

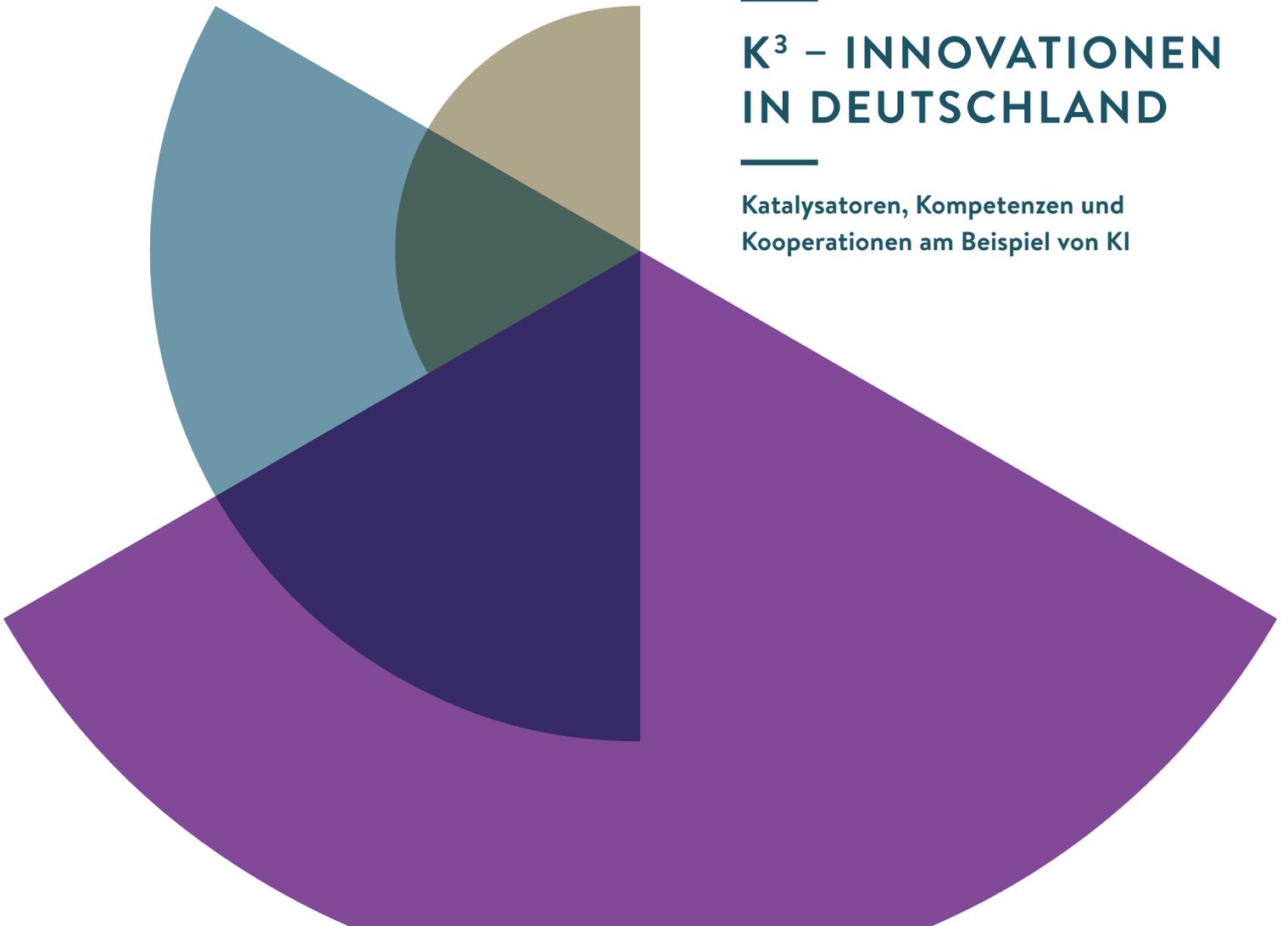


STIFTERVERBAND

GIPFEL FÜR FORSCHUNG
UND INNOVATION 2024

K³ – INNOVATIONEN IN DEUTSCHLAND

Katalysatoren, Kompetenzen und
Kooperationen am Beispiel von KI



INHALT

01	Einführung	03
02	Entscheidungsfragen	06
03	Facts & Figures	12
04	Anhang	40

01 EINFÜHRUNG

Künstliche Intelligenz (KI) entwickelt sich als neue Schlüsseltechnologie zum entscheidenden Faktor für Wertschöpfung und gesellschaftlichen Fortschritt. Wie es insgesamt um Deutschlands und Europas Wettbewerbsfähigkeit bei Forschung und Innovation steht, kann deshalb gut am Beispiel von KI untersucht werden. Deutschland und Europa brauchen dringend Antworten auf die zentrale Frage:

Wie kann es gelingen, das vorhandene Potenzial von KI zu heben und damit die Wettbewerbsfähigkeit durch Forschung und Innovation insgesamt zu steigern?

Der Gipfel für Forschung und Innovation am 22. April 2024 gibt unter der Überschrift „Innovation in Europa – Katalysatoren, Kompetenzen und Kooperationen am Beispiel von KI“ Antworten darauf. Die vorliegende Publikation soll dazu beitragen, die Diskussion zu strukturieren. Im ersten Teil finden sich dafür Thesen zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit. Diese Thesen sind das Ergebnis vorangegangener Experteninterviews und vier vorbereitender Fachveranstaltungen. Der zweite Teil illustriert anhand von Trends und Kennzahlen, wie es um Rahmenbedingungen, Kompetenzen und Kooperationen im Bereich KI in Deutschland steht.

Der Blick auf die Kennzahlen belegt: Europa und Deutschland haben ihre anfangs führende Rolle in der KI-Forschung an die USA und China verloren. Doch die Potenziale bestehen weiterhin, insbesondere im Bereich der industriellen KI-Anwendung, vor allem durch Automatisierung.

Eine Herausforderung: Die Durchdringung der deutschen Wirtschaft mit KI-Technologien ist derzeit noch gering. Insbesondere der Mittelstand fällt zurück. Eine zweite Herausforderung: Wissenschaft und Wirtschaft kooperieren bei KI-Technologien seltener miteinander als in anderen Forschungsfeldern. Dadurch geht Transferwissen in beide Richtungen verloren.

Um Wettbewerbsfähigkeit zu gewinnen, müssen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft handeln. Die entscheidenden Weichenstellungen liegen bei folgenden Fragen:

1. Chancen im Wettbewerb: Einstieg in das globale Wettrennen um große KI-Grundlagenmodelle oder Fokussierung auf erfolgsversprechende KI-Anwendungen insbesondere in der Industrie?
2. Rolle des Staates: Aktive Industriepolitik inklusive Aufbau europäischer KI-Champions oder Investitionen in Ökosysteme?

3. Regulierung: Größtmöglicher Abbau von gesetzlichen Einschränkungen oder Nutzung der Chancen von intelligenter Regulierung?
4. Kollaboration: Größtmögliche Verflechtung akademischer und industrieller Forschung oder Beibehaltung traditioneller Arbeitsteilung?
5. Internationale Zusammenarbeit: Souveränität in Kooperation mit den Besten oder durch Eigenständigkeit?

02

ENTSCHEIDUNGSFRAGEN

Wie kann die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im KI-Innovationssystem gesteigert werden?
Was könnten Katalysatoren sein?

Thesen und Gegenthesen

Chancen im Wettbewerb – die Grundsatzfrage: Industrielle Märkte erschließen oder großen Anlauf mit eigenen Basismodellen wagen?

These: Deutschland und Europa haben bei der Entwicklung von KI insbesondere den Basismodellen den Anschluss verpasst. Technologie-Souveränität mittels Schaffung eigener Basismodelle ist nicht mehr zu erreichen, da international führende Technologieunternehmen und Recheninfrastrukturen fehlen sowie Daten nur unzureichend verfügbar sind. Mehr als die Konzentration auf KI-Anwendungen wird daher auch künftig nicht zu erreichen sein. Im *diversifizierten B2B-Markt* liegt das große Potenzial Deutschlands und Europas.

Gegenthese: Der Weg ist noch offen. KI ist eine junge, hochdynamische Technologie, deren künftige Entwicklungspfade noch nicht absehbar sind. Deutschland und Europa verfügen über wichtige Ressourcen im KI-Wettrennen: *Kompetente Köpfe*, die international gefragt sind, und *eine starke Forschungsbasis*. Daraus abgeleitet ergibt sich die Chance, auch bei der Entwicklung von Basismodellen und generativer KI in Zukunft eine führende Rolle einzunehmen.

Es gilt zu entscheiden: Welche Vision aktiviert mehr Potenzial für Forschung und Innovation in Deutschland und Europa? Welcher Ansatz ist besser geeignet, um unsere wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Zielsetzungen zu erreichen?

Die Rolle des Staates: Aufbau von KI-Champions oder von KI-Ökosystemen?

These: In Europa müssen mittels gezielter staatlicher Unterstützung *große, international konkurrenzfähige KI-Unternehmen* („KI-Champions“) aufgebaut werden. Dazu muss die Politik entscheiden, in welche KI-Bereiche und in welche EU-Länder sie investiert und in welche nicht.

Gegenthese: Der Staat sollte in die Entwicklung von *KI-Ökosystemen investieren*, aber keine Großunternehmen aufbauen oder Entwicklungsrichtungen vorgeben. Die Rolle des Staates ist es, an geeigneten Orten Forschungseinrichtungen, Unternehmensansiedlungen und Start-up-Gründungen zu fördern sowie in den Aufbau von Kompetenzen zu investieren. Über öffentliche Aufträge kann der Staat zudem verlässliche Nachfrageimpulse für Unternehmen und Investoren setzen. Grundsätzlich gilt: Staatliche Investitionen sollten Impulse für die Entstehung selbsttragender Strukturen setzen und nicht als Dauersubvention ausgelegt werden.

Es gilt zu entscheiden: Welcher Ansatz ist besser geeignet, um entweder industrielle Märkte mit bestehenden Basismodellen zu erschließen oder den großen Anlauf mit eigenen Basismodellen zu wagen (siehe Grundsatzfrage)? Ist die EU in der Lage, sich auf einen oder wenige europäische KI-Champions zu einigen? Wären wir bereit, für die Sicherung der technologischen Souveränität Europas auf die Systeme der aktuellen Weltmarktführer zu verzichten, und gegebenenfalls weniger leistungsfähige europäische Grundlagenmodelle zu nutzen? Lässt sich die Schlagkraft eines europäisch finanzierten KI-Champions mit der Flexibilität und Dynamik einer marktgetriebenen Lösung kombinieren?

Der Rechtsrahmen: Innovationshemmnis oder Wettbewerbsvorteil?

These: Der AI Act, das EU-Gesetz zur künstlichen Intelligenz, erweist sich jetzt schon als *Hemmnis für die KI-Innovationsdynamik* in der Europäischen Union. Diese Regulierung wurde politisch zu sehr forciert, ist mit bestehenden anderen Richtlinien nicht koordiniert und wird den Transfer von Forschungsergebnissen weiter beeinträchtigen. *Zu viele Unklarheiten* im Regelwerk führen zu einem unübersichtlichen Interpretationsspielraum, der wiederum divergierende Umsetzungen in den einzelnen Mitgliedsstaaten befürchten lässt. All dies verunsichert Unternehmen und potentielle Nutzer. Daraus resultieren eine *sinkende KI-Investitionsbereitschaft* in Europa und eine noch stärkere Abhängigkeit von globalen Playern.

Gegenthese: Der AI Act ist eine wesentliche Voraussetzung für die *Etablierung einer von europäischen Werten geprägten KI*. Vertrauenswürdigkeit, Transparenz, Risikoabwägung – die Orientierung an solchen Kriterien führt zu einer *AI made in EU*, die weltweit auf großes Interesse stoßen und gerade den KMU einen Startvorteil verschaffen wird. Falls eine schnelle Nachjustierung des bestehenden Regelwerks und seine weitgehend gleiche Umsetzung in den Mitgliedsstaaten gelingt, wird Europa durch „vertrauenswürdige KI“ einen großen Wettbewerbsvorteil, insbesondere im diversifizierten B2B-Markt, erlangen.

Es gilt zu entscheiden: Welche Mechanismen gibt es oder müssen geschaffen werden, um den AI Act und die KI-Innovationsdynamik besser aufeinander abzustimmen? Wie können andere einschlägige EU-Richtlinien (zum Beispiel zum Datenschutz) entsprechend angepasst werden?

Neue Formen der Kollaboration: Größtmögliche Verflechtung der Sektoren oder klare Arbeitsteilung?

These: KI-Forschung ist stark anwendungsorientiert, Skalierung schnell möglich. Große globale Digitalkonzerne verfügen über gemeinsame Forschungsinfrastrukturen mit wissenschaftlichen Einrichtungen, der personelle Austausch ist eng. Der Katalysator zur systemischen Beschleunigung der Anwendungsübersetzung in den Industrie- und den Dienstleistungssektor ist die *Förderung von mehr virtuellen und physischen Orten kollaborativer Forschung*. Idealerweise werden Champions geschaffen, in denen regionale, akademische und industrielle Talente zusammenarbeiten.

Gegenthese: Europa hat nach wie vor eine führende Rolle in der KI-Forschung – ein Standortvorteil, in den weiter investiert werden muss. Die Arbeitsteilung innerhalb von Ökosystemen zwischen öffentlicher, grundlagenorientierter und privat finanzierter, anwendungsorientierter Forschung bewährt sich, weil sie einen breiten Transfer von Ergebnissen ermöglicht und Interessenkonflikte an der Schnittstelle der Sektoren vermeidet. Nicht die Aufhebung der Trennung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung, sondern die Ermöglichung von *Entrepreneurship in der Wissenschaft* stärkt die Entwicklung von neuen KI-Geschäftsmodellen in der Industrie. Zudem realisiert die *unabhängige Grundlagenforschung die Forschungsfreiheit als hohes Gut demokratischer Gesellschaften*. Darin liegt auch ein Standortvorteil für Talentbildung und -bindung.

