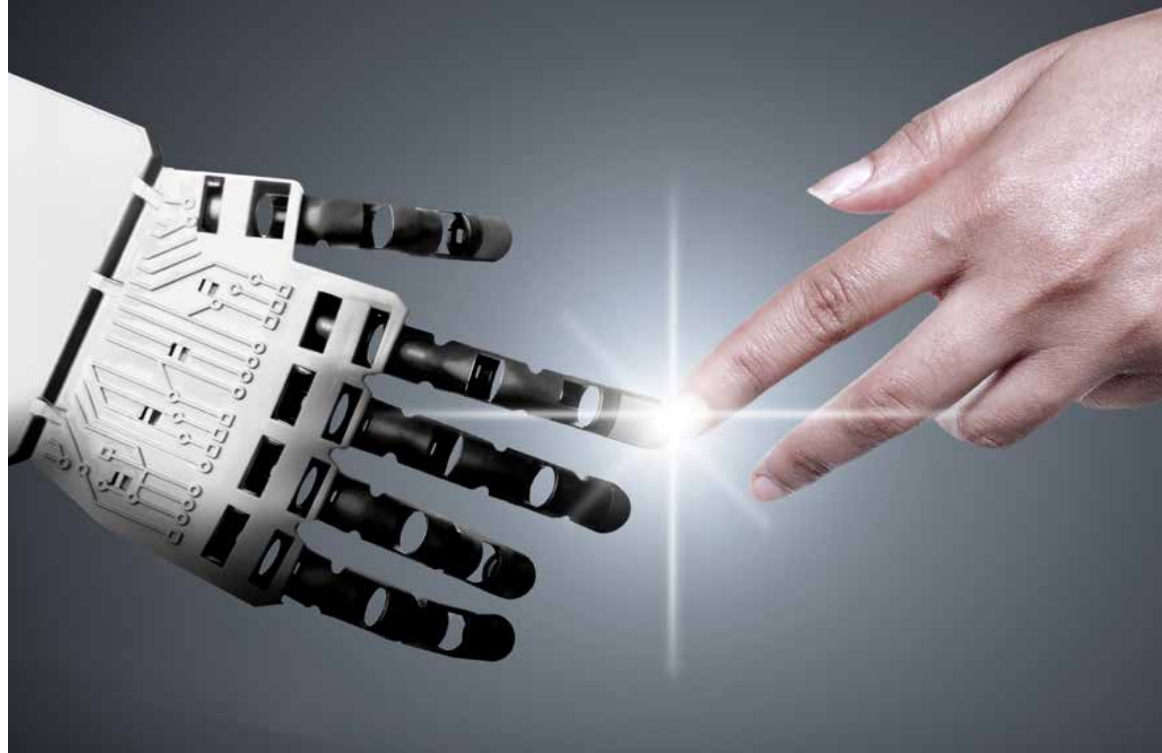


# *Auswirkungen der Nutzung von künstlicher Intelligenz in Deutschland*

Juni 2018





---

# Inhalt

A	Executive Summary & Empfehlungen .....	4
B	Was ist KI? .....	6
C	KI in Deutschland .....	7
D	Die wirtschaftlichen Aspekte künstlicher Intelligenz .....	8
E	Unsere Vorgehensweise .....	9
F	Ergebnisse unserer Modellierung.....	12
1	Wichtigste Auswirkungen .....	12
2	Auswirkungen auf die Beschäftigung.....	13
3	Auswirkungen auf die Branchen .....	14
G	Anhang .....	15
1	Vorbehalte gegenüber den Schlussfolgerungen der Studie .....	15
	Kontakt .....	17

# A *Executive Summary & Empfehlungen:* in fünf Schritten zum KI-Champion

Die vorliegende Studie zeigt, dass künstliche Intelligenz (KI) für die deutsche Wirtschaft ein gewaltiges Potenzial birgt: Unseren Prognosen zufolge kann das deutsche Bruttoinlandsprodukt (BIP) allein durch KI bis zum Jahr 2030 um 11,3% steigen. Das entspricht einer Wertschöpfung von rund 430 Milliarden Euro.

Das Potenzial ist damit prozentual höher als in den meisten anderen europäischen Volkswirtschaften. Das Wachstum wird allerdings je nach Branche variieren – unserer Prognose zufolge zwischen 7 und 28%. Überdurchschnittlich hoch dürfte der KI-Einfluss in den Bereichen Handel und Konsumgüter, Hotels, Restaurants, Bildung, Gesundheit sowie im öffentlichen Sektor ausfallen. Im Vergleich zu den Volkswirtschaften China und USA hat Deutschland jedoch einen prognostizierten größeren Aufholbedarf in Sachen innovativer Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen mithilfe künstlicher Intelligenz.

Besonders aufschlussreich ist aus unserer Sicht, dass das BIP-Wachstum in erster Linie von neuen, innovativen Unternehmen, Produkten und Dienstleistungen herrühren wird: Sie dürften mit 6,71 Prozentpunkten fast 60% des Zuwachses ausmachen und damit deutlich mehr bewirken als die Produktivitätsfortschritte, die durch KI möglich werden (4,56 Prozentpunkte).

Das zeigt: Ängste vor massenhaften Jobverlusten sind überzogen. Zwar sind laut einer aktuellen OECD-Studie knapp 20% der Arbeitsplätze in Deutschland durch KI bedroht, aber zugleich werden neue Produkte und Dienstleistungen entwickelt, und damit entstehen auch neue Aufgabenbereiche. Zudem führt ein höheres Produktionsvolumen zu einem höheren Bedarf an Arbeitskräften.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse der Studie, dass KI enormen Einfluss hat und sämtliche Bereiche eines Unternehmens betrifft. Kurz: KI wird nicht nur über den Erfolg und Misserfolg von Unternehmen bestimmen, sondern auch darüber, wer wann und wie arbeitet.

Es ist deshalb höchste Zeit, die richtigen Weichen zu stellen. Um Treiber statt Getriebener zu werden, gilt es, fünf Herausforderungen zu meistern.

1

## *Künstliche Intelligenz verstehen*

Wer die richtigen Weichen stellen will, muss zunächst analysieren, welche Auswirkungen KI auf die eigene Organisation, die Branche und verwandte Bereiche hat. Denn nur dann können Verantwortliche Risiken identifizieren und Chancen erkennen, zum Beispiel durch neue Geschäftsmodelle. So können etwa Rohstofflieferanten dank KI und 3-D-Druck leichter denn je zu Teileproduzenten werden.

2

## *Die eigenen Stärken erkennen*

Ziele sollten ambitioniert, aber erreichbar sein. Parallel zur Analyse von Chancen und Risiken gilt es deshalb, die eigenen Möglichkeiten zu analysieren – und beispielsweise zu prüfen, welche Daten verfügbar sind, um KI-Systeme zu trainieren. Zudem stellt sich die Frage, inwieweit Unternehmen die Daten nutzen dürfen – gerade angesichts der EU-Datenschutzgrundverordnung (EU-DSGVO), die Ende Mai in Kraft trat.

**3*****Konsistente KI-Strategie entwickeln***

Eine ehrliche Analyse wird oft zeigen: Nur im Kerngeschäft liegen Daten in ausreichender Menge und Qualität vor. So können eigene Daten aus Kundenmanagement- und Servicesystemen schneller und effizienter kombiniert werden als externe Informationen, zum Beispiel aus sozialen Medien. Wer eine konsistente KI-Strategie entwickeln will, setzt deshalb hier an – und definiert, wie die Kernkompetenzen des Unternehmens durch KI-Systeme gestärkt werden sollen und welche innovativen Produkte, Dienstleistungen oder gar Geschäftsmodelle möglich und sinnvoll sind.

