



# KI-Monitor

Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland  
Gutachten

Das dieser Publikation zugrundeliegende Gutachten  
wurde durchgeführt im Auftrag des

Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V  
Schumannstraße 2  
10117 Berlin

vom

Institut der deutschen Wirtschaft (IW)  
Konrad-Adenauer-Ufer 21  
50668 Köln

Ansprechpartner BVDW:  
Daniel Borchers  
Anna Dietrich

Ansprechpartner IW:  
Dr. Vera Demary  
Dr. Henry Goecke

Autoren IW:  
Dr. Vera Demary  
Barbara Engels  
Dr. Henry Goecke  
Dr. Oliver Koppel  
Dr. Armin Mertens  
Dr. Christian Rusche  
Dr. Marc Scheufen  
Jan Wendt



# KI-Monitor

## Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland Gutachten

<b>Zusammenfassung</b>	<b>2</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2 Definitionen und vorhandene Literatur</b>	<b>5</b>
2.1 Definitionen	6
2.2 Literaturanalyse	7
<b>3 Struktur und Bestandteile des KI-Index</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Kategorie Rahmenbedingungen</b>	<b>10</b>
3.1.1 Digitale Infrastruktur	10
3.1.2 KI in Bundestagsprotokollen	12
3.1.3 Informatikabsolventen	13
3.1.4 Wissenschaftliche KI-Publikationen	14
3.1.5 Kooperationen zwischen KI-Forschung und Unternehmen	15
<b>3.2 Kategorie Wirtschaft</b>	<b>16</b>
3.2.1 Einschätzung der Bedeutung von KI durch Unternehmen	16
3.2.2 Einsatz von KI in Unternehmen	18
3.2.3 KI in Geschäftsberichten	18
3.2.4 KI-Patentanmeldungen	19
3.2.5 KI in Stellenanzeigen	21
<b>3.3 Kategorie Gesellschaft</b>	<b>22</b>
3.3.1 Bekanntheit von KI in der Gesellschaft	22
3.3.2 KI auf Twitter	23
3.3.3 KI in den Printmedien	25
3.3.4 Google-Suchinteresse an KI	26
<b>4 Ergebnisse des KI-Index</b>	<b>30</b>
4.1 Entwicklungen bei den Rahmenbedingungen	30
4.2 Entwicklungen in der Wirtschaft	32
4.3 Entwicklungen in der Gesellschaft	35
<b>5 Handlungsempfehlungen</b>	<b>37</b>
5.1 Rahmenbedingungen	37
5.2 Wirtschaft	40
5.3 Gesellschaft	41
<b>6 Fazit</b>	<b>42</b>
<b>Anhang</b>	<b>43</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>46</b>
<b>Über uns</b>	<b>53</b>
Impressum	54

## Zusammenfassung

Künstliche Intelligenz (KI) ist die Zukunftstechnologie der Weltwirtschaft. Doch obwohl in KI großes Potenzial liegt, welches trotz mehr als sechs Jahrzehnten Forschung nicht annähernd ausgeschöpft ist, fehlt es einem Großteil der Unternehmen, der Gesellschaft und der Politik bislang an einem Grundverständnis von KI und an konsistenten Kennzahlen und Messwerten, die KI und ihre Entwicklung quantifizierbar und damit nachvollziehbar machen. Diese Messbarkeit ist jedoch essenziell, um Entwicklungswege aufzuzeigen und KI zu gestalten. Insbesondere können empirische Analysen der KI-Entwicklung auch den Erfolg der KI-Strategien auf deutscher und europäischer Ebene überprüfen und bei entsprechender Nachjustierung der Maßnahmen unterstützen.

Diese Studie misst Status quo sowie Entwicklung von KI in Deutschland und entwickelt darauf basierende politische Handlungsempfehlungen. Dabei nimmt sie die zentralen Bereiche ins Visier, welche die Entwicklung von KI beeinflussen und die auch selbst von ihr betroffen sind: Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft. Die Rahmenbedingungen bestimmen, wie KI in Wirtschaft und Gesellschaft ausgestaltet und genutzt werden kann. Sie nehmen sowohl infrastrukturelle als auch politische Gegebenheiten und verfügbares Know-how ins Visier. In den Kategorien Wirtschaft und Gesellschaft wird abgebildet, wie Unternehmen und Bevölkerung KI wahrnehmen und nutzen. Für jede der Kategorien werden Indikatoren aus verschiedenen Quellen identifiziert, die die Entwicklung von KI aktuell und passgenau abbilden.

Die Ergebnisse des Index für das Jahr 2020 sind in Abbildung 4-1 dargestellt. Der Index-Wert für 2019 wurde auf 100 normiert, um Veränderungen im Vergleich zu diesem Basisjahr darstellen zu können. Im Vergleich zu 2019 ist der Index-Wert um nahezu acht Prozent auf 107,85 Punkte gestiegen. KI in Deutschland entwickelt sich also insgesamt deutlich positiv.



Dieser Anstieg ist vor allem auf die Kategorie Wirtschaft zurückzuführen, die sich als Treiber der Entwicklung von KI erwiesen hat: Von einem niedrigen Niveau startend hat der Einsatz von KI in den Unternehmen von 2019 auf 2020 deutlich zugenommen. Die deutschen Unternehmen haben zudem eine nahezu unverändert positive Einstellung zu KI. Ebenfalls merklich angestiegen ist die Nachfrage nach KI-relevanten Fähigkeiten auf dem Arbeitsmarkt. Mit einer Zunahme von mehr als 50 Prozent trugen KI-Patentanmeldungen am stärksten zur positiven Entwicklung der Kategorie Wirtschaft bei. Die abnehmende Thematisierung von KI in den Geschäftsberichten der DAX-30-Unternehmen deutet auf ungenutztes Potenzial hin.