Es gilt zu entscheiden: Welches Modell entfaltet die größte Innovationsdynamik? Worin soll zukünftig investiert werden? Wie gehen wir mit den sich auflösenden Grenzen von Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung im KI-Bereich in der Wissenschaftsförderung um? Wird diese zum Modell auch für andere Forschungs- und Innovationsdomänen?

Internationale Zusammenarbeit: Souveränität in Kooperation mit den Besten oder durch Eigenständigkeit?

These: Europas Wissenschaft und Industrie muss in der KI-Forschung *mit den Besten zusammenarbeiten, gerade auch mit den KI-Hotspots in den USA und China*. Deutsche Hochschulen aber auch Unternehmen kooperieren in der KI-Forschung zu wenig mit internationalen Unternehmen außerhalb Europas. Allerdings gibt es gerade dort große Wissens- und Datenbestände, von denen die Wissenschaft in Deutschland und Europa profitieren kann. Die Forschungs- und Innovationspolitik sollte deshalb eine stärkere Öffnung in Richtung internationaler Forschungs-kooperationen mit der Wirtschaft fördern, um über Kooperationen auch an den Entwicklungen der Spitzenforschung teilzuhaben.

Gegenthese: Europa sollte die *technologische Souveränität in der KI-Forschung stärken und eigene Forschungsverbünde zu Leuchttürmen ausbauen*. Die Wirtschaft aber auch die Wissenschaft in Deutschland und Europa darf sich nicht in Abhängigkeit von ausländischen Unternehmen begeben. Um technologische Souveränität in global unsicheren Zeiten zu sichern, sollte die europäische KI-Forschung stark auf europäische Partner setzen, sowohl in Forschungsk Kooperationen als auch in der Nutzung von digitalen Infrastrukturen. Die europäische Forschungs- und Innovationspolitik sollte diese Bemühungen regulatorisch und finanziell unterstützen.

Es gilt zu entscheiden: Welches Modell sichert Souveränität am besten? Wie müsste unter Souveränitätsgesichtspunkten ein Kooperationsmodell mit Akteuren außerhalb Europas aussehen, das die eigenen Stärken, insbesondere die industrielle Basis, zum beiderseitigen Vorteil einbringt?

03 FACTS & FIGURES

Wie entwickelt sich das deutsche
Innovationssystem – am Beispiel von KI?

A. WETTBEWERBSFÄHIGKEIT UND RAHMENBEDINGUNGEN

Die Entwicklung von Künstlicher Intelligenz (KI) ist in Deutschland eine Schlüsselfrage für die Wettbewerbsfähigkeit und die wirtschaftliche Zukunft. Im folgenden Kapitel wird die Position Deutschlands im globalen KI-Wettbewerb anhand ausgewählter Kennzahlen verortet. Folgende Beobachtungen sind dabei hervorzuheben:

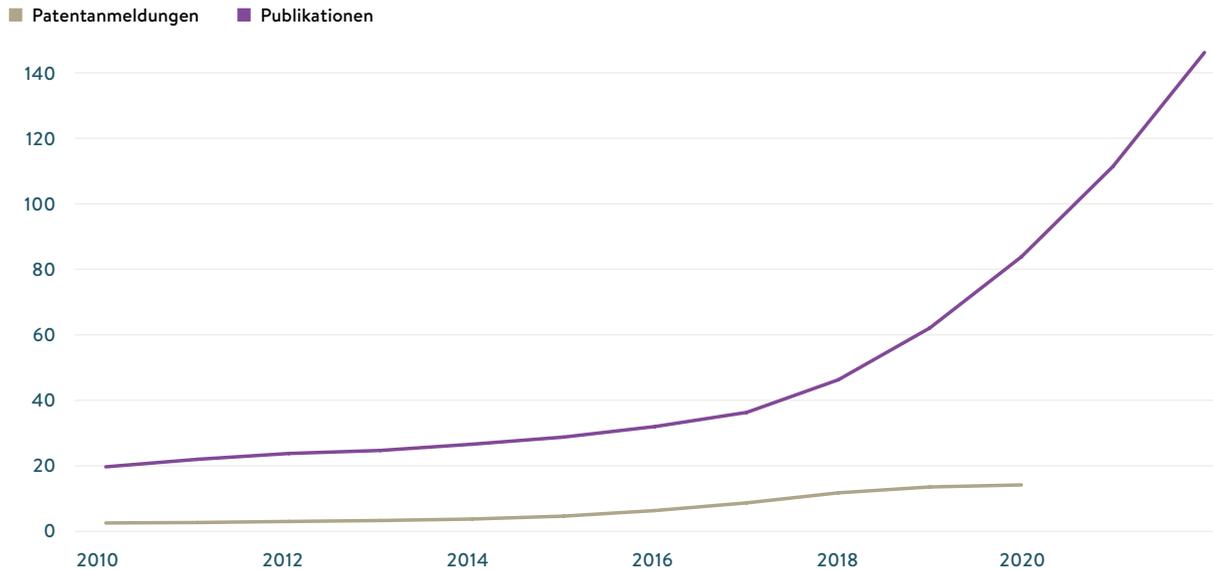
Eine Besonderheit des Forschungs- und Innovationsfeldes KI ist die bisher beispiellose Geschwindigkeit der KI-Forschung und -Entwicklung. Sie spiegelt sich im exponentiellen Wachstum der weltweiten KI-Publikationen wider. Doch sowohl der Verlust der Führungsrolle Deutschlands und Europas in der KI-Forschung als auch die stagnierende Zahl von KI-Patenten weisen auf Herausforderungen für die Innovationsfähigkeit Deutschlands hin und schwächen die Wettbewerbsposition.

Während Deutschland von den möglichen Automatisierungsprozessen in der Industrie profitieren könnte, offenbart die noch geringe Durchdringung mit KI-Technologien in der Wirtschaft, insbesondere bei kleineren Unternehmen, erhebliche Anwendungsdefizite. Als größte Hemmnisse werden fehlende Kompetenzen und zeitliche Kapazitäten sowie Unsicherheiten über den Nutzen von KI identifiziert. Zudem sehen sowohl deutsche Unternehmen als auch Hochschulen ihre Wettbewerbsfähigkeit im Bereich KI kritisch, was die Notwendigkeit einer strategischen und unterstützenden Rahmenpolitik zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bei KI-Innovationen unterstreicht.

Exponentielles Wachstum bei KI-Publikationen – aber Plateau bei Patenten erreicht

Dynamische Forschung: Die Zahl der KI-Publikationen nimmt exponentiell zu. Die meisten KI-Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften gehen auf Autorinnen und Autoren zurück, die an Universitäten tätig sind. Es gibt jedoch auch Bereiche innerhalb der KI, in denen Unternehmen sehr intensiv Forschung betreiben und deren Publikationen eng mit generativen KI-Modellen verbunden sind. So gehörten Microsoft, Google, die Alibaba Group und Amazon zu den zehn Institutionen, die im Jahr 2021 im Feld „Natural Language Processing“ die meisten Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht haben.

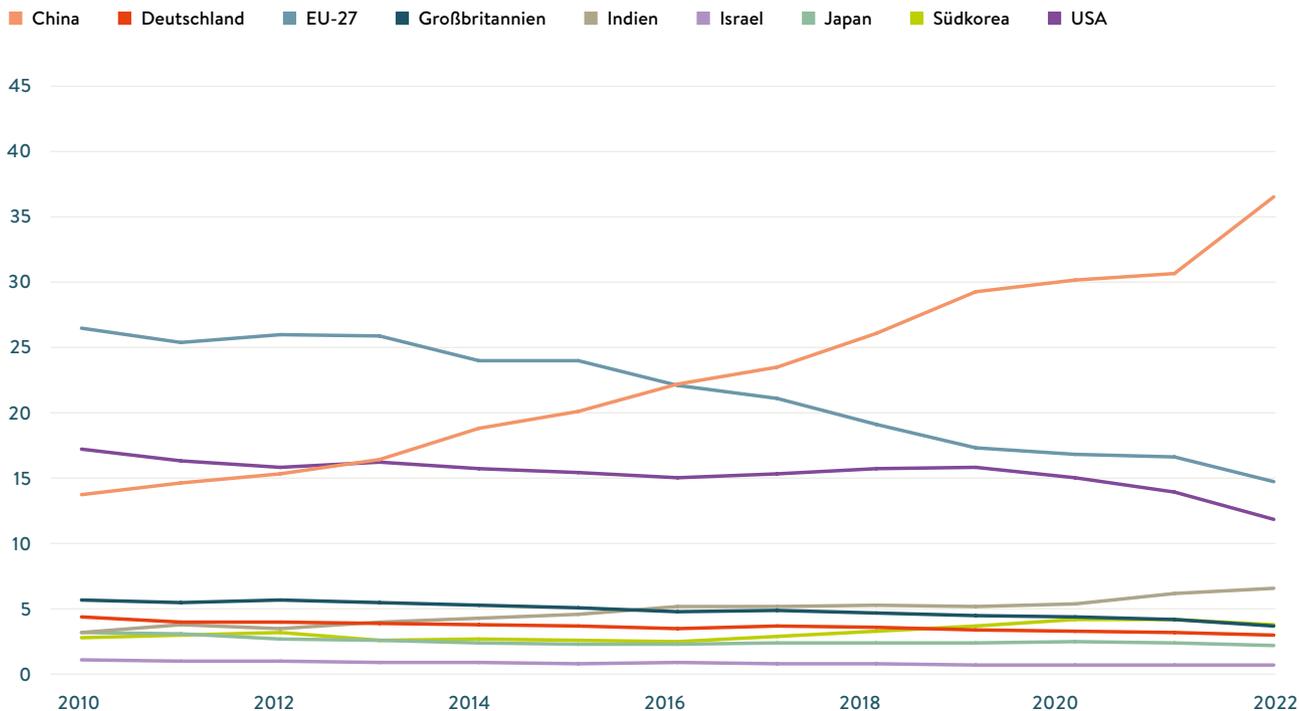
Anzahl der Publikationen und Patentanmeldungen, in Tausend



Europa verliert führende Rolle in KI-Forschung

Europa war zu Beginn der KI-Forschung, insbesondere bis zum Jahr 2015, der führende Wissenschaftsstandort. Doch sowohl bei der Veröffentlichung wissenschaftlicher KI-Publikationen als auch bei der Anmeldung von KI-Patenten fallen Deutschland und die EU-27 im internationalen Vergleich zurück. Die Anteile Deutschlands und der EU-27 sind bei den transnationalen KI-Patenten etwas höher als bei den KI-Publikationen. Doch deutsche Unternehmen oder Unternehmen der EU gehörten in beiden Feldern nicht zu den Top-10-Institutionen.

Anteil ausgewählter Länder an Publikationen im Bereich KI, 2010 bis 2022, in Prozent

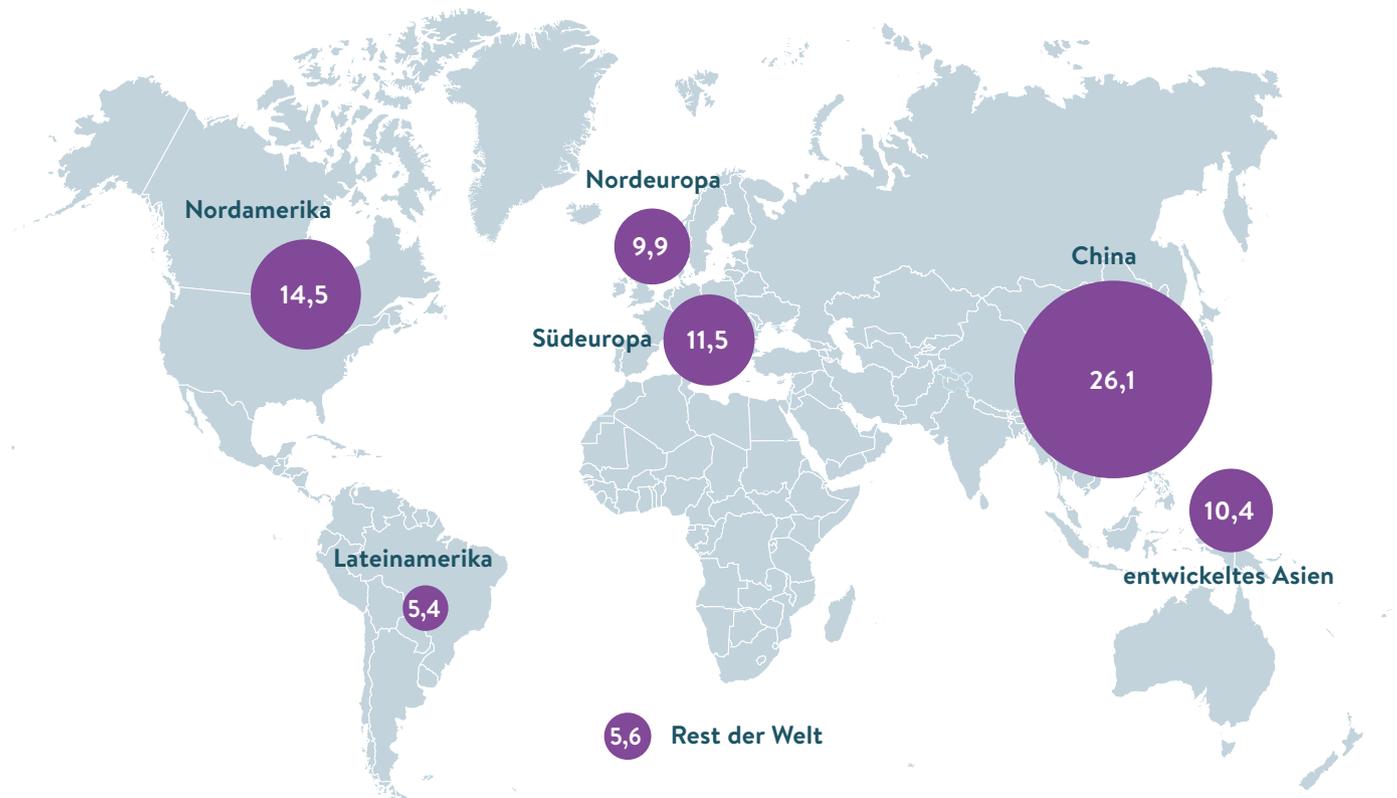


Quelle: Web of Science, Patstat, EFI (2024)

KI Zukunftspotenziale für die Wertschöpfung – Europa abgehängt?