**4*****Ethik und Transparenz garantieren***

Innovative Produkte und Dienstleistungen setzen sich langfristig nur durch, wenn die Kunden ihnen vertrauen. Elementarer Bestandteil einer KI-Strategie sollten daher Ethik-Leitlinien und Transparenzvorgaben sein, die sich Unternehmen von unabhängigen Instanzen bescheinigen lassen (wir sprechen in diesem Zusammenhang von „Trusted and Explainable Artificial Intelligence“).

**5*****KI-Kultur schaffen***

Um die KI-Strategie erfolgreich umzusetzen, müssen Unternehmen KI-Experten einstellen und Mitarbeiter weiterbilden. Ganz entscheidend ist zudem eine innovationsfreundliche Unternehmenskultur. Dafür gilt es vor allem, den Teamgeist zu fördern. Denn Silodenken, Herrschaftswissen und starre Hierarchien verhindern neue Ideen und schnelle Reaktionen.

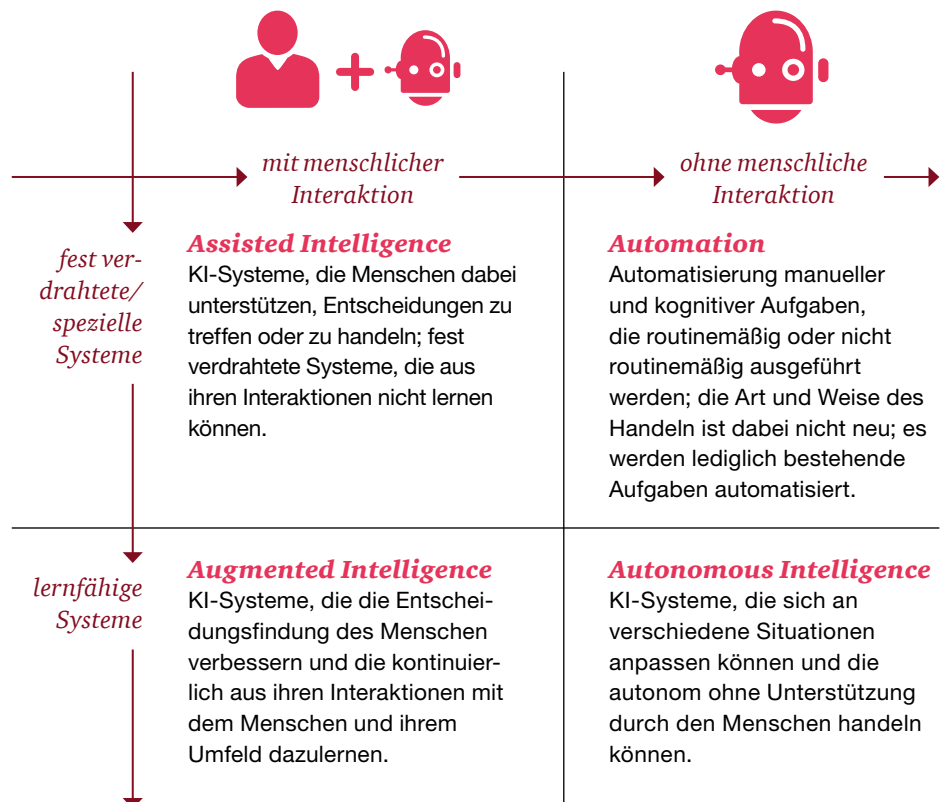
## B Was ist KI?

Die voranschreitende Digitalisierung betrifft mittlerweile fast alle Aspekte unseres Alltags. Internet und mobile Technologien haben unser Leben und unsere Arbeitsweise verändert. Nun rollt eine neue Technologiewelle heran und in ihrem Zentrum stehen Daten. KI nutzt Daten, um uns bei den vielen Aufgaben, die wir derzeit noch selbst erledigen, zu unterstützen. Und sie wird Aufgaben erledigen können, an die wir noch nicht einmal gedacht haben.

Mit KI bezeichnet man Systeme, die ihre Umgebung erfassen sowie denken und lernen können, um dann auf dieser Grundlage zu handeln. Durch ihre Fähigkeit, auf die Umgebung reagieren zu können, unterscheidet sich KI von der Automatisierung von Routineaufgaben. Algorithmen des maschinellen Lernens und intelligente Chatbots sind Beispiele für KI, die bereits heute von Unternehmen umfänglich genutzt werden.

Unsere Definition von KI reicht jedoch noch weiter. Wir zählen auch Automatisierung dazu, also die Übernahme sich wiederholender manueller und kognitiver Aufgaben durch Maschinen, die nicht zwangsläufig „intelligent“ sind und stattdessen über grundlegende regelbasierte Fähigkeiten verfügen. Wir schließen diese Technologien in unsere Betrachtung ein, weil sie aus unserer Sicht einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg hin zu modernsten intelligenten Lösungen darstellen.

### Ebenen der KI



„KI wird Aufgaben erledigen können, an die wir noch nicht einmal gedacht haben.“

## C KI in Deutschland

Als größte Volkswirtschaft der EU wird Deutschland durchweg als Innovationsführer in Europa wahrgenommen. Mit hochqualifizierten Arbeitskräften und einer gut ausgebauten Infrastruktur scheint Deutschland für Investitionen, insbesondere in sich entwickelnde Märkte wie KI, äußerst attraktiv zu sein.

Daher überrascht es nicht, dass sich das Cyber Valley in Deutschland befindet. Die vom Land Baden-Württemberg geförderte Initiative hat sich das Ziel gesetzt, die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz voranzubringen. Die Initiative hat in Deutschland erhebliche Investitionen in KI bewirkt. So hat Amazon.com im Oktober 2017 beispielsweise verkündet, dass das Unternehmen ein Forschungszentrum für KI in der Universitätsstadt Tübingen eröffnen wird. Auch die öffentlich-private Risikokapitalgesellschaft High-Tech Gründerfonds hat 489 Investitionen im Umfang von 886 Millionen Euro in Hightech-Start-ups aus den Bereichen Robotik, Automatisierung und Virtual Reality getätigt.<sup>1</sup> Diese Investitionen verdeutlichen das große Vertrauen, das Staat und Privatwirtschaft in das wirtschaftliche Potenzial von KI in Deutschland setzen.

In früheren Untersuchungsberichten von PwC Deutschland werden Beispiele für den praktischen Nutzen von KI für die europäische Wirtschaft angeführt. *Sherlock in Health* ermittelte, dass mithilfe der frühzeitigen Erkennung von Gesundheitsproblemen durch KI in den kommenden zehn Jahren 70 Milliarden Euro an Gesundheitskosten in Europa eingespart werden können.<sup>2</sup> Außerdem hat PwC Deutschland ermittelt, welche Möglichkeiten KI deutschen Unternehmen bietet, in Smart Cities zu investieren. Diese intelligenten Städte werden die Lebensqualität ihrer Bewohner dank intelligenter Technologien erhöhen. Sie eröffnen der deutschen Industrie neue Geschäftsmöglichkeiten, etwa als Anbieter von IT- und digitalen Lösungen, Verkehrs- oder Abfallentsorgungslösungen.<sup>3</sup> Aufgrund der technischen Fähigkeiten der einheimischen Firmen und Arbeitskräfte und der wachsenden internationalen Nachfrage nach KI-Dienstleistungen birgt KI einen großen potenziellen Nutzen für die deutsche Volkswirtschaft.

<sup>1</sup> Vgl. <https://high-tech-gruenderfonds.de/en/#facts-figures-2>.

<sup>2</sup> Vgl. [www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/studie-sherlock-in-health.pdf](http://www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/studie-sherlock-in-health.pdf).