Zur Ausnutzung der noch bestehenden Potenziale und des positiven Momentums resultieren folgende Empfehlungen:

- Die Hemmnisse bei der Implementierung von KI, gerade im Mittelstand, sollten verringert werden.
- Dazu sollten Anreize geschaffen werden, im eigenen Unternehmen KI-Know-how aufzubauen.
- Die Datenverfügbarkeit sollte in der Breite verbessert werden. Dazu müssen Unternehmen animiert werden, sich organisiert mit ihren Daten zu beschäftigen und Daten zu teilen.
- Netzwerke mit unterschiedlichen Realisierungspartnern aus Wirtschaft, Forschung und Gesellschaft sollten gestärkt werden.

Auch die Entwicklungen in der Kategorie Gesellschaft tragen positiv zur Entwicklung von KI in Deutschland von 2019 auf 2020 bei. Dies beruht vor allem auf einer gestiegenen Bekanntheit des KI-Begriffs in der Bevölkerung sowie in geringerem Maße auf einem erhöhten Interesse an diesem Thema, welches sich in vermehrten Google-Suchanfragen manifestiert. Die Deutschen sind somit zu einem überwiegenden Teil bereits mit KI vertraut und nach wie vor am Thema interessiert. Für eine Einschätzung der Einstellung der Bevölkerung zu KI wurde auf die Messung der Tonalität in Printmedien sowie bei Diskussionen auf Twitter zurückgegriffen. Beide Indikatoren sind im Vergleich zum Wert 2019 nahezu unverändert und deuten auf eine neutrale Einstellung gegenüber KI hin. Zur Verbesserung der Bekanntheit und damit der Akzeptanz von KI in der Gesellschaft empfiehlt sich:

- Die Gesellschaft ist als wichtige Mitträgerin der KI-Entwicklung wahrzunehmen und als solche auch einzubeziehen. Sie sollte intensiver über KI und deren Potenziale informiert werden. Ihr Vertrauen in die KI sollte gestärkt werden.
- Zur Stärkung des Vertrauens kann ein KI-Ethiklabel beitragen, im Sinne einer Selbstverpflichtung der Unternehmen, das auf transparenten Guidelines beruht.
- Auch eine Zertifizierung hochriskanter KI-Systeme kann allen beteiligten Stakeholdern mehr Sicherheit im Umgang mit KI verschaffen und dadurch zur mehr Offenheit und Akzeptanz beitragen.

Die Kategorie Rahmenbedingungen hat sich von 2019 auf 2020 leicht verschlechtert. Dies gilt jedoch nicht für alle Einzelindikatoren: Insbesondere wissenschaftliche Publikationen und die digitale Infrastruktur haben sich positiv entwickelt. Auch die Verfügbarkeit von Know-how gemessen an bestandenen Informatik-Abschlussprüfungen hat sich verbessert. Die negativen Entwicklungen bei den Kooperationen zwischen Forschung und Unternehmen und die abnehmende Thematisierung von KI in der Politik trüben dieses positive Bild jedoch deutlich. Bei Letzterem ist zu beachten, dass KI unter anderem mit der KI-Strategie der Bundesregierung im Basisjahr 2018 sehr viel Raum im politischen Diskurs eingenommen hat und damit ein Rückgang im Jahr 2019 zu erwarten war. Die Verschlechterung bei den Kooperationen ist jedoch besonders negativ zu beurteilen, da sie darauf hindeutet, dass hart erarbeitete Verbesserungen bei digitaler Infrastruktur und international exzellente Forschungserkenntnisse möglicherweise nicht in der Wirtschaft ankommen. Empfehlungen, um die Rahmenbedingungen zu verbessern, sind:

- Die zögerliche Umsetzung des Breitbandausbaus sollte endlich beschleunigt werden. Die Vereinfachung des Antragsverfahrens für Fördergelder ist nur einer der möglichen Ansatzpunkte.
- Noch nicht geklärte Rechtsfragen hinsichtlich der KI sollten schnell und unter der Berücksichtigung der besonderen Eigenschaften von KI beantwortet werden. Dabei gilt es Überregulierung zu vermeiden, welche Forschung und Innovationen behindert.
- Das Know-how zu KI sollte auf allen Ebenen der schulischen und beruflichen Bildung gestärkt werden.

- Der KI-Forschungsstandort Deutschland sollte mit finanziellen Ressourcen und attraktiven Arbeitsbedingungen ausgestattet werden.
- Die Durchlässigkeit zwischen Forschung und Wirtschaft sollte verbessert werden. KI-Testzentren, in denen Forschungsergebnisse schnell unter realistischen Bedingungen getestet werden, können eine Maßnahme sein, einen besseren Austausch und Abgleich der Bedarfe zu ermöglichen.

Diese Handlungsempfehlungen sind ebenso wie die installierten politischen Maßnahmen der deutschen und europäischen KI-Strategie und Regulierung regelmäßig in ihrer Umsetzung und Wirkung zu überprüfen. Dazu wird der KI-Monitor in den kommenden Jahren mit einer jährlichen Aktualisierung beitragen.

## 1 Einleitung

Die Technologie der Künstlichen Intelligenz (KI) ist in den vergangenen Jahren bei Politik, Wirtschaft, Medien und Gesellschaft in den Fokus gerückt. Neben den ökonomischen Effekten – wie einer effizienteren Produktion und der Entwicklung neuer Produkte, Dienstleistungen sowie innovativer Geschäftsmodelle – birgt sie auch das Potenzial, die Arbeitswelt und die Gesellschaft als Ganzes grundlegend zu verändern. Ihr Einsatz und ihre Weiterentwicklung in der Wirtschaft können die Zukunft gesamter Branchen entscheiden und zu einem Wettbewerbsvorteil für Unternehmen und ganze Volkswirtschaften werden. KI hat somit ein enormes wirtschaftliches und gesellschaftliches Potenzial.<sup>1</sup>

Dass KI auch weiterhin an Bedeutung gewinnen wird, hängt mit dem wichtigsten Rohstoff von KI zusammen: Daten. Die Datenmenge und damit auch die Entwicklungsmöglichkeiten der KI werden in den kommenden Jahren stark zunehmen.<sup>2</sup> Zum Teil werden diese Daten bewusst produziert, etwa im Rahmen vernetzter Maschinen und Werkstücke in der Industrie 4.0, oder sie fallen bei Interaktionen in der digitalen Welt gewissermaßen als Beiprodukt an. So müssen zum Beispiel Fahrzeuge im Rahmen des automatisierten Fahrens ständig Daten miteinander austauschen, um überhaupt Fortbewegung ermöglichen zu können. Diese Daten erlauben aber auch Analysen in anderen Bereichen, etwa im Hinblick auf Zustand und Wartung von Fahrzeugen oder Straßen. Auf Basis von immer umfassenderen, vielfältigeren Datenmengen kann KI erheblich verbessert werden.