Prognose: Weltweit können KI-Technologien die Wertschöpfung um bis zu ein Viertel steigern. Doch die Unterschiede nach Weltregionen sind groß. Beispiel Deutschland: Laut Schätzungen der Bundesnetzagentur wird das Bundesinlandsprodukt in Deutschland dank KI-Technologien bis 2030 um 11 Prozent zusätzlich steigen (Bundesnetzagentur 2021). In anderen Weltregionen, insbesondere Nordamerika und China, ist das Wertschöpfungspotenzial größer.

Zusätzliches geschätztes BIP bis 2030, in Prozent



Quelle: PricewaterhouseCoopers (2017)

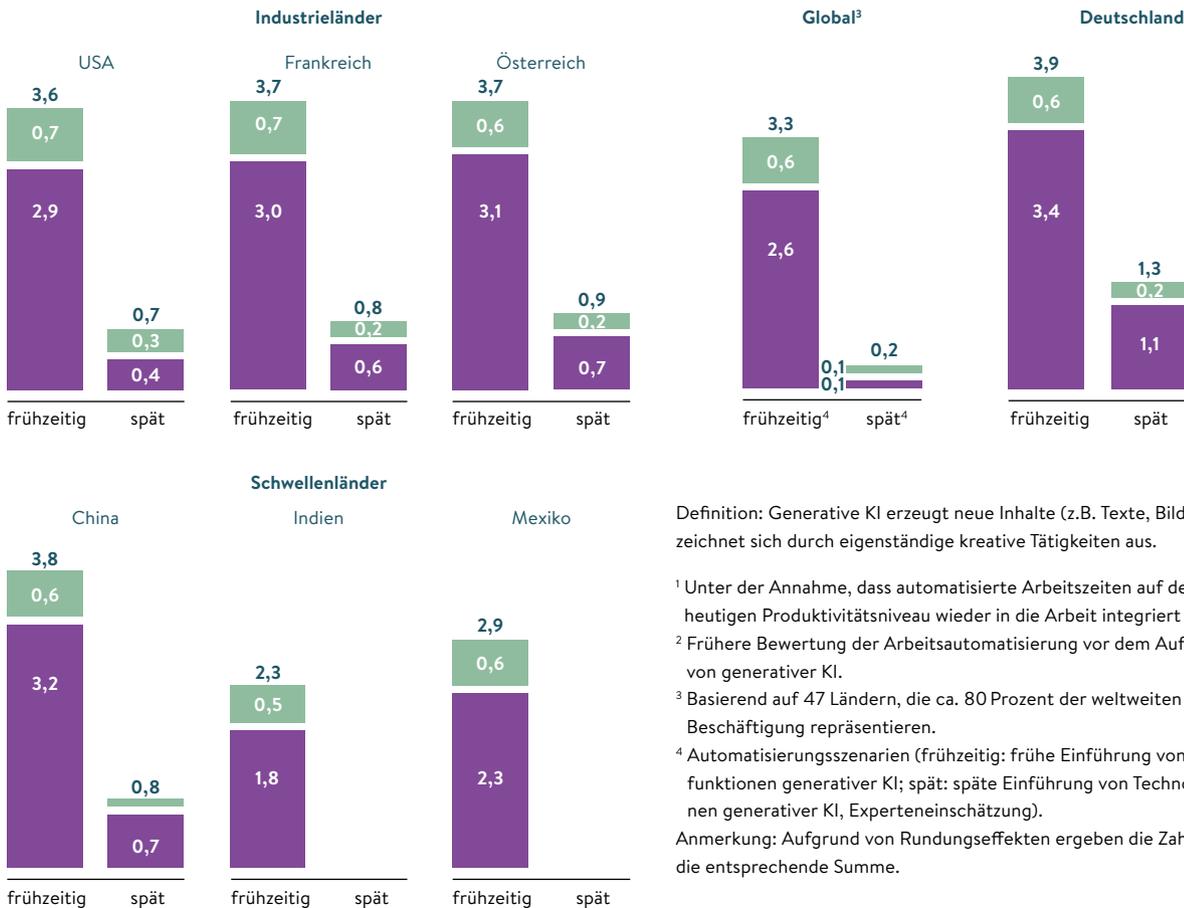
Deutschland profitiert von Automatisierung

Der Wert von KI-Technologien liegt in Deutschland insbesondere in der Automatisierung von Wertschöpfungsprozessen. Die erwartete Produktivitätssteigerung liegt über dem Durchschnitt anderer Länder.

Produktivitätseffekte der Automatisierung nach Szenario

2022–2040, durchschnittliche jährliche Wachstumsrate,¹ in Prozent

■ mit generativer KI ■ ohne generative KI²



Definition: Generative KI erzeugt neue Inhalte (z.B. Texte, Bilder etc.) und zeichnet sich durch eigenständige kreative Tätigkeiten aus.

¹ Unter der Annahme, dass automatisierte Arbeitszeiten auf dem heutigen Produktivitätsniveau wieder in die Arbeit integriert werden.

² Frühere Bewertung der Arbeitsautomatisierung vor dem Aufkommen von generativer KI.

³ Basierend auf 47 Ländern, die ca. 80 Prozent der weltweiten Beschäftigung repräsentieren.

⁴ Automatisierungsszenarien (frühzeitig: frühe Einführung von Technologiefunktionen generativer KI; spät: späte Einführung von Technologiefunktionen generativer KI, Experteneinschätzung).

Anmerkung: Aufgrund von Rundungseffekten ergeben die Zahlen u. U. nicht die entsprechende Summe.

Quelle: McKinsey & Company (2023)

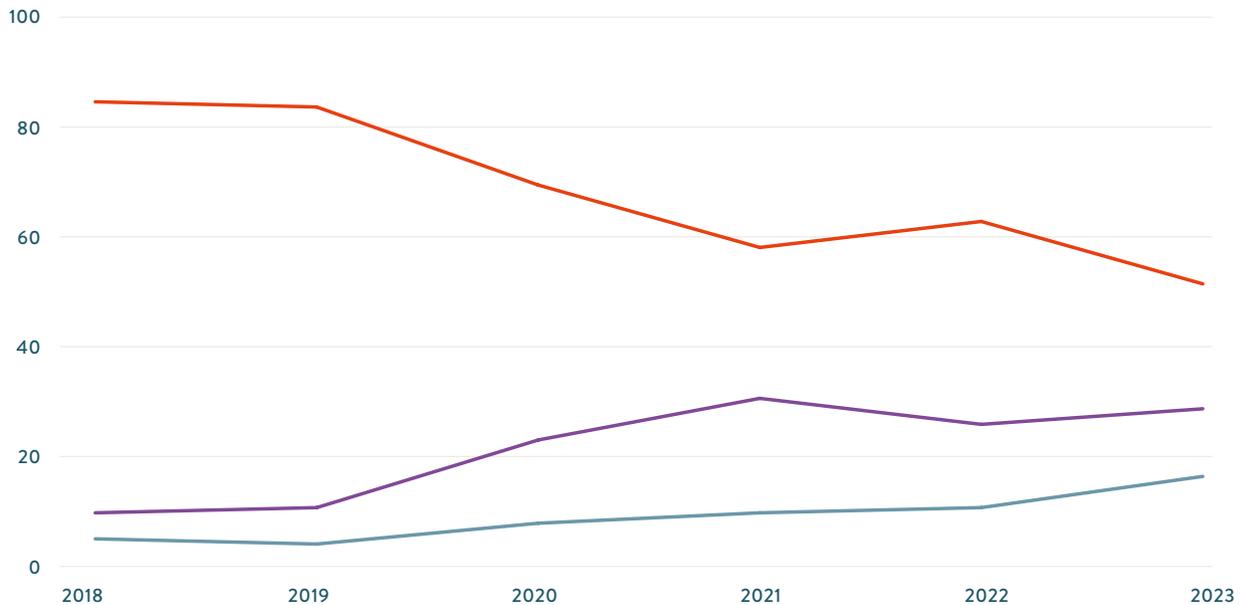
Deutsche Wirtschaft: Noch geringe Durchdringung mit KI-Technologien

Zurzeit ist der Einsatz von KI-Technologien für die Hälfte aller Unternehmen noch kein Thema, vor allem nicht für kleinere Unternehmen. So nutzen im verarbeitenden Gewerbe nur 8 Prozent der Unternehmen bis 100 Beschäftigte entsprechende Technologien. Gleichzeitig steigt die Durchdringung schnell. In den letzten fünf Jahren hat sich der Anteil der Unternehmen, die KI einsetzen oder dies planen, von 11 auf 43 Prozent erhöht.

Anteil der Antworten auf die Frage „Inwieweit setzt Ihr Unternehmen KI ein beziehungsweise plant oder diskutiert den Einsatz, in Prozent

Basis: Alle Unternehmen (n=605)

■ Einsatz ■ Geplant oder diskutiert ■ Kein Thema

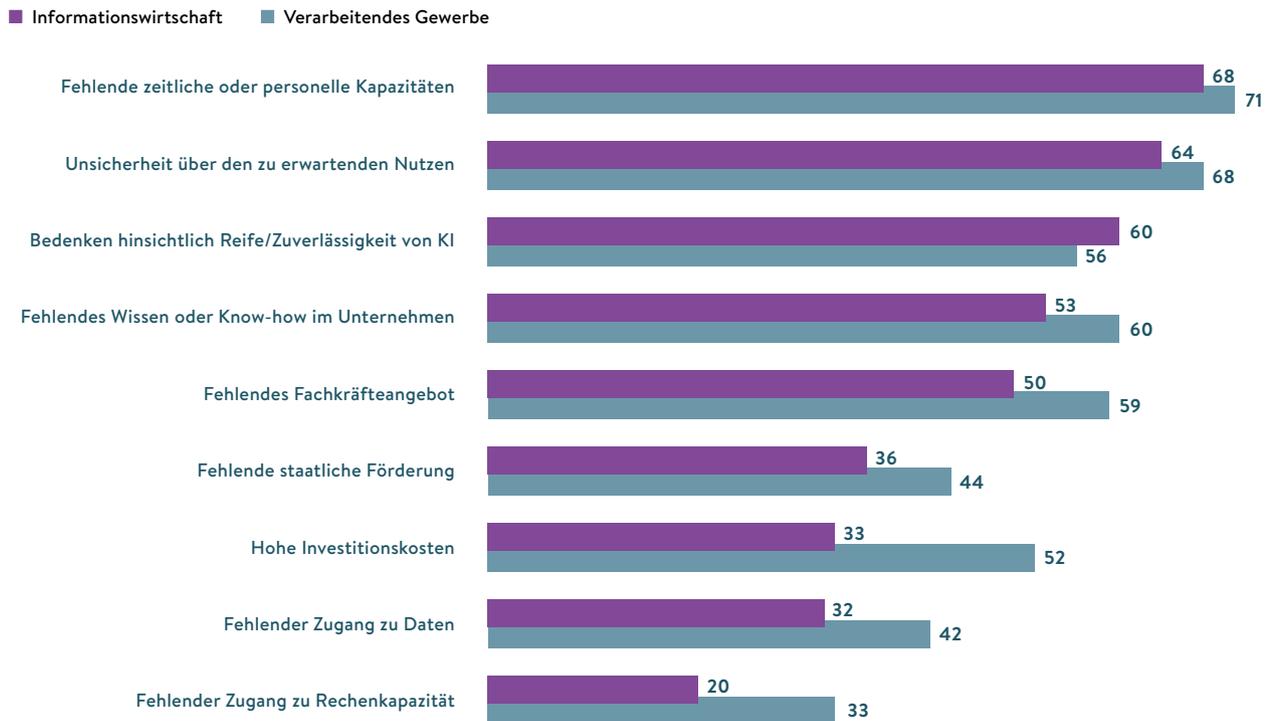


Quelle: Bitkom Research (2023)

Fehlende Kapazitäten und unsicherer Nutzen als größte Hemmnisse für KI-Nutzung

Das Nutzenversprechen von KI-Technologien ist nicht für alle Unternehmen ersichtlich. Rund zwei Drittel geben an, dass die Unsicherheit über den zu erwartenden Nutzen den Einsatz von KI erschwert. Weitere zentrale Hemmnisse sind fehlende zeitliche und personelle Kapazitäten für die Implementierung, Bedenken hinsichtlich der Zuverlässigkeit und fehlendes unternehmensinternes Know-how.