<sup>3</sup> Vgl. [www.pwc.de/en/internationalisierung/smart-cities-an-overseas-opportunity-for-german-businesses.html](http://www.pwc.de/en/internationalisierung/smart-cities-an-overseas-opportunity-for-german-businesses.html).

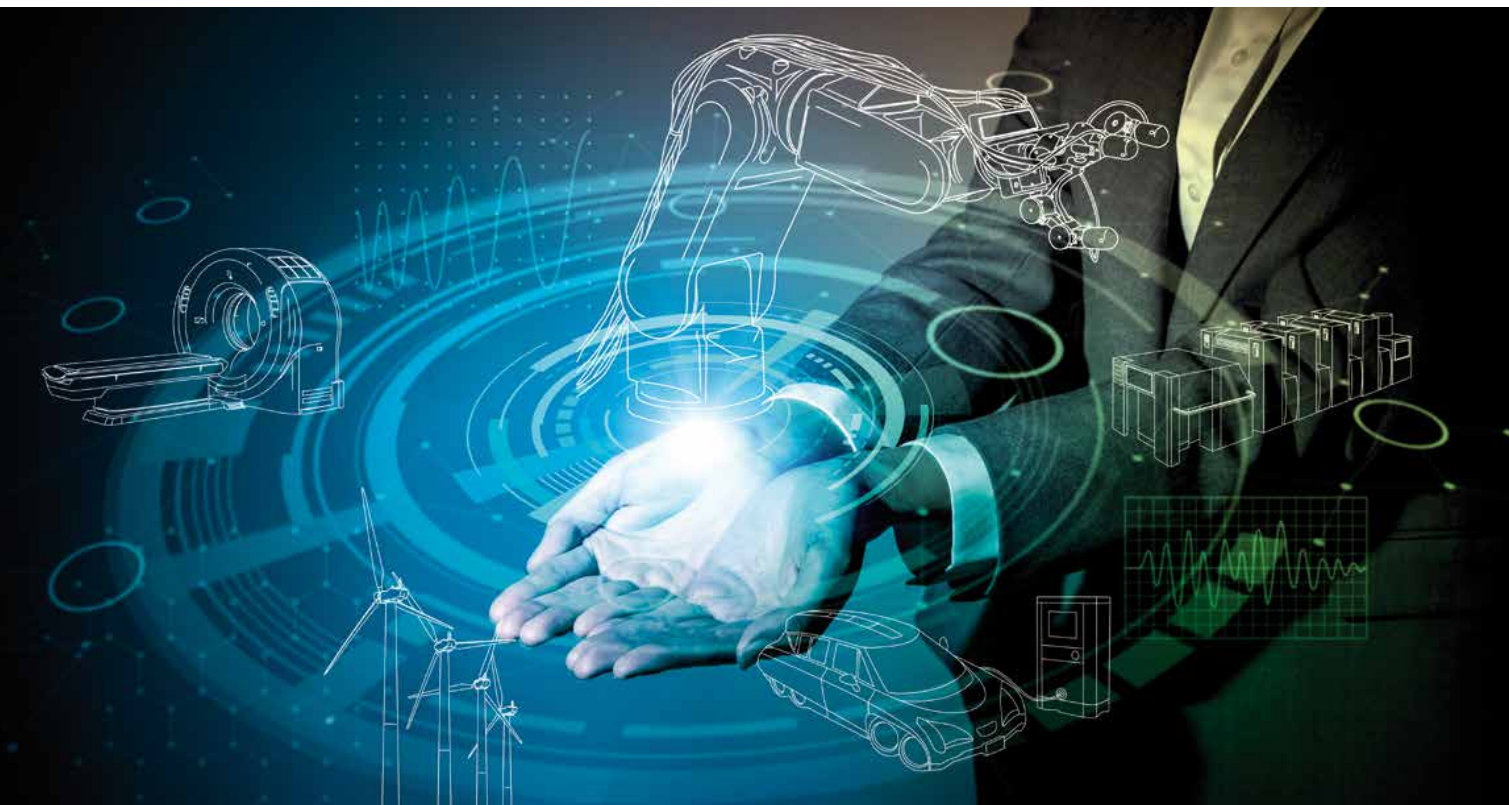
## ***D Die wirtschaftlichen Aspekte künstlicher Intelligenz***

KI wird unser Leben und unsere Arbeitswelt völlig verändern. Dabei stellt sich zwangsläufig die Frage, welche Folgen dieser Umstand für Unternehmen und die Wirtschaft allgemein haben wird. Trotz der breiten Diskussion in den sozialen Netzwerken darüber, was mit KI alles erreicht werden kann, konzentrierte sich die Mehrheit der Studien auf die Risiken, die künstliche Intelligenz für die Beschäftigung darstellt. In jüngerer Zeit haben Forscher das Potenzial erkannt, das die Automatisierung für die Produktivität mit sich bringt<sup>4,5</sup>: eine effizientere Produktion von individuell angepassten Diensten und Gütern und damit erschwinglichere Waren und höhere Realeinkommen.

Mit unserer Studie soll das gesamte wirtschaftliche Potenzial von KI und die Möglichkeiten, die diese Technologie bietet, noch besser erfasst werden. Neben den traditionell untersuchten Auswirkungen auf die Produktivität ermitteln und messen wir die volkswirtschaftlichen Auswirkungen auf den Konsum privater Haushalte durch Produktweiterentwicklungen, die durch KI erreicht wurden.

Insbesondere prognostizieren wir, dass Verbraucherprodukte durch KI voraussichtlich in dreierlei Hinsicht verbessert werden: KI wird deren Qualität steigern, das Angebotsspektrum um personalisiertere und vielfältigere Produkte erweitern

und den Verbrauchern Zeitersparnis bieten, da die Produkte zunehmend multitaskingfähig sein werden und so mehr Aufgaben an KI-Technologien abgegeben werden können. Unsere Studie ergab, dass diese Produktverbesserungen voraussichtlich weitreichende Auswirkungen auf das BIP haben werden. Diese resultieren zum Teil aus höheren Konsumausgaben für attraktivere Produkte. Hauptfaktor sind jedoch die neuen Firmen, die im Zuge der gestiegenen Nachfrage in den Markt drängen, wodurch die Produktionsmengen steigen und die Waren erschwinglicher werden.



<sup>4</sup> Vgl. McKinsey Global Institute, A future that works: Automation, employment and productivity, 2017.

<sup>5</sup> Vgl. Accenture and Frontier Economics, Why artificial intelligence is the future of growth, 2017.



## E Unsere Vorgehensweise

Mit unserem Ansatz möchten wir die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen von KI auf die deutsche Volkswirtschaft durch Produktivitätssteigerungen und durch Auswirkungen auf die Verbrauchsseite im Zeitraum 2017–2030 ermitteln. Im Juni 2017 veröffentlichte PwC die Studie *Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?*, in der die globalen Auswirkungen von KI auf das BIP in verschiedenen Regionen der Welt und Branchen bis 2030 bewertet wurden. In dieser Studie stützten wir uns auf ein dynamisches Wirtschaftsmodell der Weltwirtschaft, um den Nettoeffekt der einzelnen Kanäle auf das BIP zu untersuchen.

Laut unseren Schätzungen könnte das weltweite BIP im Jahr 2030 infolge der Nutzung von KI bis zu 13,8% höher liegen, wobei dieser Wert voraussichtlich je nach Region variiert. Konkret kamen wir zu dem Schluss, dass das BIP in den Regionen Nordeuropas und Nordamerikas bis zu 9,9% bzw. 14,5% höher liegen könnte. Deutschland wurde bei unserer globalen Modellierung zu Nordeuropa zugeordnet. Es gibt jedoch Grund zur Annahme, dass der Einsatz von KI und dessen Auswirkungen je nach Land variieren könnten. Die Auswirkungen auf Deutschland könnten also vom durchschnittlichen Effekt auf die Region abweichen.