Eine große Herausforderung im Bereich der KI besteht in der Diskrepanz zwischen den erwartbaren und erwarteten Potenzialen und dem Verständnis der Technologie. So gibt es bislang kein einheitliches oder zumindest vergleichbares Grundverständnis von KI. Dazu kommt, dass es kaum konsistente Kennzahlen und Messwerte gibt, die KI und ihre Entwicklung quantifizierbar machen. Es ist jedoch entscheidend, KI messen zu können. Nur dann können Entwicklungswege aufgezeigt und KI gestaltet werden. Gerade die Umsetzung politischer Maßnahmen erfordert ein solches Vorgehen. Insbesondere lässt sich mithilfe empirischer Analysen der KI-Entwicklung der Erfolg der deutschen KI-Strategie überprüfen und bei entsprechender Nachjustierung der Maßnahmen unterstützen.

Die im November 2018 veröffentlichte und derzeit weiterhin in Umsetzung befindliche nationale KI-Strategie der Bundesregierung hat zum Ziel, Deutschland unter dem Gütesiegel „Artificial Intelligence (AI) made in Germany“ zu einem weltweit führenden KI-Standort hinsichtlich Forschung und Anwendung zu machen.<sup>3</sup> Dazu enthält die Strategie eine Reihe von

---

<sup>1</sup> Beispielsweise ist laut Berechnungen einer Studie bei flächendeckendem Einsatz von KI ein zusätzliches Wachstum des Bruttoinlandsprodukts von mehr als 13 Prozent bis 2025 im Vergleich zu 2019 realistisch (Eco, 2020). Das Gesamtpotenzial von 488 Milliarden Euro für alle Branchen entfällt laut der Studie zu etwa 70 Prozent auf Kosteneinsparungen und zu 30 Prozent auf Umsatzpotenziale.

<sup>2</sup> Gantz et al., 2018.

<sup>3</sup> Die Bundesregierung, 2018, 2019a, 2019b.

unterschiedlich konkreten Maßnahmen, darunter den Aufbau eines nationalen Netzwerks von KI-Zentren, die Schaffung von 100 zusätzlichen KI-Professuren, die Unterstützung des Mittelstands und die internationale Vernetzung. Auch die EU hat mit ihrem KI-Weißbuch Strategien für die KI in Europa vorgelegt.<sup>4</sup> Das Weißbuch enthält unter anderem Vorschläge, wie KI reguliert werden sollte. Die EU-Kommission hat zum Ziel, ein Ökosystem der Exzellenz und ein Ökosystem für vertrauenswürdige KI zu schaffen, also eine Umgebung, in der KI-Forschung gefördert, internationaler Austausch vertieft und der europaweite Netzausbau vorangetrieben werden kann.

Vor diesem Hintergrund hat sich der vorliegende KI-Monitor zum Ziel gesetzt, hypothesengestützt und empiriebasiert den Status quo der KI in Deutschland zu bestimmen. Sein Kernbestandteil ist der KI-Index, der jährlich erhoben wird. Er betrachtet sowohl die Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Anwendung von KI als auch die Wahrnehmung und Umsetzung von KI in Wirtschaft und Gesellschaft. Dies ermöglicht die Identifizierung von Handlungsfeldern und die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Volkswirtschaft durch bestmögliche Ausnutzung der Potenziale von KI.

Die Studie gliedert sich wie folgt: Kapitel 2 erläutert grundlegende Definitionen und berücksichtigt die bestehende Literatur zur Messung der KI-Entwicklung. Kapitel 3 beschreibt Struktur und Methodik des KI-Index und stellt die verwendeten Indikatoren ausführlich vor. Die zentralen Ergebnisse des KI-Index 2020 finden sich in Kapitel 4. Die aus ihnen abgeleiteten Handlungsempfehlungen stehen in Kapitel 5. Kapitel 6 liefert das Fazit des KI-Monitors 2020.

## 2 Definitionen und vorhandene Literatur

Bis dato entwickelte Anwendungen der Künstlichen Intelligenz sind sehr vielfältig und spiegeln die immensen Möglichkeiten wider, die mit KI einhergehen. Im Auto unterstützen KI-Assistenzsysteme den Fahrer, Mediziner nutzen KI bei der Diagnostik, per KI-basierter biometrischer Erkennung können Smartphones entsperrt werden und im industriellen B2B-Bereich kommt KI beispielsweise bei der vorausschauenden Wartung (Predictive Maintenance) zur Anwendung. Weitere Anwendungsbeispiele sind Sprach-, Bild- und Mustererkennung, automatisierte Buchungssysteme, automatisierte Preissetzung, Routenplanung und viele mehr.

Die Fortschritte in der Forschung und Anwendung von KI-Systemen, basierend auf Techniken maschinellen Lernens (Machine Learning, ML) sowie der Subdisziplin des Deep Learning (DL) und vielfältigen Ausprägungen neuronaler Netze (Algorithmen zur Mustererkennung, deren Aufbau grob der neuronalen Struktur des menschlichen Gehirns ähneln), sind spektakulär. Dabei werden Methoden und Theorien aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen wie Mathematik, Informatik, Ökonomie und Philosophie einbezogen.

