neuer Technik: „KI wird künftig bei VW eine noch größere Rolle spielen“, <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/mobilitaet/vorstandin-hauke-stars-uber-ki-bei-volkswagen-klar-mehr-chancen-als-risiken-9611474.html> (7. Juli 2023).
- Rusche, C., V. Demary, H. Goecke, E. Kohlisch, A. Mertens, M. Scheufen und J. M. Wendt (2022), KI-Monitor 2022. Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland, Gutachten im Auftrag des Bundesverbands Digitale Wirtschaft (BVDW).
- Schuh, G., R. Anderl, J. Gausemeier, M. ten Hompel und W. Wahlster (2017), Industrie 4.0 Maturity Index – Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten.
- Stanford University (2023), AI Index Report 2023, [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI\\_AI-Index-Report\\_2023.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI_AI-Index-Report_2023.pdf) (7. Juli 2023).

### Title: *Artificial Intelligence in the German Economy: Nothing Works Without Digitisation and Data*

**Abstract:** *Artificial Intelligence (AI) holds immense potential for enhancing prosperity. However, the adoption of AI in German businesses remains limited, with only 19% of companies utilizing AI in 2022. The successful implementation of AI relies on two key prerequisites: a company's digitalisation and data economy readiness. The Digitalisation Index reveals slow progress in digitalisation across sectors, indicating a need for increased efforts. Additionally, companies must enhance their data economy readiness to efficiently utilize data for AI applications. Failing to tap into the potential of AI may result in significant competitive disadvantages in the future.*