In dieser Studie bewerten wir die landesspezifischen volkswirtschaftlichen Auswirkungen von KI auf Deutschland. Hierfür nutzen wir Erkenntnisse zum voraussichtlichen Tempo der Einführung von KI in Deutschland sowie zu wesentlichen Unterschieden zwischen der deutschen Volkswirtschaft und den Volkswirtschaften anderer

Länder in Nordeuropa und Nordamerika. Wir wollen verstehen, (a) wie stark sich der Einsatz von KI auf Produktionssteigerungen und Produktweiterentwicklungen in Deutschland auswirken könnte und (b) wie stark oder schwach diese „erste Welle“ der Auswirkungen das BIP bis 2030 beeinflusst. Wir nutzen diese Erkenntnisse, um die Ergebnisse unserer globalen Modellierung auf die Umstände in Deutschland herunterzurechnen. Weitere Einzelheiten zur Methodik hinsichtlich der Schätzung der globalen Auswirkungen von KI auf das BIP finden Sie im Kasten 1.

Wie stark die „erste Welle“ der Auswirkungen Einfluss auf das BIP, den wirtschaftlichen Multiplikator, hat, wird durch grundlegende volkswirtschaftliche Faktoren bestimmt, unter anderem über welche Kapazitäten eine Volkswirtschaft verfügt, aus welchen Branchen sie sich zusammensetzt und wie sehr diese Branchen miteinander interagieren. Beim Vergleich einiger dieser Merkmale in Deutschland mit denselben Merkmalen in Nordamerika und Nordeuropa kommen wir zu der Erkenntnis, dass die wirtschaftlichen Multiplikatoren in Deutschland eher denen der nordamerikanischen Volkswirtschaften ähneln als denen Nordeuropas. In unserem globalen Modell waren die Multiplikatoren für Nordamerika aus einigen der zuvor genannten Gründe etwas höher. Um die Auswirkungen der „ersten Welle“ zu bestimmen, haben wir die Daten zu Deutschland aus denselben Quellen verwendet, aus denen auch die Daten für unser globales Modell stammen.

### **Ermittlung der Auswirkungen von KI auf die Produktivität in Deutschland**

Auf der Produktionsseite betrachten wir vor allem die Auswirkungen von KI auf die Arbeitsproduktivität durch die Einführung von KI in allen Branchen – gemäß Branchenklassifizierung der OECD – zwischen dem jetzigen Zeitpunkt und dem Jahr 2030. Um die branchenspezifischen Auswirkungen von KI durch Automatisierung in Deutschland zu bewerten, nutzen wir zunächst deutsche Lohndaten<sup>6</sup> und Daten zur Automatisierung von Arbeitsplätzen, um die damit zusammenhängenden gesamten Arbeitszeitreduktionen und Kosteneinsparungen zu bewerten. Die Schätzungen zur Automatisierung von Arbeitsplätzen werden mithilfe eines Algorithmus des maschinellen Lernens berechnet, der auf der Zusammensetzung der Tätigkeit und der Automatisierbarkeit der Verfahren beruht, wie in unserer im *UK Economic Outlook* vom März 2017 veröffentlichten Studie beschrieben.<sup>7</sup>

Weiterhin nutzen wir wesentliche Übereinstimmungen bei Pro-Kopf-BIP, Produktivität und Branchenzusammensetzung zwischen der deutschen Volkswirtschaft und den anderen Volkswirtschaften Nordeuropas und Nordamerikas, um den marginalen Effekt auf die Arbeitsproduktivität für jede KI-Ausgabeneinheit in einem Sektor zu schätzen. Wir kombinieren diese mit den Schätzungen zur automatisierten Arbeit und Prognosen zum Umfang der Investitionen in KI nach Branche, um den Gesamteffekt auf die Produktivität zu ermitteln. Auf diese Weise bestimmen wir die Produktivität, die sich aus der Automatisierung von Unternehmensprozessen und der „Erweiterung“ der bestehenden Belegschaft ergibt.

<sup>6</sup> Wir haben die Lohndaten vom Statistischen Bundesamt (Destatis) abgefragt.

<sup>7</sup> PwC UK, *UK Economic Outlook*, „Will robots steal our jobs: The potential impact of automation on the UK and other major economies“, März 2017.

### **Ermittlung der Auswirkungen von KI auf Produktweiterentwicklungen in Deutschland**

Auf der Verbrauchsseite untersuchen wir den Einfluss von KI auf Produktweiterentwicklungen, dazu gehören unter anderem Qualitätssteigerung, Personalisierung (d. h. Produktvielfalt) sowie gewonnene Zeit für Freizeitaktivitäten oder Arbeit. Die regionalen Unterschiede bei unseren Schätzungen zu den Auswirkungen von KI auf Produktweiterentwicklungen lassen sich im Wesentlichen auf das voraussichtliche Tempo der Einführung von KI zurückführen. Wir sind davon ausgegangen, dass das Anwendungspotenzial von KI in den betrachteten Ländern gleich ist, die Einführung allerdings unterschiedlich schnell vonstattengeht.

Wir nutzen die Werte des Global Innovation Index<sup>8</sup> als Proxy, um den Grad der aktuellen Bereitschaft für den Einsatz von KI in Deutschland im Vergleich zu Nordeuropa und Nordamerika zu ermitteln. Aus diesem Wert ergibt sich, dass KI in Deutschland voraussichtlich ähnlich schnell wie in den meisten Volkswirtschaften Nordeuropas (z. B. Schweiz, Niederlande und Vereinigtes Königreich) eingeführt wird, aber etwas langsamer als in den nordamerikanischen Volkswirtschaften (z. B. USA, Mexiko und Kanada). Besonders gut schneidet Deutschland bei den Elementen des Index wie Zugang zu und Nutzung von IKT, F&E-Investitionen durch Unternehmen und Bruttoinvestitionen ab. Bei Unternehmensgründungen und Entlassungskosten liegt die Bundesrepublik jedoch weiter hinten. In Übereinstimmung mit einigen in Kapitel C dieses Berichts angeführten Überlegungen verfügen Deutschland und deutsche Unternehmen über die Grundlagen und das Potenzial, KI in naher Zukunft erfolgreich anzuwenden.

## **Unsere Methodik zur Bewertung der globalen und regionalen wirtschaftlichen Auswirkungen des Einsatzes von KI**

Im Folgenden erläutern wir kurz die von uns verwendete Methodik zur Schätzung der globalen wirtschaftlichen Auswirkungen des Einsatzes von KI. Die ermittelten Ergebnisse rechnen wir dann auf Deutschland herunter.

### **Bewertung der Auswirkungen von KI auf Produktivität, Beschäftigung und Produktinnovation**

Wir haben mehrere Analyseschritte vorgenommen, um den Einfluss der Auswirkungen der „ersten Welle“ auf Beschäftigung, Produktivität und Produktweiterentwicklungen zu ermitteln, die in das dynamische Wirtschaftsmodell einfließen sollen, um den zukünftigen Nutzen von KI zu quantifizieren.

- Auf der Produktionsseite konzentrieren wir uns vor allem auf die Auswirkungen von KI auf die Arbeitsproduktivität durch Automatisierung. Hierfür war es erforderlich, den marginalen Effekt von KI auf die Produktivität, den erwarteten Umfang der Automatisierung und den Grad, in dem KI menschliche Arbeitskraft ersetzt oder „erweitert“, für jede Branche zwischen dem jetzigen Zeitpunkt und dem Jahr 2030 zu ermitteln.
- Auf der Verbrauchsseite untersuchen wir den Effekt von KI auf Produktverbesserungen wie beispielsweise Qualitätssteigerung, Personalisierung (d. h. Produktvielfalt) sowie gewonnene Zeit für Freizeitaktivitäten oder Arbeit.