Aufgrund der Vielfältigkeit der Anwendungen und der zugrundeliegenden Disziplinen ist eine präzise und gleichzeitig umfassende Definition der KI schwierig. Auch durch den stetigen Fortschritt ändert sich das Begriffsverständnis von KI im Laufe der Zeit. Um den Status quo der KI in Deutschland ermitteln zu können, ist jedoch zumindest ein grundlegendes Verständnis darüber notwendig, was unter KI subsumiert werden kann. Im Folgenden wird die Begrifflichkeit der Künstlichen Intelligenz erläutert. Eine anschließende Literaturanalyse zeigt, wie KI und deren Entwicklung in bisherigen Studien dargelegt und quantifiziert werden.

## 2.1 Definitionen

Der Begriff der Künstlichen Intelligenz (KI; Artificial Intelligence, AI) wurde bereits 1956 in der Beschreibung eines Workshops am Dartmouth College im US-Bundesstaat New Hampshire verwendet. Dieser Workshop wird allgemein als Startpunkt der KI-Forschung gesehen, da bei diesem die damals einflussreichsten Forscher des Felds miteinander in Kontakt kamen und sich untereinander vernetzen sowie austauschen konnten, was die Entwicklung der KI stark beförderte.<sup>5</sup> In der langen Forschungsgeschichte seit 1956 hat sich jedoch keine einheitliche Definition von KI etablieren können. Die vorhandenen Definitionen können grob in vier Kategorien eingeteilt werden (Abbildung 2-1).



Die Definitionen unterscheiden sich je nachdem, ob sie auf das Handeln oder den Denkprozess eines Programms beziehungsweise einer Maschine abzielen. Innerhalb dieser beiden Oberkategorien wird nochmals zwischen menschlich und rational unterschieden. Für einige Wissenschaftler geht es bei KI darum, rational handelnde Entitäten zu schaffen.<sup>6</sup> Bei anderen Forschern gelten menschlich handelnde Maschinen als KI. Dies gilt analog für die Oberkategorie des Denkprozesses. Entsprechend stehen je nach Sichtweise rational denkende oder menschlich denkende Programme im Zentrum der KI-Forschung. **Im Kern geht es bei Künstlicher Intelligenz somit um die Schaffung von (quasi) intelligenten Programmen und Maschinen, welche Entscheidungen selbstständig treffen und basierend auf diesen Handlungen ausführen können.**

Neben den oben angesprochenen Definitionen wird allgemein zwischen starker KI und schwacher KI unterschieden.<sup>7</sup> Bei schwacher KI basiert die Auswahl einer Handlung oder Strategie nicht auf einem logischen Denkprozess, sondern erfolgt aufgrund einer vorhergehenden Programmierung oder einer Analyse erfolgreicher Strategien der Vergangenheit. Ein Beispiel schwacher KI sind Schachprogramme, die Züge danach auswählen, wie erfolgreich diese in analogen Situationen in Spielen in der Datenbank waren. Bei starker KI hingegen basiert die Auswahl auf einem dem menschlichen Denken vergleichbaren Prozess: Eine starke KI soll im Grunde zu allem fähig sein, wozu ein Mensch auch in der Lage wäre. Das heißt, die künstliche Entität zieht aufgrund eigener Erfahrungen und gespeichertem Wissen selbstständig Schlüsse und wählt entsprechend dieser in für sie neuen Situationen eine Handlung oder Strategie aus.

Eine strenge Auslegung dieser Definitionen führt zu der Erkenntnis, dass die weit überwiegende, wenn nicht sogar alle existierenden Anwendungen in den Bereich der schwachen KI fallen. Somit besteht einerseits noch viel Forschungsbedarf, während andererseits die bestehenden wissenschaftlichen sowie wirtschaftlichen Potenziale nicht annähernd ausgeschöpft sind.

<sup>5</sup> Norvig/Russel, 2010, 17.

<sup>6</sup> Zum Beispiel Nilsson, 1998; für eine Übersicht weiterer Autoren sowie Definitionen siehe Norvig /Russel, 2010, 2.

<sup>7</sup> Norvig/Russel, 2010, 1020.

### 2.2 Literaturanalyse

Bevor eine konzeptionelle und inhaltliche Gestaltung eines KI-Indizes möglich ist, soll eine umfassende Literaturanalyse Aufschluss über bereits existierende KI-Indizes in der Literatur geben. Auf diese Weise soll neben einem Einblick in den aktuellen Stand der Literatur in Deutschland und weltweit auch eine kritische Würdigung bestehender KI-Indizes in der Literatur erfolgen. Zudem erfolgt eine kurze Einbettung des vorliegenden KI-Index.

Erst vor wenigen Jahren sind die ersten Studien erschienen, die Kennzahlen zur Messung der Entwicklung und Potenziale von KI für Wirtschaft und Gesellschaft beinhalten. Eine automatisierte Suche in den 16 Millionen wissenschaftlichen Artikeln der Datenbank Science Direct nach KI-Begriffen in Verbindung mit dem Wort Index ergab keine relevanten Publikationen, was bedeutet, dass Indizes zum Themenfeld KI eher nicht in der referierten Fachliteratur zu finden sind. Aus diesem Grund wurden entsprechende Publikationen manuell gesucht. Die so identifizierten Studien setzen unterschiedliche Schwerpunkte und wählen verschiedene Kategorisierungen, um die Potenziale von KI aus unterschiedlichen Perspektiven quantifizierbar zu machen. Es gibt sowohl nationale Analysen als auch ländervergleichende Untersuchungen.<sup>8</sup>