Hemmnisse für KI-Nutzung, in Prozent



Lesebeispiel: 68 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft geben an, dass fehlende zeitliche oder personelle Kapazitäten den Einsatz von KI erschweren.

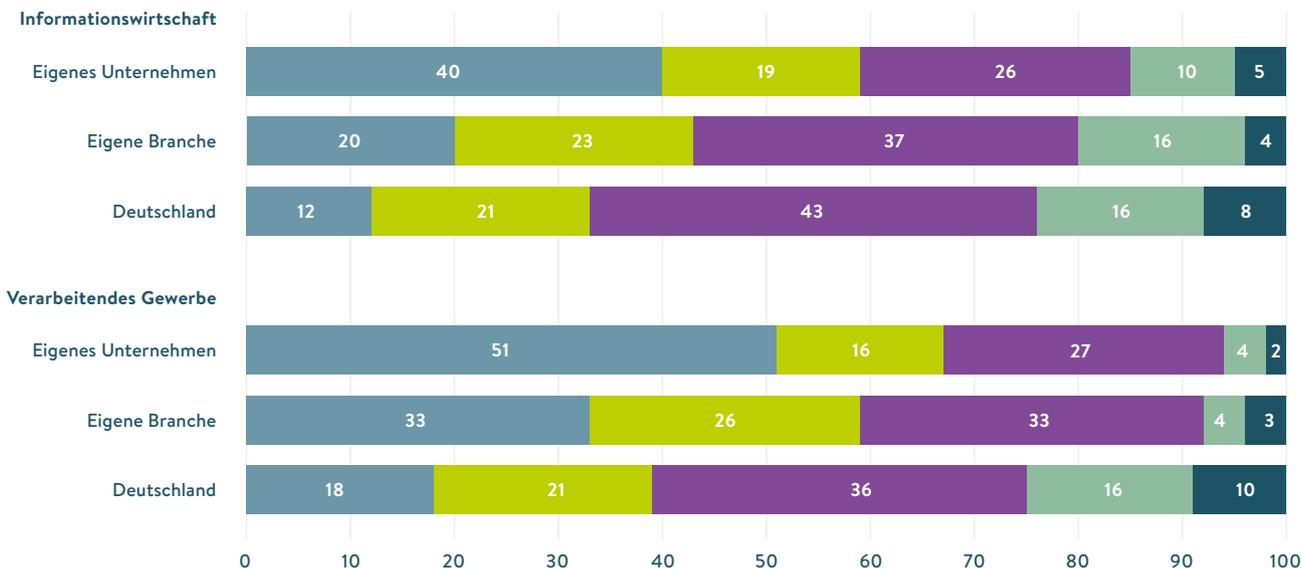
Quelle: EFI, ZEW (2024)

Deutsche Unternehmen sehen eigene mangelnde Wettbewerbsfähigkeit im Bereich KI

Befragungsergebnisse zeigen mit Blick auf die Wettbewerbsfähigkeit bei der Entwicklung oder dem Einsatz von KI-Technologien ein gemischtes Bild. Die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Deutschland wird dabei deutlich besser bewertet als die des eigenen Unternehmens. Herausforderungen zeigen sich insbesondere im für Deutschland wichtigen produzierenden Gewerbe. Nur 6 Prozent der Unternehmen in diesem Bereich bescheinigen sich selbst eine hohe Wettbewerbsfähigkeit im Bereich KI.

Einschätzung internationale Wettbewerbsfähigkeit im Bereich KI, in Prozent

■ 1 sehr gering ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5 sehr hoch



Lesebeispiel: Ein Anteil von 8 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft schätzt die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im Bereich KI als sehr hoch ein.

Quelle: EFI, ZEW (2024)

Auch Hochschulen sehen Mangel an Wettbewerbsfähigkeit

Nur jede zweite Hochschulleitung in Deutschland glaubt, dass sie in der KI-Forschung international wettbewerbsfähig ist. Ein möglicher Grund dafür: Die traditionelle Kompetenzverteilung zwischen Wirtschaft (anwendungsorientierte Forschung) und Wissenschaft (Grundlagenforschung) verliert bei KI-Technologien an Bedeutung. Fast zwei von drei Hochschulleitungen sehen deshalb die Wirtschaft im KI-Bereich auch in der Grundlagenforschung genauso stark aufgestellt wie die öffentlich finanzierte Wissenschaft.

Inwieweit stimmen Sie den folgenden Thesen zu?

Anteil der Hochschulleitungen, die den folgenden Thesen (eher) zustimmen; in Prozent



64,1

Im Bereich KI findet Grundlagenforschung
inzwischen in Unternehmen genauso stark statt
wie in der öffentlichen Forschung.



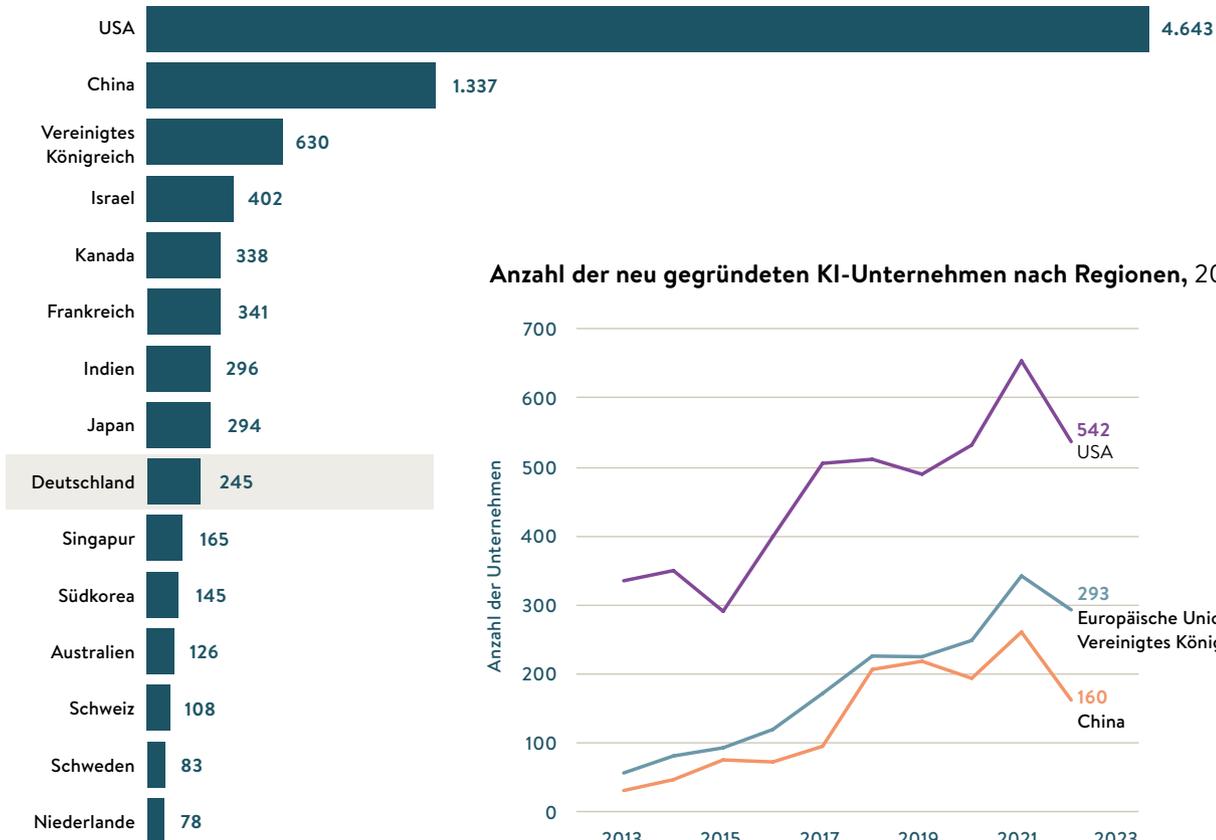
51,5

Die Hochschulen in Deutschland sind
im Forschungsfeld KI international
wettbewerbsfähig.

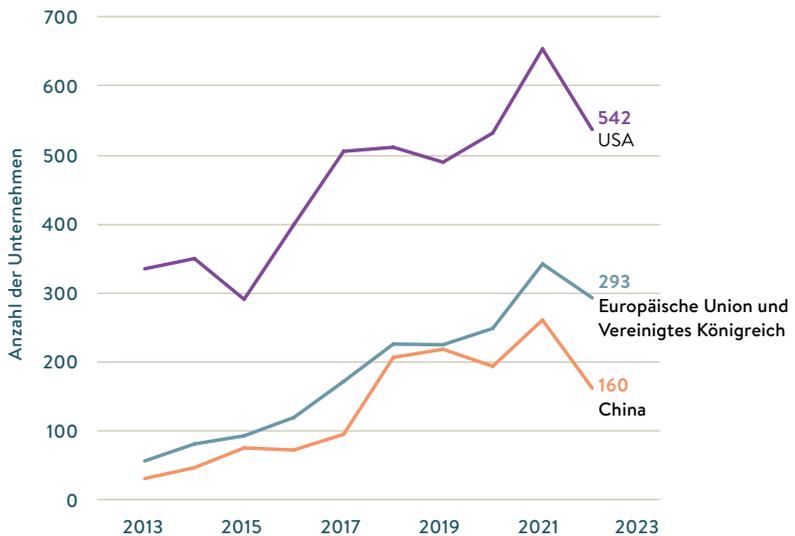
Deutschland nur im Mittelfeld bei Gründung von KI-Start-ups ...

Die USA führen weltweit klar bei den Gründungen von KI-Unternehmen. Die Zahl übertraf China im Zeitraum 2013 bis 2022 um das Dreifache. Deutschland liegt weit dahinter und erreicht nur 5 Prozent der amerikanischen Gründungen. Gleichzeitig steigen die Gründungszahlen weltweit an. Die Europäische Union kann dabei ihren Platz vor China verteidigen, den Rückstand zu den USA aber nicht verringern.

Anzahl der neu gegründeten KI-Unternehmen, nach Ländern, 2013–2022



Anzahl der neu gegründeten KI-Unternehmen nach Regionen, 2013–2022

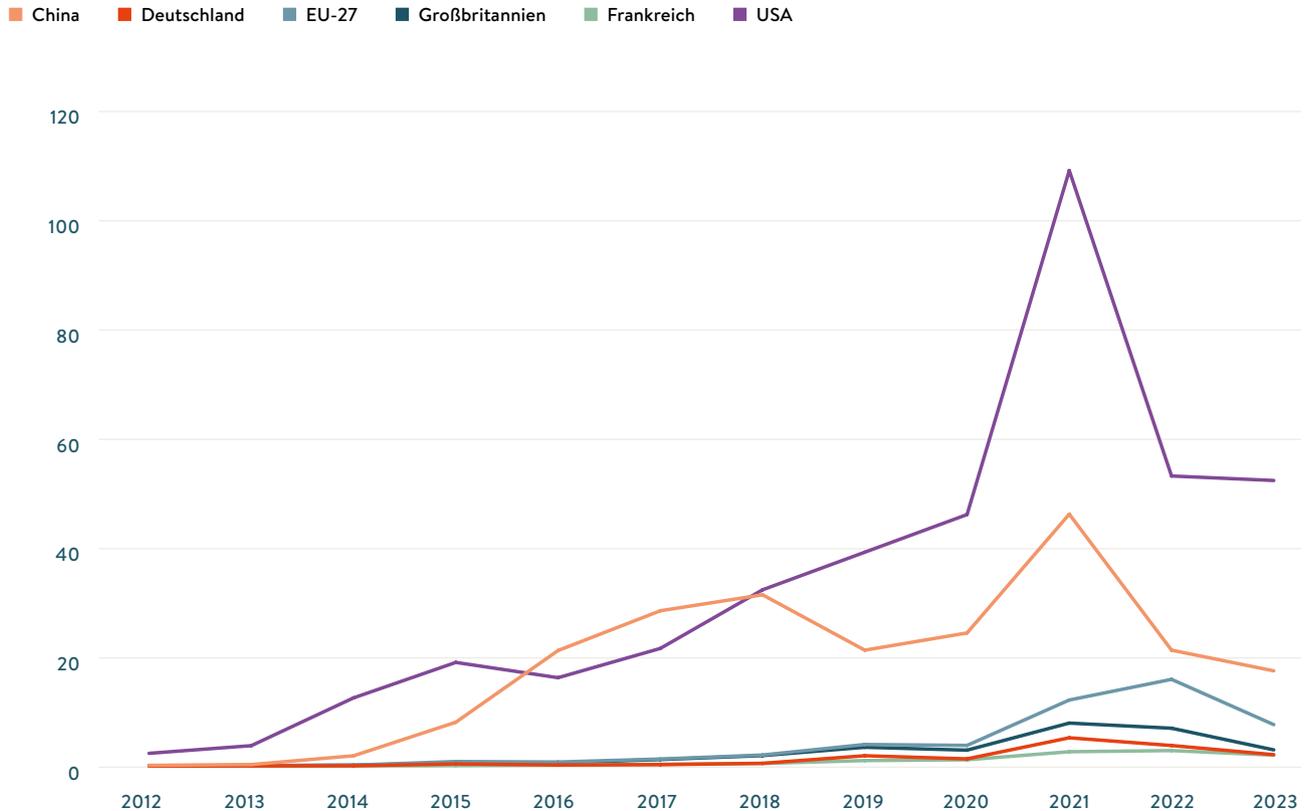


Quelle: 2023 AI Index Report

... ein Grund: fehlendes Wagniskapital

Seit 2012 investieren Wagniskapitalgeber zunehmend in KI-Unternehmen. Die höchsten Investitionen erfolgten 2021. Doch auch 2023 fließen allein in den USA noch über 50 Milliarden US-Dollar in diese Branche. KI-Start-ups erhalten rund ein Viertel aller Wagniskapitalinvestitionen in der OECD. Mit Ausnahme von China spielen andere Länder bei der Gewinnung von Wagniskapital für den KI-Bereich fast keine Rolle. Auch Deutschland und Europa sind weit abgehängt.