Daher haben wir drei wichtige Elemente der Grundlagenforschung des globalen PwC-Netzwerks zusammengetragen, um diese Auswirkungen von KI auf jeden Kanal zu ermitteln:

### **Ökonometrische Modellierung und maschinelles Lernen, um die Folgen von KI für die Produktivität zu ermitteln**

Wir erarbeiten ein ökonometrisches Panel-Daten-Modell, mit dem die Auswirkungen von KI auf die Arbeitsproduktivität bewertet werden. Dazu stützten uns auf World-KLEMS- und EU-KLEMS-Datensätze, die detaillierte Daten zu Arbeitsproduktivität und Technologieausgaben enthalten. Das Modell berücksichtigt nicht nur Produktivitätszuwächse, die sich aus der Automatisierung von Prozessen durch die Unternehmen ergeben, sondern auch aus der „Erweiterung“ der bestehenden Belegschaft durch KI-Technologien mit menschlicher Beteiligung.

Mithilfe unseres ökonometrischen Modells wurde der marginale Effekt von KI ermittelt. Das Modell wurde mit unserer Studie über die Automatisierung von Arbeitsplätzen und Prognosen zu Investitionen in Augmented Intelligence zusammengeführt, um die Folgen der erwarteten KI-Einführung für die Produktivität bis 2030 abzuschätzen. Bei der im UK Economic Outlook vom März 2017 veröffentlichten Studie zur Automatisierung von Arbeitsplätzen wurde ein Algorithmus des maschinellen Lernens genutzt, um die Bereiche von Arbeitsplätzen in den Branchen Großbritanniens vorherzusagen,

<sup>8</sup> Vgl. [www.globalinnovationindex.org/](http://www.globalinnovationindex.org/).

die von der Automatisierung mittels KI bis 2030 besonders gefährdet sind. Dabei wurden die Tätigkeitszusammensetzung und die Automatisierbarkeit der Prozesse betrachtet.

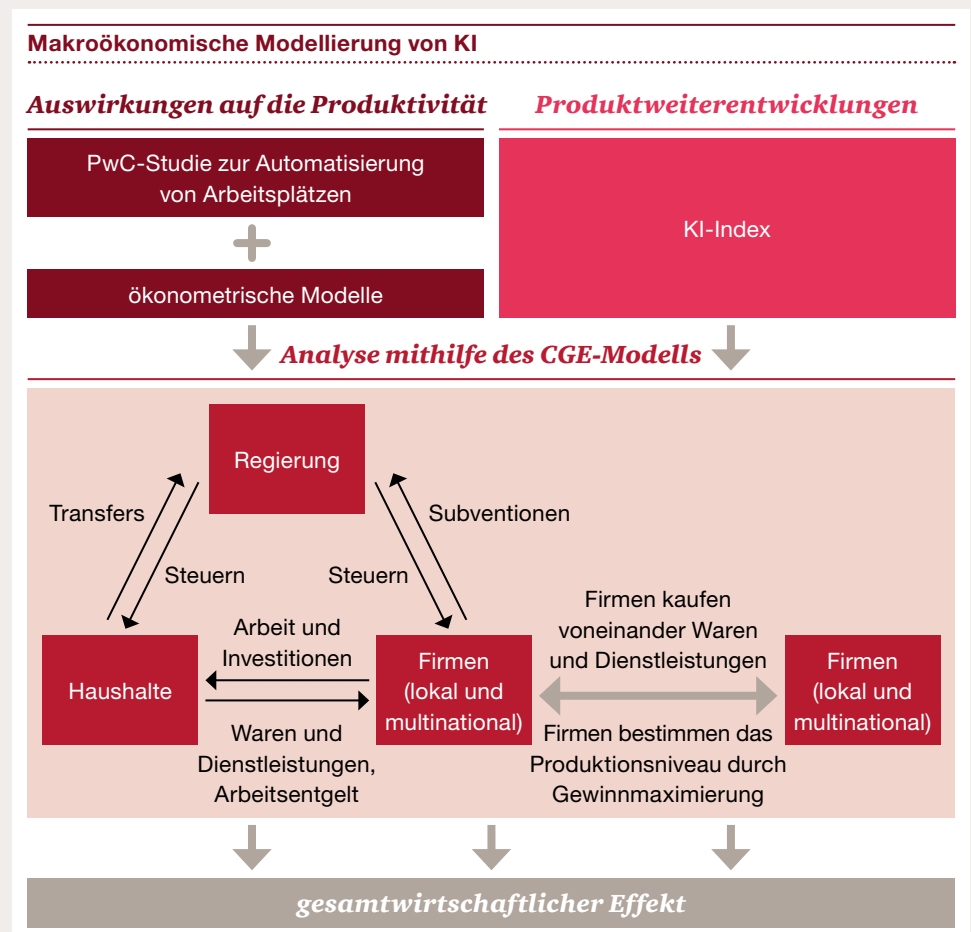
**KI-Index: Ermittlung der Auswirkungen von KI auf Produkte und Dienstleistungen**

Wir haben auch den AI Impact Index (AII) genutzt, der vom Data-Analytics-Team von PwC in den USA entwickelt wurde. In den AII sind qualitative Bewertungen von Branchen- und KI-Experten eingeflossen. Mit seiner Hilfe soll der Umfang der Produktweiterentwicklungen nach Produktlinie, den wir bis 2030 erwarten, ermittelt werden. In der Analyse sollten die überzeugendsten Beispiele potenzieller KI-Anwendungen in den verschiedenen Branchen ermittelt werden. Im Rahmen der Untersuchung wurden fast 300 Anwendungsfälle bewertet. Wir nutzten die Messungen des AII und quantifizierten den Effekt, den KI voraussichtlich auf die Produktvielfalt, die Verbrauchern zur Verfügung stehen wird, den Grad des Verbrauchernutzens sowie den Umfang der zusätzlichen Arbeitskraft im Markt, hat. Der AI Impact Index zeigt, dass die größten Potenziale für Produktweiterentwicklungen im Gesundheitswesen, in der Automobilbranche und bei den Finanzdienstleistungen zu finden sind.

**Alles unter einem Hut: das S-CGE-Modell**

Im letzten Analyseschritt nutzten wir jedes dieser Elemente als Input für unser dynamisches Wirtschaftsmodell – auch „Spatial Computable General Equilibrium (S-CGE) Modell“ genannt – um die wirtschaftlichen Auswirkungen von KI auf das britische BIP im Jahr 2030 zu ermitteln. Mit dem S-CGE-Modell werden alle wichtigen Interaktionen zwischen privaten Haushalten, Unternehmen

und Behörden in der Volkswirtschaft erfasst. Außerdem wird erfasst, wie die unterschiedlichen Regionen und Branchen im Lauf der Zeit miteinander interagieren. Dadurch können wir den Nettoeffekt der Auswirkungen von KI auf die Wirtschaft ermitteln, die sich in der Schaffung neuer Arbeitsplätze, einer steigenden Nachfrage dank Produktweiterentwicklungen und weiteren Nebeneffekten niederschlagen.