Eine umfassende Sammlung an internationalen Kennzahlen und Datensätzen, welche die Entwicklung von KI messen, stellt die Studie der Universität Stanford vor.<sup>9</sup> Die Autoren der Studie unterscheiden neun Kategorien: Forschung und Entwicklung, Konferenzen, technische Leistung, Wirtschaft, Bildung, autonome Systeme, öffentliche Wahrnehmung, Gesellschaft und nationale Strategien. Ein beispielhaftes Ergebnis im Bereich Forschung und Entwicklung ist, dass die Anzahl von referierten Forschungsbeiträgen zum Kontext Künstliche Intelligenz weltweit von 1998 bis 2018 um mehr als 300 Prozent gestiegen ist. Ein weiteres Ergebnis zeigt, dass die Investitionen in KI-Startups weltweit von 2010 bis 2018 um 48 Prozent gestiegen sind (Kategorie Wirtschaft). Die Studie bietet mit dem sogenannten AI Global Vibrancy Tool ([vibrancy.aiindex.org](http://vibrancy.aiindex.org)) zudem die Möglichkeit, einzelne Kennzahlen länderübergreifend zu vergleichen. Neben der besonderen Vielfalt der Indikatoren besticht die Stanford-Studie durch eine Diskussion der Messprobleme einzelner Datensätze und Indikatoren. Im Gegensatz zu anderen Studien werden die einzelnen Indikatoren allerdings nicht miteinander in Bezug gesetzt, wodurch der Blick für Interdependenzen verloren geht. Darüber hinaus beschreiben die Autoren die einzelnen Indikatoren nur, ohne sie zu interpretieren und dadurch mögliche Entwicklungszusammenhänge oder politische Handlungsfelder zu identifizieren.

Eine Studie der Konrad-Adenauer-Stiftung nutzt den Cambrian KI Index, um den Status quo von KI in zwölf Ländern, darunter Deutschland, zu vergleichen.<sup>10</sup> Dabei nimmt sie auch die nationalen KI-Strategien ins Visier. Dieser Index berücksichtigt neben KI-Voraussetzungen wie Datenverfügbarkeit, Rechnerleistung und Humanressourcen die Kategorien Forschung und Entwicklung (Allgemeine F&E, KI-relevante F&E) sowie Kommerzialisierung (Wissens- und Technologietransfer, Patente, KI-Startups, Robotik). Der Cambrian KI Index zeigt, dass Deutschland in Bezug auf diese Kategorien zwar nicht mit führenden KI-Nationen wie den USA und China Schritt halten, aber dennoch einen guten Platz im Mittelfeld behaupten kann. Die Studienautoren betonen als zentrales Hemmnis, dass bisher „die mangelnde Durchlässigkeit zwischen Wissenschaft und Privatwirtschaft die skalierte Übersetzung der Forschung in kommerzielle Anwendungen“ verhindert hat.<sup>11</sup>

Generell weisen die vorhandenen Studien auf ein erhebliches Entwicklungspotenzial von KI in Deutschland hin. So ist laut einer Studie innerhalb der nächsten fünf Jahre durch den Einsatz von KI mit einem zukünftigen Wertschöpfungspotenzial im produzierenden Gewerbe in Höhe

<sup>8</sup> Für nationale Analysen siehe unter anderem PAiCE, 2018; Stiftung Neue Verantwortung, 2019, für Deutschland; für ländervergleichende Untersuchungen siehe unter anderem Elsevier, 2018; Raymond et al., 2019; Groth/Straube, 2019a, 2019b.

<sup>9</sup> Raymond et al., 2019.

<sup>10</sup> Groth/Straube 2019a, 2019b.

<sup>11</sup> Groth/Straube, 2019b, 6.

von gut 30 Milliarden Euro zu rechnen.<sup>12</sup> Die größten Potenziale werden in den KI-Anwendungen Predictive Analytics, intelligente Assistenzsysteme, Robotik, intelligente Automatisierung sowie intelligente Sensorik gesehen. Dabei setzen gerade einmal 25 Prozent der für diese Studie befragten Großunternehmen und nur 15 Prozent der KMU bereits heute KI-Technologien ein (ebenda; N = 230). Potenziale zeigen sich zudem beispielsweise bei der Finanzierung von KI-Startups in Deutschland, welche deutlich hinter der anderer Länder zurückbleibt.<sup>13</sup>

Gut schneidet Deutschland insbesondere hinsichtlich der KI-Forschung ab.<sup>14</sup> So steht Deutschland bei der Anzahl wissenschaftlicher Publikationen zum Thema KI auf Platz 5 hinter China, den USA, Japan und Großbritannien.<sup>15</sup> Besonders die Qualität der Forschung ist international anerkannt: 9,5 Prozent der meistzitierten und damit einflussreichsten KI-Beiträge innerhalb der vergangenen zehn Jahre stammen von Wissenschaftlern aus Deutschland.<sup>16</sup> 28 Prozent der wissenschaftlichen Publikationen zu KI sind europäischen Ursprungs, wodurch Europa noch vor den USA und China einen Spitzenplatz behaupten kann.<sup>17</sup>

Weitere Studien im Themenfeld der KI beschäftigen sich mit Entwicklungspotenzialen in einzelnen Bereichen der KI und analysieren lediglich einzelne KI-Kennzahlen, bieten im Gegensatz zu den vorstehenden Studien also keinen Überblick über verschiedene KI-Wirkungskontexte.<sup>18</sup> Beispielsweise zeigt eine Studie, dass das Deutsche Patent- und Markenamt in München zwar führend bei den KI-Patentanmeldungen in Europa ist, allerdings weit abgeschlagen hinter den Patentämtern aus den USA, China und Japan zurückliegt.<sup>19</sup>

Alle bereichsübergreifenden Studien zur Entwicklung von KI bilden letztlich drei große Schwerpunkte in ihren Untersuchungen: Sie betrachten die Voraussetzungen beziehungsweise Rahmenbedingungen für die Entwicklung von KI und analysieren die Wahrnehmung und Nutzung von KI durch die Wirtschaft und Gesellschaft. Dementsprechend wurden für den Index des KI-Monitors diese drei Kategorien gewählt. Im folgenden Kapitel werden Struktur und Bestandteile des Index detailliert vorgestellt.