Wagniskapitalinvestitionen in KI nach Land, in Mrd. US-Dollar

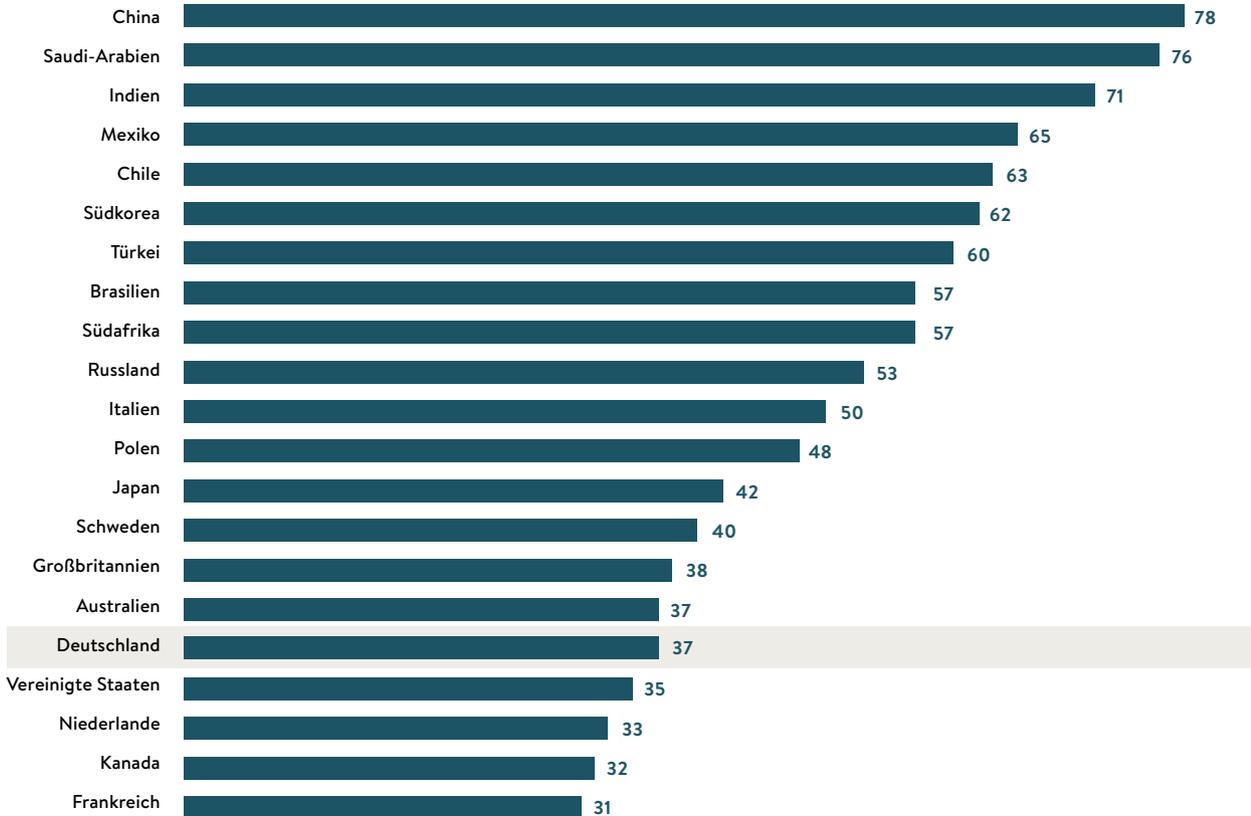


Quelle: OECD.AI (2024)

KI in der öffentlichen Meinung – Risikoaversion als Hindernis?

Über den Erfolg von KI-basierten Technologien entscheidet nicht zuletzt das Konsumverhalten. Weltweit ist hier die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung sehr unterschiedlich. Die Überzeugung, dass KI-basierte Produkte und Dienstleistungen mehr Vorteile als Nachteile bieten, ist in Industrieländern eher gering. Auch Deutschland befindet sich hier in der Schlussgruppe. Die größte Zustimmung dazu gibt es in den schnell wachsenden Ökonomien China, Saudi Arabien und Indien.

Zustimmung zur Aussage „Produkte und Services, die KI nutzen, haben mehr Vor- als Nachteile“, nach Ländern, 2022, in Prozent

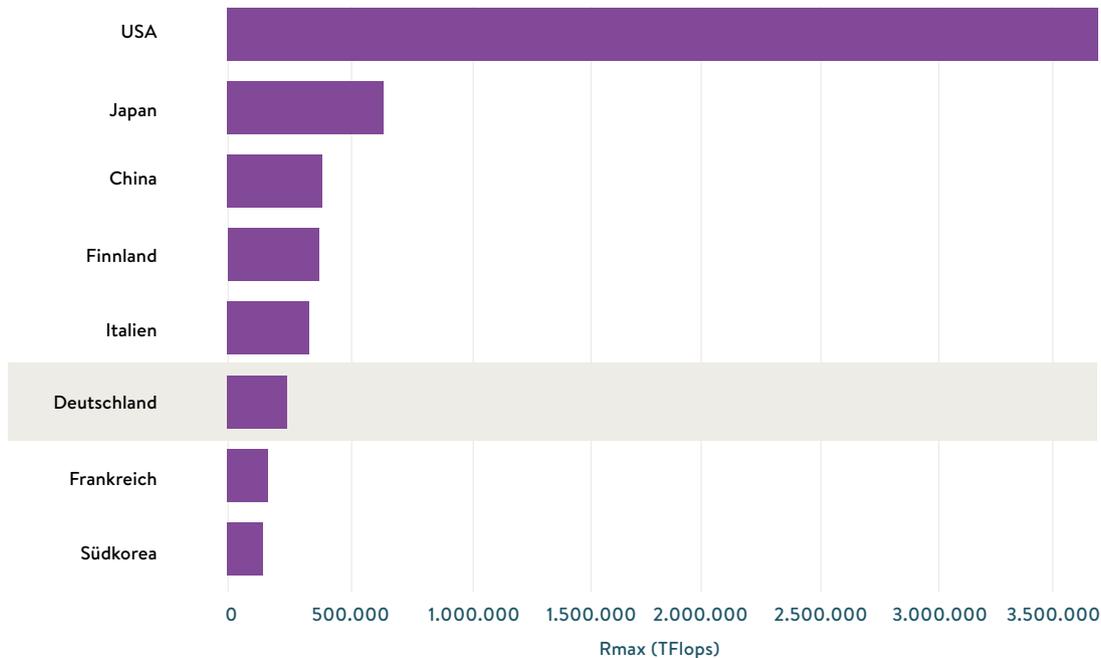


Quelle: 2023 AI Index Report

Rechenkapazität als Katalysator für KI-Technologien: Dominanz der USA

Bei der Zahl der Supercomputer liegt Deutschland weltweit noch auf Platz drei. Doch die Rechenleistungen sind unterdurchschnittlich. Ein Ranking der Performanz zeigt die führende Rolle der USA. Das Beispiel Finnland zeigt allerdings, dass auch kleine Länder im internationalen Vergleich gute Positionen erreichen können. In Summe hat Europa deshalb durchaus das Potenzial, Souveränität bei KI-Technologien zu sichern. Auch die Zugänglichkeit zu Rechenkapazitäten für beispielsweise Start-ups ist ein wesentlicher Faktor für Innovationsgeschwindigkeit.

Rechenleistung von Supercomputern, nach Ländern, 2023



Quelle: Top500 List, November 2023

B. KOMPETENZEN FÜR KI-FORSCHUNG UND ANWENDUNG

KI-Spitzenkräfte mit Kompetenzen insbesondere in den Bereichen Softwareentwicklung, Datenanalyse und IT-Architektur bilden die Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im Forschungs- und Innovationsfeld Künstliche Intelligenz. Das folgende Kapitel wirft einen Blick auf die KI-Fachkräftesituation in Deutschland.

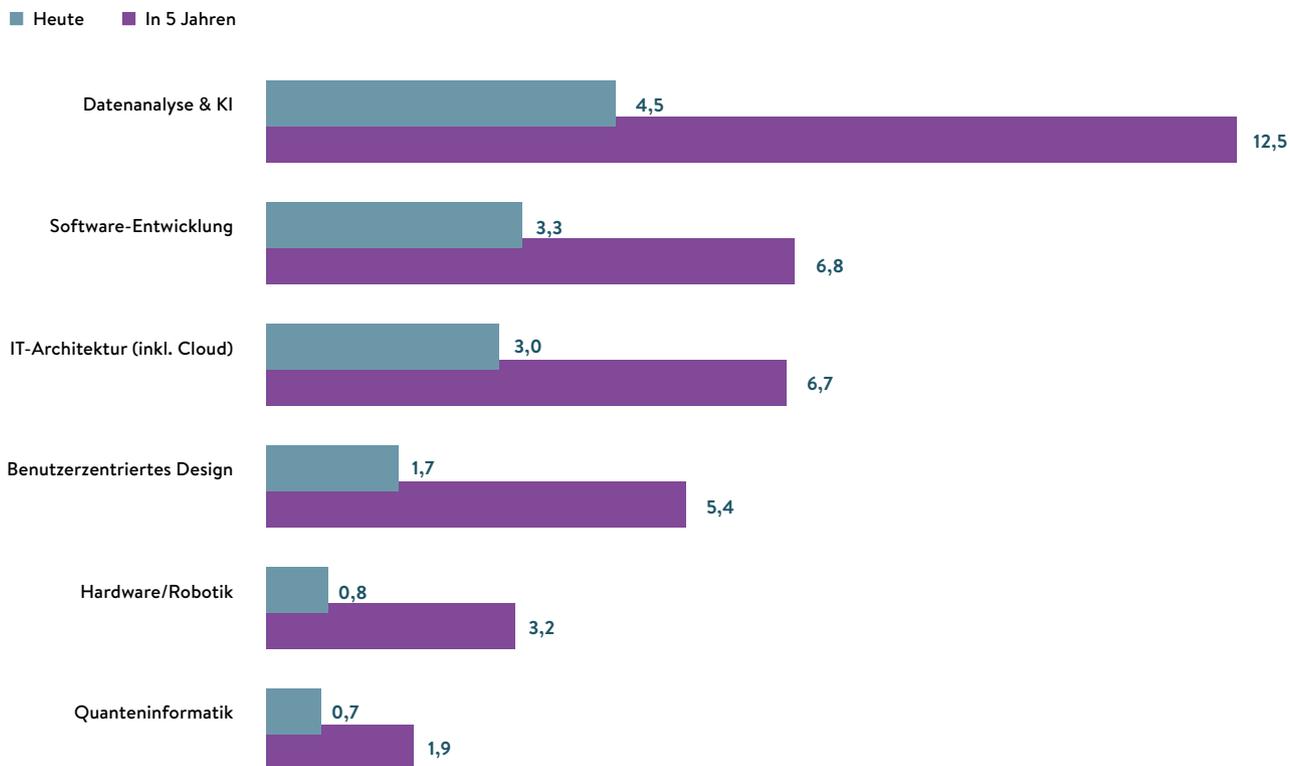
Trotz der Stärken in der Ausbildung und der selbst wahrgenommenen hohen KI-Kompetenz der Beschäftigten steht Deutschland vor der Herausforderung des Fachkräftemangels in technischen und informatischen Berufen. Verschärft wird die Situation durch das vergleichsweise niedrige Lohnniveau für KI-Fachkräfte und die damit verbundene Abwanderung von Talenten insbesondere zu den weltweit führenden Unternehmen in den USA. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, die Kompetenzbasis in Deutschland zu stärken und attraktive Rahmenbedingungen für KI-Spezialisten zu schaffen, um mehr Talente auszubilden und langfristig zu halten.

Darüber hinaus sollte Deutschland die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für eine gezielte Zuwanderung von KI-Fachkräften verbessern. Dazu gehört auch die Stärkung der Willkommenskultur und einer Kultur der gesellschaftlichen Teilhabe.

Bedarf an KI Fachkräften steigt schnell

Fachkräftengpässe sind eines der größten Hemmnisse für Innovation. In vielen technischen und informatischen Berufen fehlen schon heute qualifizierte Beschäftigte. Der Bedarf an Erwerbstätigen mit technologischen Kompetenzen steigt weiter. Die größte Dynamik gibt es dabei im Tätigkeitsfeld Datenanalyse und KI.