# F Ergebnisse unserer Modellierung

## 1 Wichtigste Auswirkungen

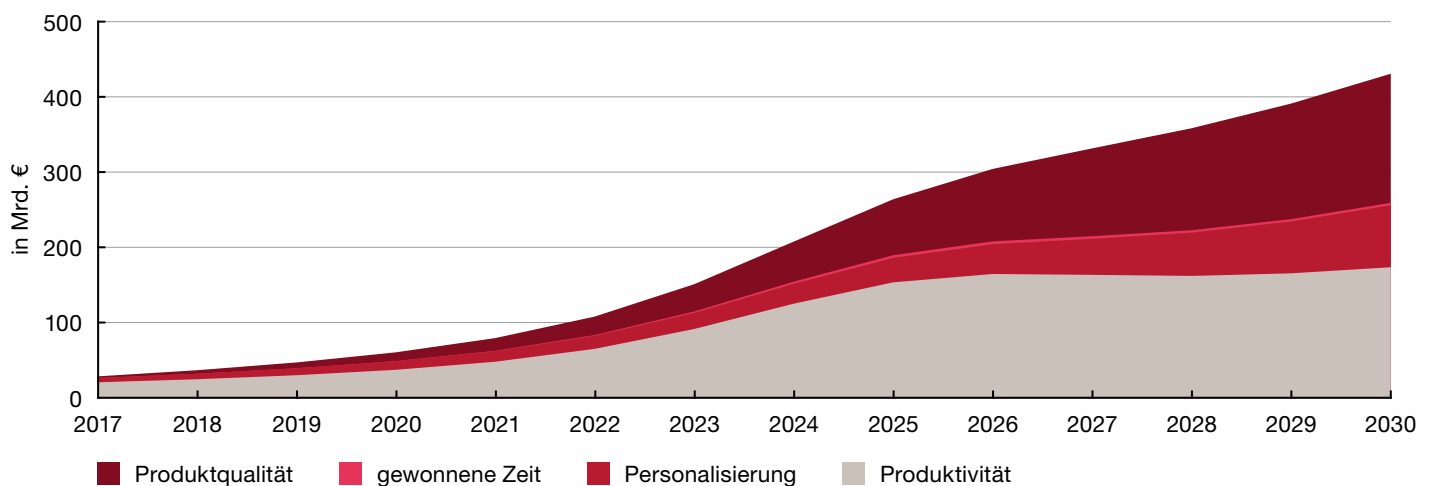
Das deutsche BIP könnte im Jahr 2030 aufgrund des Einsatzes von KI bis zu 11,3% höher ausfallen, was einem Plus von 430 Milliarden Euro entspricht. Der Großteil der wirtschaftlichen Auswirkungen von KI in Deutschland ergibt sich voraussichtlich aus Produktweiterentwicklungen für Verbraucher. KI fördert also den Konsum, sorgt aber im Laufe der Zeit insbesondere für ein vielfältigeres Angebot und erschwinglichere, kundenspezifischere Waren. Produktivitätssteigerungen werden durch eine höhere Effizienz auf Personalseite erzielt und für Produktinnovationen für die Verbrauchsseite genutzt.

Unsere Ergebnisse legen nahe, dass der Grad der wirtschaftlichen Auswirkungen von KI in Deutschland über dem Durchschnitt der Region Nord-europa liegen könnte. Hauptgrund dafür ist die Branchenzusammensetzung in Deutschland und das Potenzial für Produktivitätssteigerungen, das sich daraus ergibt.

Das potenzielle BIP-Wachstum im Zusammenhang mit der Ersetzung und „Erweiterung“ der Arbeitskräfte und die daraus resultierenden Produktivitätssteigerungen könnten sich in Deutschland auf 4,6% belaufen. Zum Vergleich: In der gesamten Region liegt dieser Wert bei 2,3%. Die kapitalintensiven Branchen, die im Vergleich zu vielen anderen Volkswirtschaften Europas einen größeren Teil der deutschen Volkswirtschaft ausmachen, werden voraussichtlich die größten Produktivitätssteigerungen erzielen. Darüber hinaus gelangten wir in unseren bisherigen Untersuchungen<sup>9</sup> zu dem Ergebnis, dass das Automatisierungspotenzial in den kapitalintensiven Branchen der deutschen Volkswirtschaft relativ gesehen über dem von Großbritannien liegt. Dieser Umstand ist auf einen höheren Anteil von Arbeitsplätzen mit manuellen oder sich wiederholenden Tätigkeiten zurückzuführen.

Unsere Analyse auf globaler Ebene ergab jedoch, dass durch KI ermöglichte Produktweiterentwicklungen einen größeren Effekt auf das BIP haben als Produktivitätssteigerungen. Wie die Abbildung unten zeigt, gilt für Deutschland voraussichtlich dasselbe. Höherwertige Waren, ein vielfältigeres Angebot und Personalisierungen könnten in Deutschland bis 2030 zu einem BIP-Wachstum von bis zu 6,6% führen. KI wird sich voraussichtlich auch auf die Verbrauchsseite der Volkswirtschaft auswirken: durch die Zeit, die Verbraucher einsparen könnten. Wir kamen jedoch zu dem Ergebnis, dass viele Menschen die zusätzliche Zeit, die sie durch weiterentwickelte KI-Produkte gewinnen, eher zur Erholung und nicht zum Arbeiten nutzen. Dies lässt sich zum Teil dadurch erklären, dass erhebliche Produktivitäts- und Automatisierungssteigerungen für deutliche Erhöhungen des Reallohns sorgen. Dies wiederum führt dazu, dass Arbeitnehmer es vorziehen,

### Gesamteffekt von KI auf das BIP in Deutschland



<sup>9</sup> Vgl. PwC UK, UK Economic Outlook, „Will robots steal our jobs: The potential impact of automation on the UK and other major economies“, März 2017.

lieber weniger zu arbeiten, zumal sie in weniger Zeit dasselbe Einkommen erzielen. Wir gehen daher von großen Auswirkungen auf das allgemeine Wohlbefinden aus, die sich aus der zusätzlichen Freizeit ergeben.

In der ersten Phase der Auswirkungen (2017–2024) tragen Produktivitätssteigerungen eventuell relativ gesehen zu einem größeren Teil zum Wachstum bei als in der darauffolgenden Phase, in der die Auswirkungen, die von der Verbrauchsseite ausgehen, voraussichtlich überwiegen. Dies liegt daran, dass Unternehmen eine gewisse Zeit benötigen, um in den Markt einzusteigen und den Verbrauchern durch KI weiterentwickelte Produkte anzubieten. Im Laufe dieser Entwicklung verstärkt sich der Wettbewerb im Markt für KI-Waren erheblich, was zu weiteren Steigerungen des Warenwerts für Verbraucher und infolgedessen zu höheren Ausgaben für diese Produkte führen wird, da sie erschwinglicher und attraktiver werden.

## 2 Auswirkungen auf die Beschäftigung

Durch die Einführung von KI-Technologien ohne menschliche Beteiligung werden einige Arbeitsplätze unweigerlich wegfallen. Aber an anderen Stellen werden auch Arbeitsplätze geschaffen: durch die von KI verursachten Veränderungen der Produktivität und der Verbrauchernachfrage sowie durch die Wertschöpfungskette von KI selbst. Neben den neuen Stellen in den Bereichen Entwicklung und Anwendung von KI entstehen auch Arbeitsplätze, um die neuen Geräte und Anlagen zu

bauen, zu warten, zu betreiben und zu regulieren. In den meisten Fällen werden diese Arbeiten von Menschen ausgeführt.

Darüber hinaus führt die zusätzliche Nachfrage in der Volkswirtschaft aufgrund von Produktions- und Einkommenssteigerungen zur Schaffung neuer Arbeitsplätze, die nicht unmittelbar mit KI zusammenhängen, und zwar auch in Branchen, die KI nicht intensiv nutzen. All dies begünstigt die Schaffung von Arbeitsplätzen, die in einer Welt ohne KI nicht entstanden wären.