### 3 Struktur und Bestandteile des KI-Index

Der Kernbestandteil des KI-Monitors ist der KI-Index, welcher anhand einer zentralen Größe den Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland bewertet. Der KI-Index hat den Anspruch, die wesentlichen Facetten und Wirkungsbereiche der KI zu quantifizieren, ohne unübersichtlich und damit unverständlich zu sein. Der Index wurde dementsprechend anhand der drei zentralen Kategorien Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft strukturiert (Abbildung 3-1).



<sup>12</sup> PAiCE, 2018.

<sup>13</sup> Raymond et al., 2019; Die Bundesregierung, 2019b.

<sup>14</sup> Die Bundesregierung, 2019b.

<sup>15</sup> Die Bundesregierung, 2019b.

<sup>16</sup> PAiCE, 2018; EFI-Expertenkommission, 2018.

<sup>17</sup> Die Bundesregierung, 2019b.

<sup>18</sup> Unter anderem WIPO, 2019; Die Bundesregierung, 2019b.

<sup>19</sup> WIPO, 2019.

Dieser Strukturierung liegt die Annahme zugrunde, dass Künstliche Intelligenz vor allem über die Wirtschaft abbildbar ist, aber auch ihre Resonanz und Nachfrage in der Gesellschaft die weitere Entwicklung entscheidend beeinflusst. Zudem determinieren die gegebenen Rahmenbedingungen, wie Künstliche Intelligenz in Wirtschaft und Gesellschaft ausgestaltet werden kann. Die Kategorien hängen dementsprechend eng zusammen und sind voneinander abhängig. Zusammenfassend beantworten sie folgende Leitfragen:

- **Rahmenbedingungen:** Wie sind das institutionelle Umfeld, die Infrastruktur und der politische und rechtliche Rahmen für KI in Deutschland ausgestaltet?
- **Wirtschaft:** Wie verbreitet ist die Nutzung von KI in deutschen Unternehmen und welches Potenzial schreiben Unternehmen ihr zu?
- **Gesellschaft:** Inwieweit ist die Gesellschaft mit KI vertraut und wie offen steht sie ihr gegenüber?

Jede der Kategorien beinhaltet mehrere Indikatoren, die verschiedene Facetten von KI und unterschiedliche Einflussfaktoren auf ihre Nutzung und Entwicklung abbilden. Bei der Auswahl der Indikatoren wurden folgende Kriterien beachtet:

- Die Indikatoren sollen einen Erklärungsbeitrag hinsichtlich des Status quo der KI leisten können. Es kann sich bei ihnen sowohl um Einfluss- als auch um Ergebnisgrößen handeln. Für jeden Indikator wird eine Hypothese darüber gebildet, ob er mit Blick auf die Entwicklung der KI positiv oder negativ zu interpretieren ist.
- Die Indikatoren sollen den realen Stand der KI in Deutschland möglichst aktuell, präzise und zuverlässig widerspiegeln.
- Die Indikatoren sollen sich möglichst wenig überlappen, auch wenn zwischen vielen Indikatoren notwendigerweise und sachlogisch wechselseitige Abhängigkeiten bestehen.
- Es werden, wo möglich, sowohl angebotsseitige als auch nachfrageseitige Indikatoren verwendet, um eine einseitige Darstellung zu vermeiden.
- Es wird versucht, den Durchdringungs- und Nutzungsgrad der KI in den Indikatoren abzubilden, denn ein bloßes Vorhandensein entsprechender Technologien lässt keine Aussage über die tatsächliche Intensität der Nutzung zu.
- Die Indikatoren sind so gewählt, dass ihre Zuordnung zu den Kategorien eindeutig ist.
- Es wurde darauf geachtet, dass die Indikatoren über die Jahre der Messung Bestand haben und jährlich aktualisierbar sind, damit der Index im Zeitverlauf vergleichbar ist.

Grundsätzlich besteht bei der Indikatorenauswahl ein Konflikt zwischen dem wissenschaftlichen Anspruch mit seinen strengen Kriterien und der Praktikabilität der Indexerstellung. Wenn sich das Indikatorenset stark reduziert, weil alle Indikatoren herausfallen, die den strengen Kriterien nicht genügen, wird die Aussagekraft des Index erheblich reduziert. Entsprechend wurde bei der Indikatorenauswahl abgewogen. Eventuelle Einschränkungen der Indikatoren werden diskutiert. Bei allen Indikatoren werden jeweils die aktuellen Werte sowie die Vorjahreswerte einbezogen. Je nach Indikator variiert der aktuelle Rand zwischen den Jahren 2017 und 2020. Der Datenstand der Erhebung ist der 8.5.2020.

Für die Indexberechnung werden, wo möglich und sinnvoll, die Indikatoren auf den Wertebereich 0 bis 100 normalisiert, wobei 100 die maximal mögliche Ausprägung ist. Diese Normalisierung erfolgt, um unterschiedliche Kategorien von Indikatoren vergleichen zu können.

Für die Berechnung des KI-Index werden die prozentualen Veränderungen ( $\Delta I$ ) der Indikatoren ( $I$ ) zwischen dem aktuellen Jahr ( $t$ ) und dem Vorjahreswert ( $t-1$ ) bestimmt. Für jede der drei Kategorien Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft werden diese prozentualen Veränderungen summiert. Daraus ergibt sich die prozentuale Veränderung der jeweiligen

Kategorie ( $\Delta_k^t$ ) im Jahr  $t$  im Vergleich zum Jahr  $t-1$ . Somit gehen die Indikatoren gleichgewichtet in die jeweilige Kategorie ein. Formell lässt sich dies folgendermaßen ausdrücken (mit  $n_k$ = Anzahl der Indikatoren je Kategorie):

$$\Delta_k^t = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} \Delta_{I_i}$$

Die Veränderungen der jeweiligen Kategorien  $\Delta_k^t$  gehen wiederum gleichgewichtet in die Veränderung des Gesamtindex ein. Für das Jahr 2020 wird die Veränderung des Gesamtindex im Vergleich zu 2019 mit  $\Delta_{\text{Index}}^{2020}$  bezeichnet. Für 2019 werden der Gesamtindex ( $I_{2019}$ ) sowie alle Subindizes auf 100 normiert. Dementsprechend ergibt sich der Indexwert für 2020 ( $I_{2020}$ ) aus dem Index des Jahres 2019 und der Veränderung im Vergleich zu 2019 ( $\Delta_{\text{Index}}^{2020}$ ):

$$I_{2020} = I_{2019} + \Delta_{\text{Index}}^{2020} = 100 + \Delta_{\text{Index}}^{2020}$$

Im Folgenden werden die Indikatoren, sortiert nach den genannten Kategorien, vorgestellt und ihre jeweilige Transformierung für den Index erläutert.