Zusätzlicher Bedarf an spezifischen technologischen Kompetenzen beim Personal der befragten Unternehmen und Behörden, in Prozent

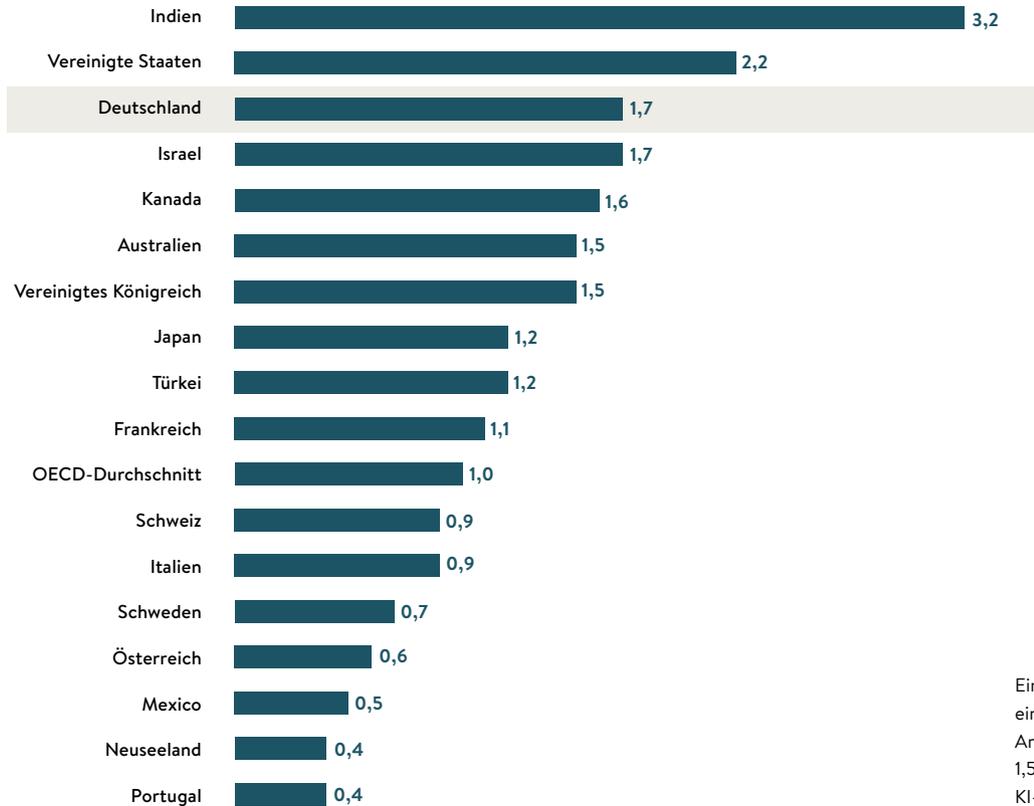


Quelle: Stifterverband, McKinsey (2021)

Deutschlands Beschäftigte sehen sich als KI-kompetent

Laut Selbsteinschätzung der Beschäftigten hat Deutschland die zweithöchste Verbreitung von KI-Kompetenzen in der Erwerbsbevölkerung. Nur in den USA ist der Anteil höher. Deutsche Beschäftigte geben 1,7-mal häufiger an, über KI-Kompetenzen zu verfügen, als Beschäftigte im OECD-Durchschnitt. Ähnlich hohe Werte erreichen noch Israel, Kanada und Großbritannien.

Prävalenz von Arbeitnehmenden mit KI-Kenntnissen nach Selbsteinschätzung von LinkedIn-Mitgliedern nach Ländern, 2015–2022



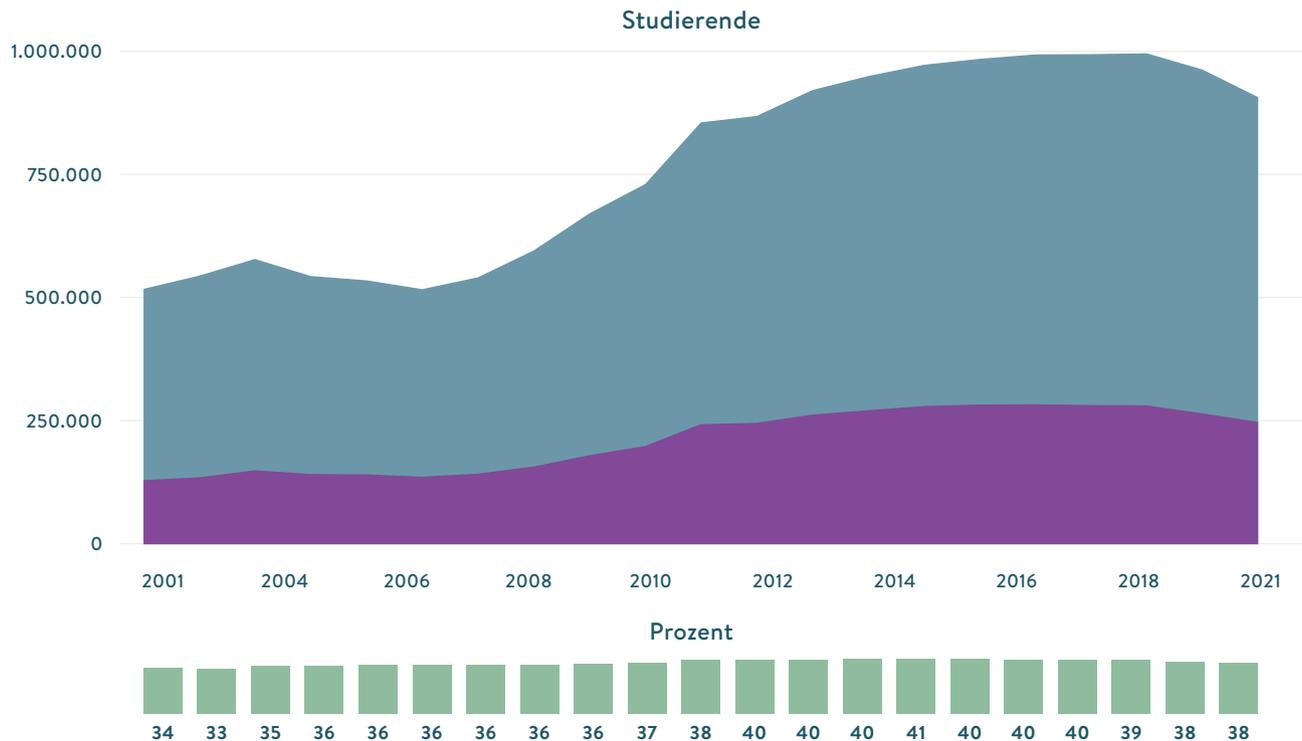
Eine KI-Durchdringung von 1,5 in einem Land bedeutet, dass die Arbeitnehmer in diesem Land mit 1,5-facher Wahrscheinlichkeit über KI-Kenntnisse verfügen als die Arbeitnehmer in der Benchmark.

Vorteil MINT-Fachkräfte in den Studienjahren 2001 bis 2021

Die MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Natur- und Technikwissenschaften) vermitteln die mathematischen und informatischen Kompetenzen, die für KI-Technologien besondere Relevanz besitzen. Hier ist Deutschland traditionell gut aufgestellt. 36 Prozent aller Studienanfänger und -anfängerinnen in Deutschland studieren in MINT-Fächern. Das ist europaweit der Spitzenwert. Allerdings nimmt der Anteil und die absolute Zahl an MINT-Studierenden seit einigen Jahren wieder ab.

Studienanfängerinnen und Studienanfänger im 1. Fachsemester an deutschen Hochschulen in den Studienjahren 2001–2021

■ Alle Fächer ■ MINT-Fächer ■ Anteil MINT



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2024

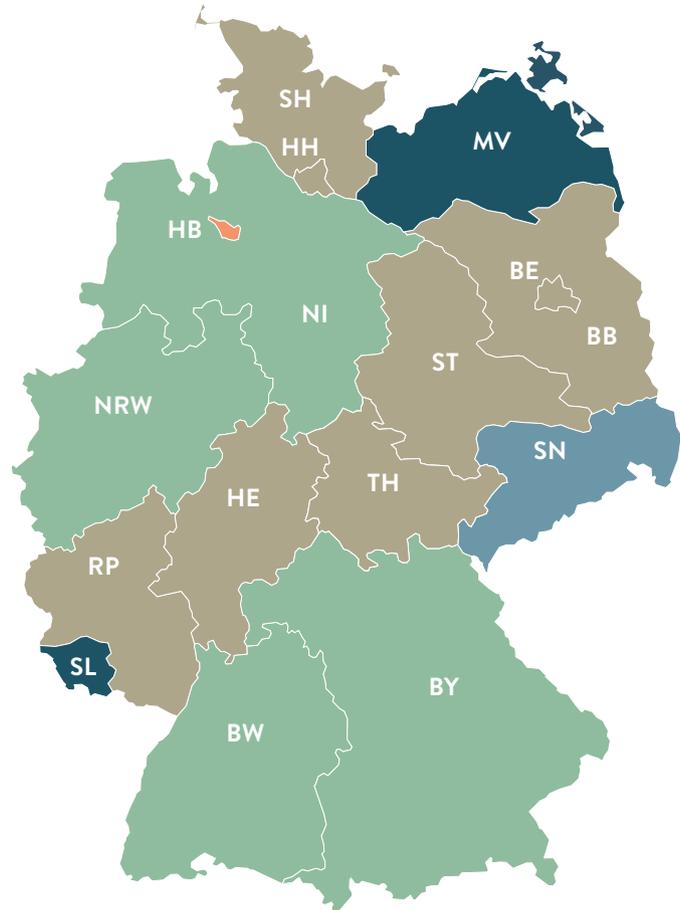
Kompetenzbasis Informatik: Informatikunterricht an deutschen Schulen nur selten verpflichtend

Informatikunterricht ist essenziell, um zukünftigen Generationen die notwendigen Kompetenzen in einer digital-orientierten Wirtschaft und Gesellschaft zu vermitteln. Nur in sieben Bundesländern gibt es bisher verpflichtenden Informatikunterricht. Insgesamt ist Deutschland damit europaweit bei informatischer Schulbildung in der Schlussgruppe. Allerdings haben in den letzten zwei Jahren fünf weitere Bundesländer neue Regelungen für verpflichtenden Informatikunterricht eingeführt.

Informatikunterricht in der Sekundarstufe 1

Regelungen in den Bundesländern, Oktober 2023

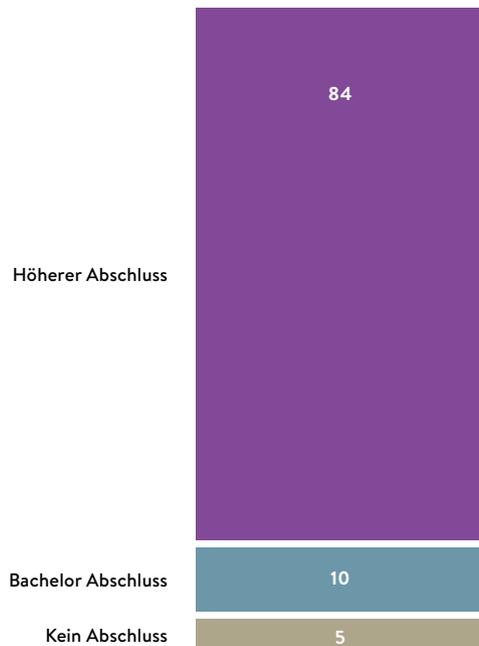
- 5–6 Pflichtstunden
- 3–4 Pflichtstunden
- 1–2 Pflichtstunden
- Angebote in einzelnen Schulformen/Jahrgangsstufen
- kein Angebot



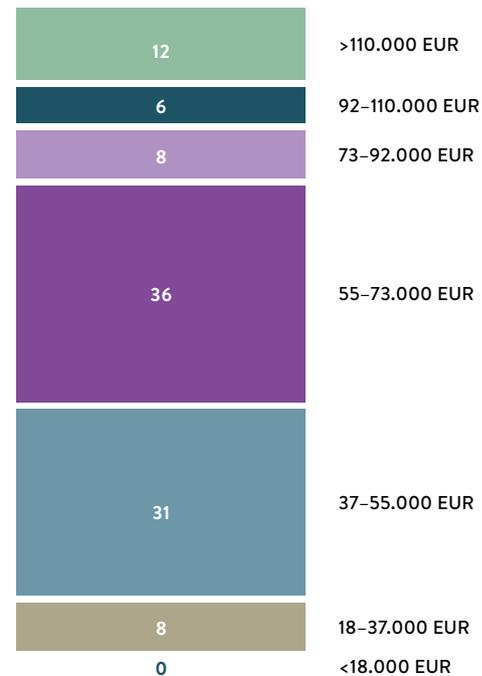
KI-Erwerbstätige: jung, hoch qualifiziert, aber durchschnittlich entlohnt

KI-Fachkräfte in Deutschland sind in der Regel gut qualifiziert. 84 Prozent von ihnen verfügen über einen Hochschulabschluss. Hochbezahlte KI-Arbeitsplätze sind dagegen noch nicht üblich, was die zur Bindung von Spitzentalenten erforderliche Attraktivität des Standorts Deutschland einschränkt. Ein Grund für das niedrige Gehaltsniveau ist die Altersstruktur der KI-Beschäftigten. Neun von zehn Erwerbstätigen sind nicht älter als 45 Jahre und damit jünger als der Durchschnitt der Erwerbsbevölkerung.