In unserer Analyse auf globaler Ebene kamen wir zu der Einschätzung, dass im Jahr 2030 circa 10% der Arbeitsplätze bis zu einem gewissen Grad von KI abhängig sind. „Abhängig“ nennen wir die Arbeit, die entweder durch KI geschaffen wurde oder in so einem großen Ausmaß auf KI angewiesen ist, dass sie ohne KI nicht vorhanden wäre, unter der Annahme, dass alle anderen Aspekte der Wirtschaft konstant bleiben. Überraschenderweise entstehen die meisten Arbeitsplätze für ungelernete Arbeitskräfte (wenngleich proportional gesehen qualifizierte Arbeitsplätze stärker beeinflusst werden). 67% der von KI abhängigen Arbeitsplätze im Jahr 2030 sind unqualifizierte Arbeitsplätze. Dies sollte jedoch in Relation zu den 69% unqualifizierten Arbeitsplätzen im Ausgangsszenario gesehen werden. Unsere Ergebnisse stützen also die Annahme, dass der technologische Fortschritt zugunsten der höher qualifizierten Arbeitskräfte verläuft und die Vorteile für diese deutlicher ausfallen, da der Hauptanteil der Steigerung der Arbeitsproduktivität in der Praxis qualifizierte Tätigkeiten betrifft.

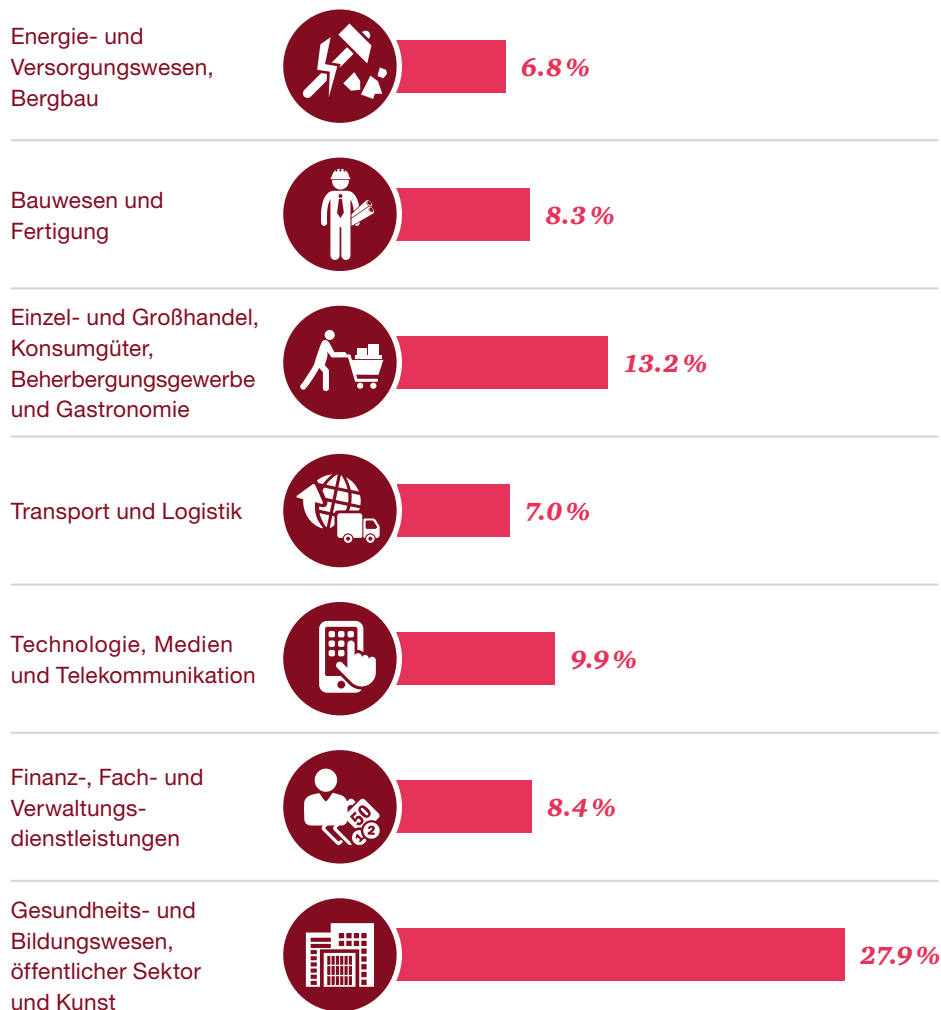
### 3 Auswirkungen auf die Branchen

Alle Branchen der deutschen Volkswirtschaft werden durch den Einsatz von KI bis zum Jahr 2030 voraussichtlich ein BIP-Wachstum verzeichnen, das von 7% bis 28% reicht. Die nachfolgende Abbildung zeigt den prozentualen Wachstumsanteil der einzelnen Branchen. Aufgrund der unterschiedlichen Größe der Branchen kann der absolute Zuwachs in einigen von ihnen größer ausfallen.

Beschäftigungsintensive Branchen wie der Einzel- und Großhandel, das Beherbergungsgewerbe und die Gastronomie sowie Gesundheits- und andere öffentliche Dienstleistungen werden voraussichtlich das höchste BIP-Wachstum erzielen, mit Gewinnen von mehr als 13% bzw. 28%. Die wirtschaftlichen Auswirkungen in diesen Branchen ergeben sich aufgrund der großen Kundennähe der Dienstleistungen größtenteils durch verbrauchsseitige Weiterentwicklungen. Die Effekte sind jedoch in Deutschland im Gesundheitswesen und in anderen Bereichen des öffentlichen Dienstes aufgrund der voraussichtlichen Produktivitätssteigerungen, die von anderen Regionen der westlichen Welt nicht erreicht werden, besonders groß. Alle anderen Branchen werden wahrscheinlich mäßig hohe Zuwächse zwischen 6,8% und 9,8% erzielen und damit im Durchschnitt der Region Nordeuropa liegen.

Zu betonen ist, dass sich die Auswirkungen von KI nicht auf eine einzelne Branche der Volkswirtschaft beschränken und nicht nur die Unternehmen betrifft, die KI-Technologie entwickeln und herstellen. KI wirkt sich unmittelbar in den Branchen aus, in denen sie genutzt wird; zur Automatisierung, zur „Erweiterung“ von Prozessen und zur Bereitstellung eines vielfältigeren Produktangebots für Verbraucher.

#### Auswirkungen von KI auf das BIP in Deutschland nach Branchen



Darüber hinaus werden bei den wirtschaftlichen Gesamteffekten die potenziellen mittelbaren und induzierten Auswirkungen berücksichtigt, die vermutlich alle Unternehmen und Verbraucher spüren werden.

Zu bemerken ist, dass die starken Auswirkungen im Bereich Health, Education, Public und Arts vor allem dem finanziellen Engagement in KI im Segment Gesundheit zu verdanken sind. Das erwartete Wachstum ist in diesem Bereich durch frühe, hohe Investitionen und ein massives gesellschaftliches Interesse überproportional.

## G Anhang

An dieser Stelle möchten wir auf einige Vorbehalte gegenüber den Schlussfolgerungen aus dieser Studie eingehen. Außerdem präsentieren wir die vollständige Liste der wichtigsten berechneten Kennzahlen und der Annahmen, die in die globale Studie eingeflossen sind und für die Prognose des wirtschaftlichen Potenzials von KI in Deutschland verwendet wurden.

### 1 Vorbehalte gegenüber den Schlussfolgerungen der Studie

Unsere Ergebnisse zeigen allein die wirtschaftlichen Auswirkungen von KI. Diese Ergebnisse lassen sich unter Umständen nicht unmittelbar in Zahlen zum zukünftigen Wirtschaftswachstum übersetzen, da eine Reihe positiver oder negativer Kräfte die potenziellen Auswirkungen von KI verstärken oder neutralisieren können (z. B. Veränderungen in der Welthandelspolitik, starke Finanzmarktbebewegungen, größere Preisänderungen bei Rohstoffen oder geopolitische Erschütterungen).