### 3.1 Kategorie Rahmenbedingungen

Diese Kategorie bildet die Rahmenbedingungen ab, die determinieren, wie Wirtschaft und Gesellschaft in Deutschland an Künstlicher Intelligenz partizipieren können und welche Entwicklungsmöglichkeiten KI in Deutschland hat. Die Rahmenbedingungen bilden die Grundlage für alle wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aktivitäten im Bereich KI. Viele Potenziale der KI sind nicht zu heben, wenn die Rahmenbedingungen nicht entsprechend ausgestaltet sind. Insgesamt gehen fünf Indikatoren in diese Kategorie ein. Sie nehmen die digitale Infrastruktur, den politischen Diskurs im Bundestag, Know-how und Forschung in den Blick.

#### 3.1.1 Digitale Infrastruktur

Die digitale Infrastruktur bildet das Rückgrat der Entwicklung sowie Nutzung von KI in Wirtschaft und Gesellschaft. Um sie abzubilden, wird die Verfügbarkeit von Breitband in den Subindex Rahmenbedingungen einbezogen. Je umfassender die Abdeckung mit Breitband, umso besser sind die Bedingungen dafür, dass KI in Wirtschaft und Gesellschaft genutzt werden kann. Umgekehrt ist eine mangelhafte Versorgung mit angemessener digitaler Infrastruktur ein wesentliches Hemmnis für die Nutzung, Verbreitung und Entwicklung von KI.

Flächendeckende Daten zur Verfügbarkeit von Breitband liegen auf Ebene der Haushalte vor. Es wird davon ausgegangen, dass sich mit diesen Daten auch das für Unternehmen verfügbare Breitbandnetz approximieren lässt. Grundsätzlich stehen die Daten in verschiedenen Geschwindigkeiten zur Verfügung.<sup>20</sup> In den vergangenen Jahren wurde für einen temporalen Vergleich der Verfügbarkeit von Breitband meist eine Geschwindigkeit von mindestens 50 Mbit/s herangezogen.<sup>21</sup> Dies hängt unter anderem auch damit zusammen, dass die Digitale Agenda 2014–2017 für Deutschland das Ausbauziel vorgegeben hatte, bis zum Jahr 2018 flächendeckend Breitbandinternet dieser Geschwindigkeit zu gewährleisten. Dieses Ziel wurde deutlich verfehlt, sodass digitale Infrastruktur auch nach 2018 noch immer mit dem Grenzwert 50 Mbit/s gemessen wurde.<sup>22</sup> Erst 2019 wurden die publizierten Daten zu der verfügbaren Breitbandgeschwindigkeit in der Berichterstattung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) auf höhere Geschwindigkeiten erweitert. Dies trägt erstens dem fortgeschrittenen Ausbau der digitalen Infrastruktur Rechnung. So hatten Mitte 2019 bereits 90,2 Prozent der Haushalte in Deutschland Zugang zu einem Breitbandanschluss mit mindestens 50 Mbit/s (Abbildung 3-2). Zweitens bildet die Messung schnellerer Breitband-

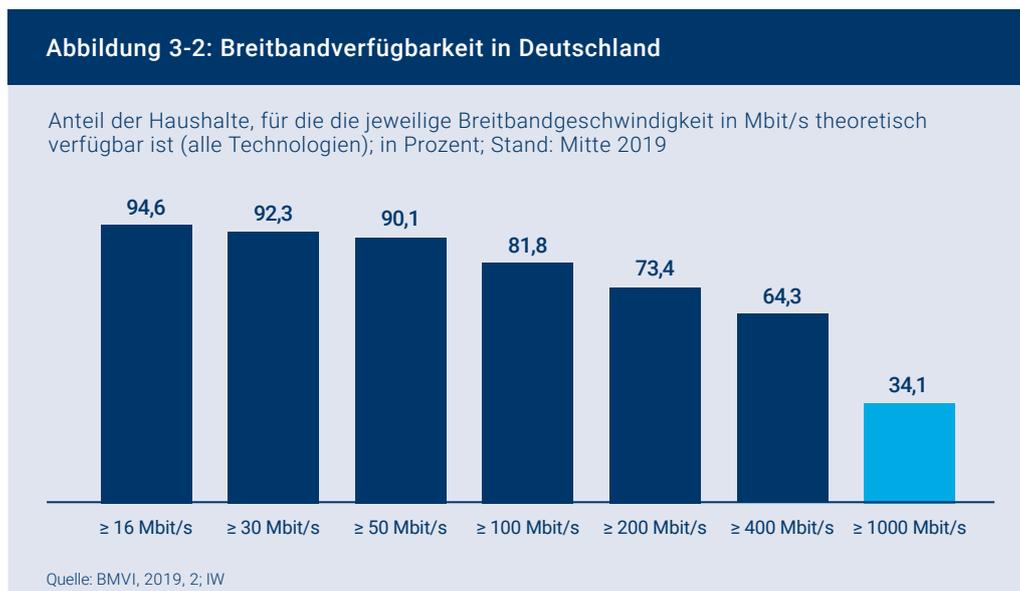
<sup>20</sup> BMVI, 2019, 2.

<sup>21</sup> Zum Beispiel Demary et al., 2019.