Aufschlüsselung der KI-Beschäftigten nach Grad der Qualifikation, in Prozent



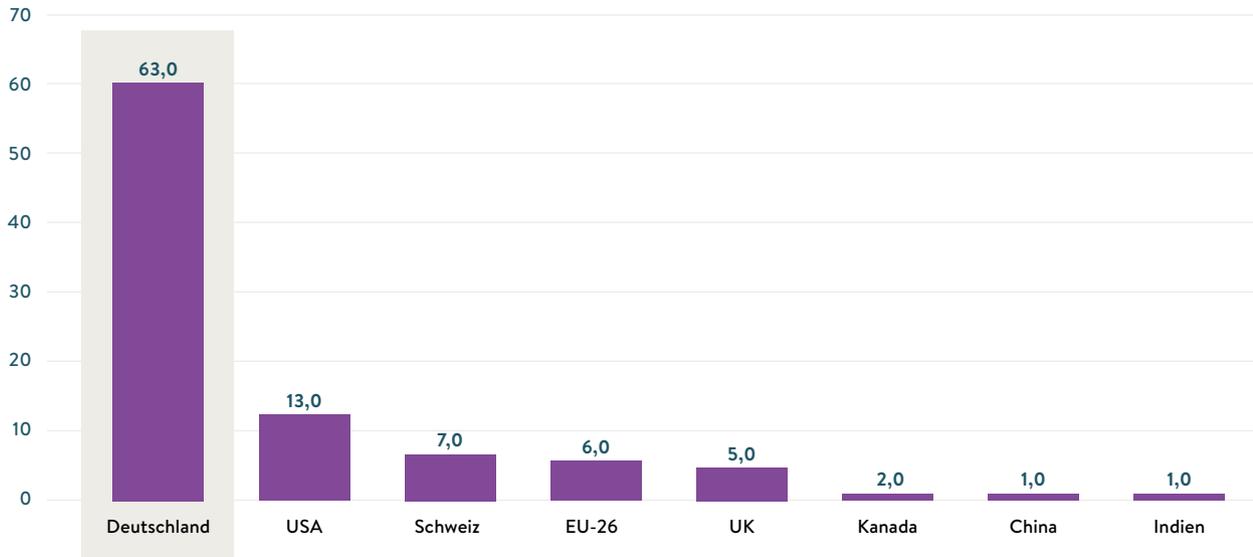
Aufschlüsselung der Gehälter von KI-Beschäftigten mit Hochschulabschluss, in Prozent



Brain Drain: Deutschland verliert KI-Talente

Hochschulabsolventen und -absolventinnen mit Dokortitel in einem KI-Anwendungsbereich sind die Top-Talente für Wirtschaft und Wissenschaft in Deutschland. Doch ein Drittel dieser Gruppe verlässt Deutschland nach der Promotion. Den stärksten Kompetenzexport verzeichnen wir in Richtung USA. Aber auch die Schweiz und Großbritannien sind attraktive Ziele für KI-Spezialisten und Spezialistinnen.

Anteil der KI-Doktorandinnen und -Doktoranden, die in folgenden Ländern beschäftigt sind, in Prozent



C. KOOPERATIONEN IN DER KI-FORSCHUNG

Kooperationen in der KI-Forschung und -Entwicklung sind von zentraler Bedeutung für die Steigerung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Für die Umsetzung von KI-Forschung in Anwendungen können Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft entscheidende Katalysatoren sein. Ein Blick auf die enge Verzahnung von Wissenschaft und Wirtschaft im derzeit erfolgreichsten Innovationsökosystem Silicon Valley macht dies deutlich.

In diesem Kapitel werden ausgewählte Kennzahlen zu internationalen KI-Kooperationen bei Publikationen und Patenten sowie Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft in Deutschland beleuchtet.

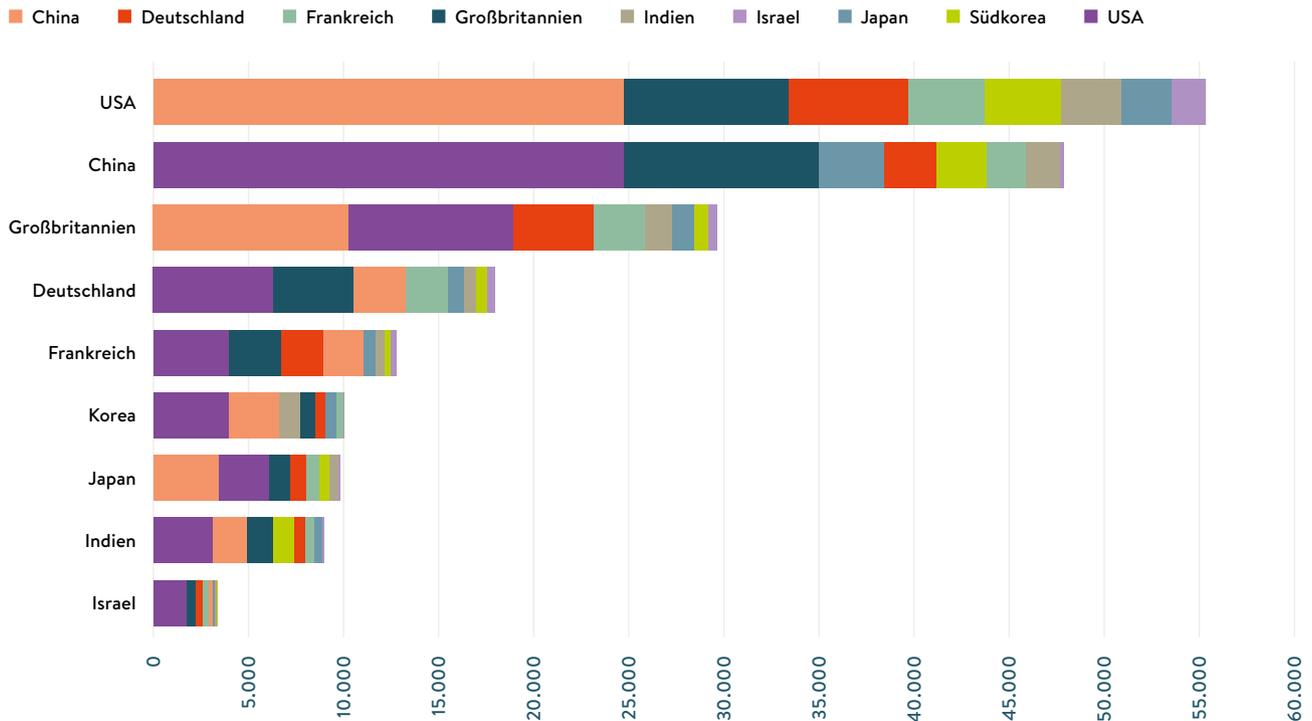
Die Zusammenarbeit im Bereich der KI-Forschung und -Entwicklung ist durch transnationale Wissenschaftskooperationen mit einer hohen Diversifikation geprägt, wobei die USA als Hauptpartner für transnationale Patente fungieren. Enge Verbindungen sind auch zwischen KI-Start-ups und der Wissenschaft zu beobachten, da viele KI-Start-ups aus wissenschaftlichen Einrichtungen hervorgehen. Dennoch gibt es eine deutliche Lücke in der Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen, insbesondere bei KMUs, was den Technologietransfer und die gemeinsame Nutzung von Daten für die Entwicklung von KI erschwert.

Die Optimierung des Datenaustauschs für die KI-Entwicklung bleibt eine zentrale Herausforderung, um effiziente und innovative Lösungen zu fördern.

Transnationale wissenschaftliche Kooperationen: hohe Diversifikation

Die USA und China sind bei wissenschaftlichen KI-Publikationen führend. Trotz Systemunterschieden bestehen viele Ko-Autorenschaften zwischen Forschenden aus diesen beiden Ländern. Einen hohen Grad an internationaler Vernetzung haben auch britische KI-Wissenschaftler und -Wissenschaftlerinnen. Deutschland und die weiteren Länder der Europäischen Union sind untereinander stark vernetzt. Insgesamt zeichnen sich alle Länder aber durch diverse Kooperationsbeziehungen in der Wissenschaft aus.

Anzahl Publikationen mit Ko-Autoren aus ausgewählten Ländern, 2000 bis 2020

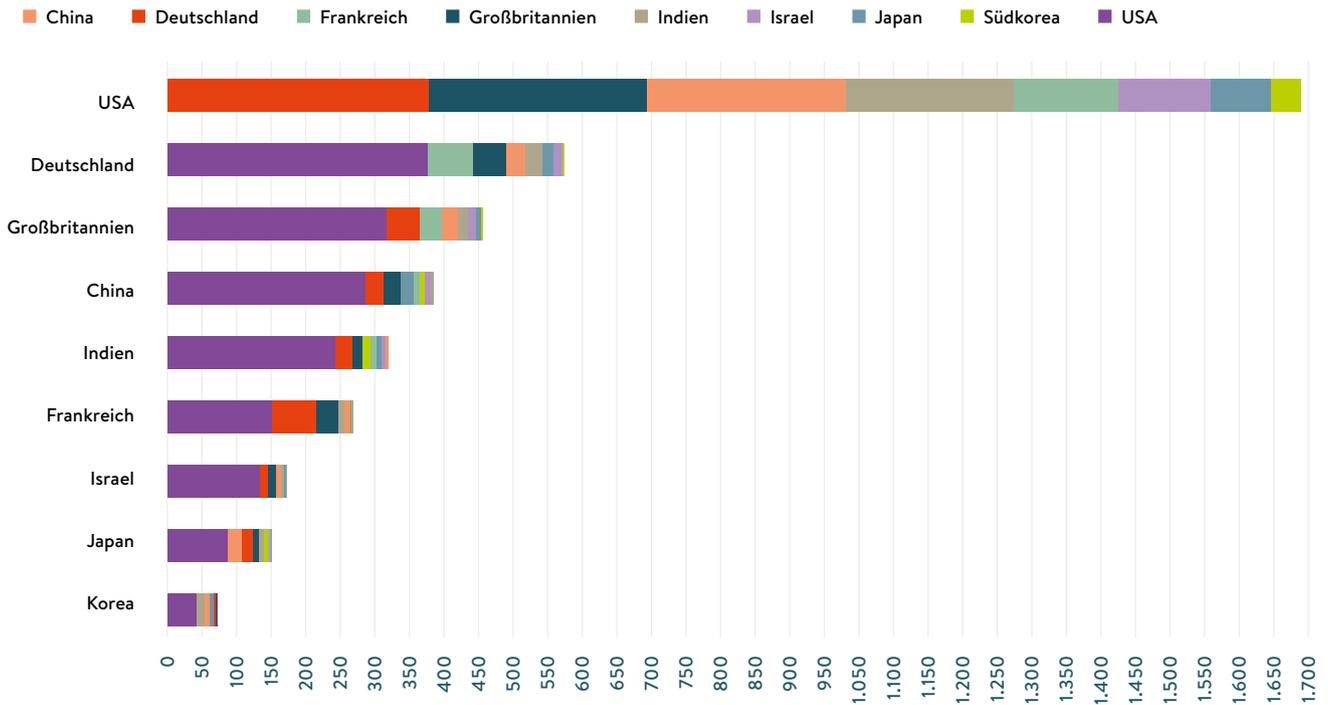


Quelle: Web of Science, Eigene Berechnung (2023)

Transnationale KI-Patente: USA ist Partner Nr. 1

Die USA sind der dominierende Partner bei transnationalen Patenten. Ihr Anteil macht zwischen 50 und 75 Prozent der Partnerschaften aus, auch bei europäischen Ländern und in China. Die USA selbst sind in ihren Partnerschaften stark diversifiziert. Deutschlands Anteil liegt dabei knapp vor Großbritannien und China.

Transnationale Patentanmeldungen mit Ko-Erfindern aus ausgewählten Ländern, 2000 bis 2020



Quelle: Patstat, Eigene Berechnung (2023)

Enge Verbindung zwischen KI-Start-ups und Wissenschaft

Befragungsergebnisse zeigen: Zwischen KI-Start-ups und Wissenschaftseinrichtungen bestehen enge Verbindungen. Vier von zehn Gründungen sind demnach Spin-offs aus einer Wissenschaftseinrichtung. Im Vergleich zu allen Start-up-Gründungen ist das eine hohe Quote: Von allen rund 115.000 Neugründungen im Jahr 2022 sind nur 2,4 Prozent Spin-offs aus der Wissenschaft. Der Forschungstransfer findet dabei vor allem über Köpfe statt, nicht über geistiges Eigentum (IP). Nur 7,6 Prozent der befragten Unternehmen geben an, auf Basis von geschütztem IP einer Wissenschaftseinrichtung gegründet zu haben, und 82 Prozent besitzen keine Patente.



40,9%

Die Gründungsidee, die fachliche Expertise oder das Know-how stammen aus einer Wissenschaftseinrichtung.

37,9%

Das Gründungsteam kennt sich aus der Ausbildung oder dem Studium.

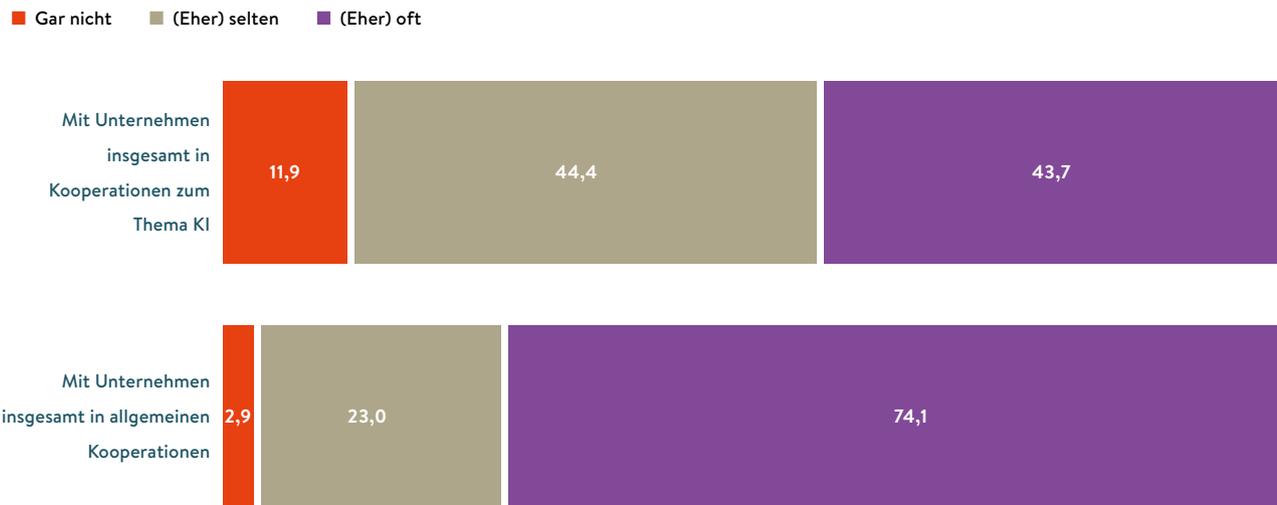
28,8%

Forschungspersonal einer Hochschule ist am Start-up beteiligt.