Die Ergebnisse unseres Wirtschaftsmodells wurden mit einer Ausgangsbasis für langfristiges stetiges Wirtschaftswachstum abgeglichen. Die Ausgangsbasis wurde aus drei Hauptelementen entwickelt: Bevölkerungswachstum, Anstieg des Grundkapitals und technologische Veränderungen. Die angenommene Geschwindigkeit dieser technologischen Veränderungen basiert auf einem Durchschnittswert historischer Entwicklungen. Es ist sehr schwierig herauszufiltern, inwieweit KI die Volkswirtschaften lediglich dabei unterstützt, langfristig

durchschnittliche Wachstumsraten zu erzielen (was bedeutet, dass der Anteil der vorhandenen Technologien im Zeitverlauf herausgerechnet wird) oder die historischen durchschnittlichen Wachstumsraten einfach ergänzt (weil bei diesen technologische Fortschritte aus früheren Zeiträumen eingerechnet wurden).

Aufgrund dieser beiden Aspekte sollten unsere Ergebnisse als potenzieller Umfang der wirtschaftlichen Auswirkungen von KI interpretiert und nicht als direkte Schätzungen des zukünftigen Wirtschaftswachstums aufgefasst werden.



### Die wichtigsten zugrunde gelegten Annahmen

Kennzahl	Annahmen	Quelle
Einführung von KI zur „Erweiterung“ der Belegschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wir beurteilten langfristige Trends bei aufstrebenden Technologien nach Branchenakzeptanz, die nicht mit Entscheidungen zur Belegschaft zusammenhängen (d. h. Wachstumsphasen oder Automatisierung), mithilfe ökonomischer Modelle.</li> <li>Wir gehen davon aus, dass alle Unternehmen mindestens abgeschriebene KI und ET ersetzen, sodass der Nettobestand konstant beim Minimum liegt.</li> </ul>	PwC-Analyse
Einführung von KI als Belegschaftsersatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alle Arbeitsplätze, die laut UKEO-Bericht vom März 2017 bis 2030 stark durch Automatisierung gefährdet sind, werden automatisiert. Bei diesen Arbeitsplätzen besteht mindestens eine Wahrscheinlichkeit von 0,7, dass sie bis 2030 automatisiert werden.</li> <li>Ein Teil der durch Automatisierung eingesparten Arbeitskosten wird für die ersetzende KI ausgegeben; dieser Anteil wird durch den aktuellen Anteil der Investitionen für KI und aufstrebende Technologien bestimmt.</li> </ul>	PwC, UK Economic Outlook, März 2017
Tempo der KI-Einführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wir skalieren das Tempo der KI-Einführung in Großbritannien auf der Grundlage des Global Innovation Index als Proxy für die KI-Readiness.</li> <li>Das Einführungstempo des Landes mit den meisten Punkten basiert auf dem höchsten GII-Wert.</li> <li>Auf der Grundlage des Vergleichs der Werte für Großbritannien mit den Höchstwerten, lässt sich vorhersagen, dass die vollständige KI-Einführung in Großbritannien verzögert erfolgen wird.</li> </ul>	WIPO, Cornell, INSEAD 2017 Global Innovation Index
Kurve der KI-Einführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wir gehen in Großbritannien von einer S-förmigen Kurve der KI-Einführung für den Zeitraum von 2017 bis 2030 aus, wobei einige Länder das „Ende“ der S-Kurve erst mit einer Verzögerung von vielen Jahren erreichen werden, je nach ihrem Tempo der KI-Einführung laut GII.</li> <li>Umfang und Tempo der Einführung beziehen sich auf die geplanten Fortschritte zwischen 2017 und 2030 und nicht auf alle zukünftigen Fortschritte bei KI. Die Studie macht keine Vorhersagen über Auswirkungen und weltweite Situation nach 2030.</li> </ul>	PwC-Analyse
Verbrauchsseitige Auswirkungen	<p><b>Personalisierung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wir konvertierten den Wert für Personalisierung des All in einen in Prozent angegebenen Effekt auf die Produktvielfalt auf der Grundlage einiger Studien zu Zahlungsbereitschaft und Wohlbefinden. Wir haben wie folgt konvertiert: 1=0%, 2=1,54%, 3=6,2%, 4=13,8%, 5=24,6%.</li> <li>Wir interpolierten zwischen diesen Punkten mithilfe eines Polynoms zweiten Grades.</li> <li>Unter Personalisierung fallen sowohl der Anstieg des Nutzwerts bei bestehenden Waren als auch die Vielfalt neuer Produkte. Dadurch können wir Personalisierung als Proxy für größere Warenvielfalt im CGE-Modell nutzen.</li> </ul> <p><b>Gewonnene Zeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wir nutzten Daten zu Schlafzeiten in Großbritannien, um den Zuwachs an Zeiteinsparungen wie im All definiert, (in Stunden/Jahr basierend auf der Häufigkeit der Aktivität) abzuschätzen: 1=0:00, 2=2:00, 3=8:00, 4=180, 5=730.</li> <li>Die Agenten im Modell können sich für mehr Arbeit entscheiden, in der Praxis wird sich jedoch dagegen entschieden, da die Erhöhung des relativen Lohns nicht hoch genug ausfällt. Dies wird zu einer Veränderung des Arbeitskräfteangebots führen.</li> </ul> <p><b>Nutzwert:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dies ist der Anstieg des Grenznutzens, der mit einem prozentualen Anstieg der „Qualität“ zusammenhängt, wie im All definiert.</li> <li>Wir sind vom folgenden Bewertungssystem ausgegangen: 1=0%, 2=6,25%, 3=12,5%, 4=25%, 5=50%, wobei der prozentuale Anstieg den Grenznutzen betrifft. Wir interpolierten zwischen diesen Punkten mithilfe eines Polynoms vierten Grades.</li> </ul>	<p>„Made-to-order: The rise of mass personalization“, Deloitte 2015</p> <p>Daten aus Wecker-App</p> <p>PwC-Analyse</p>
Auswirkungen der Automatisierung auf die Produktivität	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der marginale Effekt der Automatisierung auf die Arbeitsproduktivität ist über den Zeitraum in den Branchen in Großbritannien konstant. Hier nutzen wir die verfügbaren Daten zu aufstrebenden (intelligenten) Technologien und zur Produktivität sowie weitere Datensätze, mit denen der Effekt der Automatisierung auf die Arbeitsproduktivität herausgearbeitet werden kann, als Proxy für die Auswirkungen von KI.</li> </ul>	PwC-Analyse  EU-KLEMS- und World-KLEMS-Daten



---

## Kontakt



### **Christian Kirschniak**

Head of Data Analytics Advisory  
PwC Europe  
Tel.: +49 711 / 25034-325  
christian.kirschniak@pwc.com

### **Über uns**

Unsere Mandanten stehen tagtäglich vor vielfältigen Aufgaben, möchten neue Ideen umsetzen und suchen Rat. Sie erwarten, dass wir sie ganzheitlich betreuen und praxisorientierte Lösungen mit größtmöglichem Nutzen entwickeln. Deshalb setzen wir für jeden Mandanten, ob Global Player, Familienunternehmen oder kommunaler Träger, unser gesamtes Potenzial ein: Erfahrung, Branchenkenntnis, Fachwissen, Qualitätsanspruch, Innovationskraft und die Ressourcen unseres Expertennetzwerks in 158 Ländern. Besonders wichtig ist uns die vertrauensvolle Zusammenarbeit mit unseren Mandanten, denn je besser wir sie kennen und verstehen, umso gezielter können wir sie unterstützen.

PwC. Mehr als 10.600 engagierte Menschen an 21 Standorten. 2,09 Mrd. Euro Gesamtleistung. Führende Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft in Deutschland.