Weniger Kooperationen Hochschule-Wirtschaft bei KI

Trotz der starken Rolle der Unternehmen in der KI-Forschung kooperieren Hochschulen in Deutschland in diesem Forschungsfeld bislang eher wenig mit der Wirtschaft. Während insgesamt nur jede vierte Hochschule selten oder gar nicht kooperiert, ist es bei KI-Technologien mehr als jede zweite. Noch deutlicher wird das Bild bei internationalen Kooperationen. Nur 2 Prozent der Hochschulen gibt an, eher oft mit Unternehmen aus dem Ausland in der KI-Forschung zusammen zu arbeiten, obwohl gerade amerikanische Unternehmen eine starke Stellung in diesem Technologiefeld inne haben.

Bitte bewerten Sie wie intensiv Ihre Hochschule allgemein und zum Thema KI im Speziellen mit den folgenden Partnern aus der Wirtschaft zusammenarbeitet, in Prozent



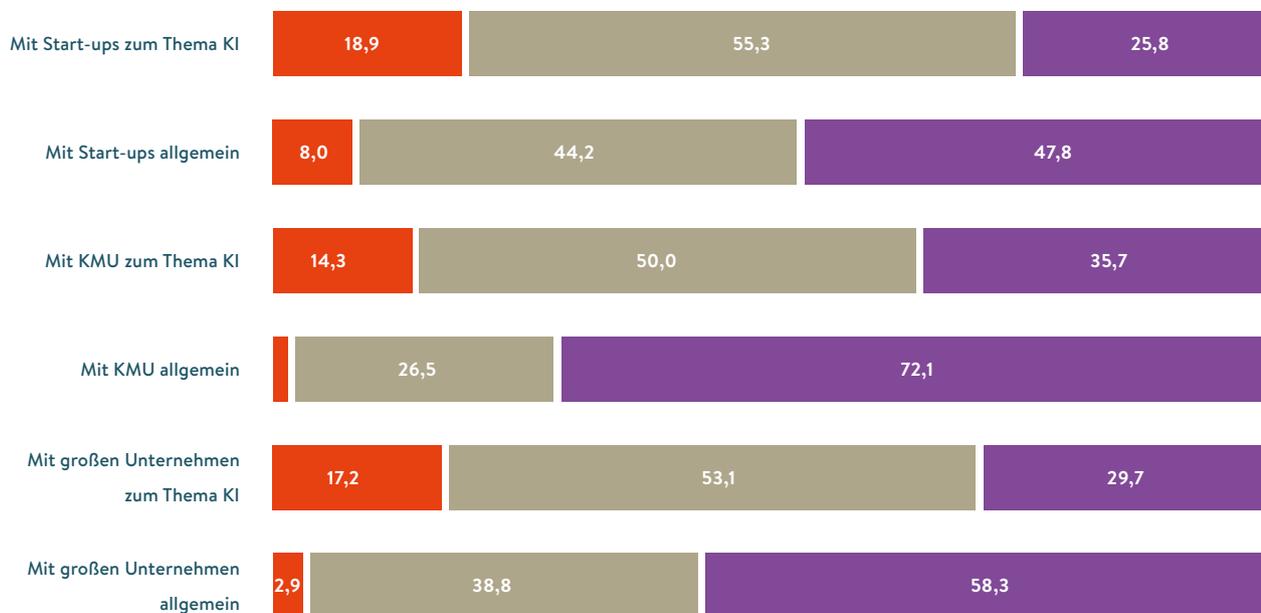
Quelle: Stifterverband (2024), exklusiv für den Gipfel für Forschung und Innovation

Kooperationslücke bei KMUs besonders deutlich

Eigentlich sind kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) der bevorzugte Forschungspartner der Hochschulen in Deutschland. Hochschulen spielen dadurch im Wissenstransfer für die regionale Wirtschaft die zentrale Rolle. Hochschulen kooperieren auch bei der KI-Forschung immer noch häufiger mit dem Mittelstand als mit Start-ups und Großunternehmen. Doch der Abstand zu anderen Forschungsbereichen ist mit 40 Prozentpunkten doppelt so groß. Damit verlieren viele KMUs in dieser Schlüsseltechnologie den Anschluss zu neuen Entwicklungen.

Bitte bewerten Sie wie intensiv Ihre Hochschule allgemein und zum Thema KI im Speziellen mit den folgenden Partnern aus der Wirtschaft zusammenarbeitet, in Prozent

■ Gar nicht ■ (Eher) selten ■ (Eher) oft



Quelle: Stifterverband (2024), exklusiv für den Gipfel für Forschung und Innovation

Wenig Datenaustausch für die KI

KI-Trainingsdaten sind ein grundlegender Baustein in der Entwicklung verlässlicher und präziser KI-Modelle. Dabei kann es nötig sein, unterschiedliche Datenbestände zusammenzuführen. Doch trotz der hohen Relevanz von externen Datenbeständen in der KI-Forschung und KI-Entwicklung gibt es weniger Datenaustausch zwischen Hochschulen und Unternehmen für KI als in anderen Forschungsfeldern. Das gilt sowohl für die Nutzung von Unternehmensdaten in der akademischen Forschung als auch von in der Wissenschaft generierten Daten in der Wirtschaft.

Bitte bewerten Sie die Häufigkeit der Nutzung der folgenden Formate in der Zusammenarbeit Ihrer Hochschule mit Partnern aus der Wirtschaft allgemein und in Kooperation zum Thema KI im Speziellen, in Prozent

■ Gar nicht ■ (Eher) selten ■ (Eher) oft



Quelle: Stifterverband (2024), exklusiv für den Gipfel für Forschung und Innovation

04 ANHANG

MITWIRKENDE

Im Vorfeld des Gipfels für Forschung und Innovation 2024 wurden sieben Experteninterviews sowie vier vorbereitende Veranstaltungen durchgeführt:

5. Februar 2024

Zukunftsforum Innovation und Forschung - “Potenziale von KI für Produktion und Beschäftigung“, moderiert von Prof. Dr. Uwe Cantner, Vorsitzender EFI

22. Februar 2024

Zukunftsforum Innovation und Forschung - “Orchestrierung – Wie können Forschung und Wirtschaft besser zusammenwirken?“, moderiert von Prof. Dr. Gerald Haug, Präsident, Leopoldina

23. Februar 2024

Zukunftsforum Innovation und Forschung - “Kooperationstreiber Künstliche Intelligenz – Wie stärken KI-Ökosysteme das Europäische Innovationssystem?“, moderiert von Dr. Georg Schütte, Generalsekretär, VolkswagenStiftung

27. Februar 2024

Zukunftsforum Innovation und Forschung - „KI-Innovationen in Europa aus Sicht junger Unternehmen“, moderiert von Prof. Dr. Michael Kaschke, Präsident, Stifterverband

Die Ergebnisse der Expertengespräche wurden in dieser Publikation zusammengeführt. Wir danken folgenden Personen für ihre Bereitschaft, ihr Wissen und ihre Erfahrungen mit uns zu teilen:

Stefanie Baade, Bundesverband der Unternehmen der Künstlichen Intelligenz in Deutschland e.V.

Dr. Holger Becker, Deutscher Bundestag

Dr. Bernd Beckert, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Florian Bontrup, DOCYET GmbH

Dr. Johannes Büker, *Hydronauten GmbH*

Dr. Aljoscha Burchardt, *Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz*

Prof. Dr. Claudia Eckert, *Technische Universität München*

Dr. Tanja Emmerling, *High-Tech Gründerfonds*

Philipp Erler, *GROPYUS Technologies GmbH*

Pascal Fechner, *inContAlert GmbH*

Maximilian Gahntz, *Mozilla Foundation*

Dr. Tobias Gärtner, *ESy-Labs-GmbH*

Dr. Serghei Glinca, *CrystalsFirst GmbH, DEEP Ecosystems 500 UG*

Ann-Catrin Gras, *Wirtschaftsjunioren Deutschland e.V.*

Florian Grigoleit, *modelwise GmbH*

Nam Gutzeit, *eCeramix GmbH*

Prof. Dr. Dietmar Harhoff, *Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb*

Thomas Jarzombek, *Deutscher Bundestag*

Henrik Junius, *C. D. Wälzholz GmbH & Co. KG*

Tobias Koch, *Bundesverband der Unternehmen der Künstlichen Intelligenz in Deutschland e.V.*

Dr. Thomas Koenen, *Bundesverband der Deutschen Industrie*

Prof. Dr. Jan Krämer, *Universität Passau*

Mirko Laube, *Better Sol GmbH*

Dr. Andreas Liebl, *appliedAI Initiative GmbH*

Sebastian Litta, *QuantCo Deutschland GmbH*

Desiree Modic, *appliedAI Initiative GmbH*

Prof. Dr. Wolfgang Nejdl, *Leibniz Universität Hannover*

Dr. Philip Nölling, *dpv-analytics GmbH*

Prof. Dr. Björn Ommer, *Ludwig Maximilian Universität München*

Jan Pleis, *Your Home Guides GmbH*

Veronika Prochazka, *Innovation Park Artificial Intelligence IPAI*

Rebecca Reisch, *Cyber Valley*

Adrien Resch, *AuditOne GmbH*

Anne Schlinkert, *katulu GmbH*

Dr. Verena Schöwel-Wolf, *MyoPax GmbH*

Martina Schuster, *ai.dopt GmbH*

Prof. Dr. Fabian Theis, *Helmholtz Zentrum München*

Rudolf von Büнау, *Altavo GmbH*

Johanna von Treuenfels, *Treuenfels GmbH*

Manfred Weigler, *Dieter Schwarz Stiftung*

Matthias Zühlke, *syte GmbH*

QUELLEN

Artificial Intelligence Index Report (2023). Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. <https://aiindex.stanford.edu/report/>.

Bitkom Research (2023).

Für die Hälfte ist KI immer noch kein Thema. Bitkom Research. Berlin. <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2023-09/bitkom-charts-ki-im-unternehmen.pdf>

Bundesnetzagentur. (2021). Künstliche Intelligenz in den Netzsektoren. Bericht über den Marktdialog der Bundesnetzagentur. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Bonn.

Expertenkommission Forschung und Innovation (2024): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2024, Berlin: EFI.

Informatikmonitor 2023/24 (2023). Gesellschaft für Informatik e.V., Berlin.

Klüwer, T., T. Koch, A. Miller, A. Heinecke (2023): KI-Start-ups und Wissenschaft. Spotlight. Berlin: KI Bundesverband.

Maham, P., Heumann, S., Denkena, W., Hemmen, L., & Semenova, A. (2022). Empirische Untersuchung der Karrierepfade von KI-Doktorand:innen an deutschen Universitäten. Stiftung Neue Verantwortung.

McKinsey & Company. (2023). Auswirkungen von GenAI auf den deutschen Arbeitsmarkt. McKinsey & Company. <https://t1p.de/6ju8p>

OECD AI. (2024). VC investments in AI by country. Abgerufen von <https://www.oecd.ai/>

PricewaterhouseCoopers. (2017). PwC's Global Artificial Intelligence Study: Sizing The Prize. PwC. <https://www.pwc.com/gx/en/issues/data-and-analytics/publications/artificial-intelligence-study.html>

Statistisches Bundesamt (Destatis). (2023). Studienanfängerinnen und Studienanfänger im 1. Fachsemester an deutschen Hochschulen in den Studienjahren 2001 bis 2021 [Graph]. Abgerufen von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/01/PD23_N004_213.html

Stifterverband/McKinsey (2021). Tech-Spezialisten gesucht!

Stifterverband (2024). Hochschul-Barometer. Erscheint November 2024.

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH. (2023). Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 3. Quartal. Mannheim.

IMPRESSUM

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme der Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben vorbehalten. Verlag, Herausgeber und Autoren übernehmen keine Haftung für inhaltliche oder drucktechnische Fehler.

Essen, 2024

Herausgeber

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.
Baedekerstraße 1
45128 Essen
T 0201 8401-0
mail@stifterverband.de

In enger Zusammenarbeit mit:

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)
Geschäftsstelle
Pariser Platz 6
10117 Berlin

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V.
- Nationale Akademie der Wissenschaften -
Jägerberg 1
06108 Halle (Saale)

VolkswagenStiftung
Kastanienallee 35
30519 Hannover

Unter Leitung von:

Prof. Dr. Michael Kaschke
Prof. Dr. Uwe Cantner
Prof. Dr. Gerald Haug
Dr. Georg Schütte

Redaktion

Dr. Stefan Artmann
Marian Burk
Dr. Helge Dauchert
Sabrina Hanhoff
Dr. Pascal Hetze
Simone Höfer
Dr. Volker Meyer-Guckel
Jan-Frederik Thurmann
Inéz-Maria Wellner

Mitarbeit

Christine Beyer
Carolin Maier

Gestaltung

Atelier Hauer + Dörfler GmbH

Druck

Schmidt, Ley + Wiegandt
GmbH + Co. KG, Lünen

**Stifterverband
für die Deutsche Wissenschaft e. V.
Baedekerstraße 1
45128 Essen**

www.stifterverband.org

Mit freundlicher Unterstützung der Partner
des Gipfels für Forschung und Innovation:

EXPERTENKOMMISSION
FORSCHUNG
UND INNOVATION

EFI



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften



VolkswagenStiftung