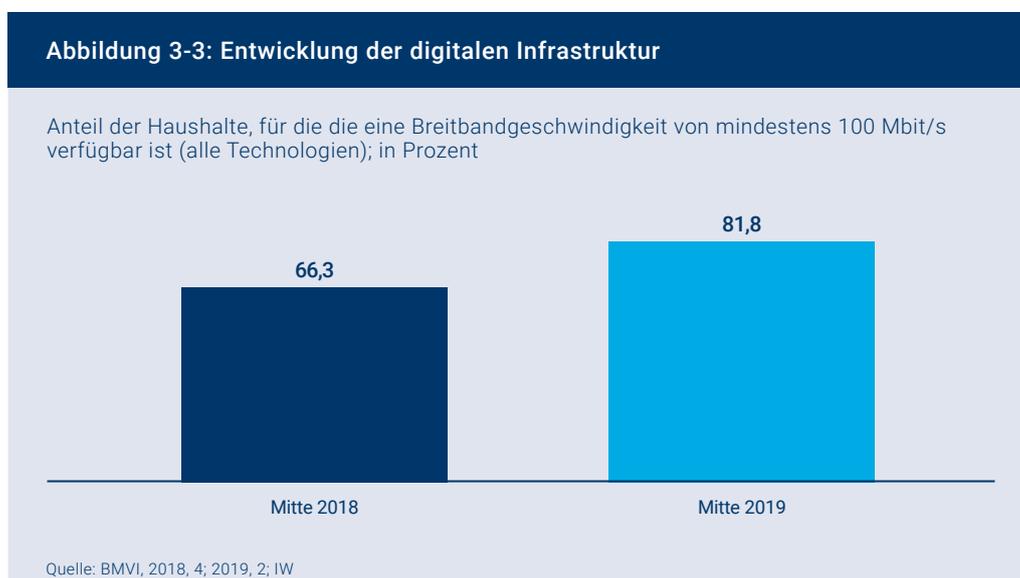
<sup>22</sup> Europäischer Rechnungshof, 2018.

geschwindigkeiten ab, dass die Anforderungen an die digitale Infrastruktur gestiegen sind. Auch Anwendungen der KI benötigen Netze, die schnell und verzögerungsfrei große Datenmengen übertragen können.

Bei der Interpretation der verfügbaren Breitbanddaten ist unabhängig von der betrachteten Geschwindigkeit zu beachten, dass diese nicht die tatsächlich im Rahmen von Verträgen vereinbarten oder gar realisierten Geschwindigkeiten widerspiegeln, sondern die theoretisch zur Verfügung stehenden. Es ist denkbar, dass der Anteil der Haushalte, die tatsächlich das Internet mit mindestens 50 Mbit/s nutzen, geringer ist als 90,2 Prozent. Es besitzen nicht alle Haushalte einen Internetanschluss, und selbst für diejenigen, die einen Internetanschluss unterhalten, könnte eine geringere Geschwindigkeit ausreichend sein.<sup>23</sup>



Für den Index wird vor dem Hintergrund der beschriebenen Entwicklung der Anteil der Haushalte herangezogen, der Zugang zu Breitbandinternet mit einer Geschwindigkeit von mindestens 100 Mbit/s hat. Während der Anteil der Haushalte, denen 100 Mbit/s oder mehr zur Verfügung standen, Mitte des Jahres 2018 noch bei rund 66 Prozent lag, ist er bis Mitte 2019 auf knapp 82 Prozent angewachsen (Abbildung 3-3).



### 3.1.2 KI in Bundestagsprotokollen

Auch die Beschäftigung der Politik mit KI-Fragestellungen ist eine relevante Rahmenbedingung, welche den politisch-rechtlichen Rahmen für KI determiniert. So spielen entsprechende politische Entscheidungen und Maßnahmen eine zentrale Rolle in der Qualitätssicherung und Standardisierung, der Schaffung von Förder- und Investitionsprogrammen im Bereich KI sowie in der Organisation der Aus- und Weiterbildung KI-relevanter Arbeitskräfte.<sup>24</sup> Eine intensivere Beschäftigung der Politik mit KI kann also tendenziell eine Stärkung der Entwicklung der KI in Wirtschaft und Gesellschaft begünstigen und zahlt somit positiv auf den KI-Index ein. Dabei ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass diese Wirkungsrichtung nicht bei jedem politisch diskutierten Thema korrekt ist. Wenn viel über ein Thema gesprochen wird, weil eine Regulierung geplant ist, kann dies auch Hemmnisse und damit eine negative Wirkung nach sich ziehen. In Bezug auf KI steht die politische Diskussion jedoch eher am Anfang, so dass hier davon ausgegangen wird, dass eine verstärkte Befassung mit dem Thema für mehr Aufmerksamkeit für dessen Wichtigkeit spricht und damit eine positive Wirkung erzielt wird. Ein passender Indikator für die Präsenz von KI in der Politik kann aus der Anzahl der Nennung von KI-Begriffen in den Plenarprotokollen der Sitzungen des Deutschen Bundestages gebildet werden. Durch die Wahl des Bundestages anstelle von Landtagen gehen Informationen ein, die grundsätzlich für Gesamtdeutschland relevant sind und damit der Perspektive des KI-Monitors entsprechen. Bundestagsprotokolle sind dennoch nur einer von diversen möglichen Indikatoren zur Abbildung der politischen Diskussion. Angesichts des Schwerpunkts des KI-Monitors, KI in der Breite abzubilden und damit diverse Aspekte in verschiedenen Themenfeldern zu erfassen, wird hier der Fokus auf die Bundestagsprotokolle gelegt und auf eine stärkere Ausdifferenzierung des Indikators verzichtet.

Zur Berechnung dieses Indikators werden alle Plenarprotokolle zu Sitzungen des Deutschen Bundestages für die 19. Wahlperiode untersucht.<sup>25</sup> Da die Protokolle des Bundestages maschinenlesbar in XML-Format zur Verfügung gestellt werden, lässt sich durch eine automatisierte Aufbereitung der Daten ein kohärenter Datensatz erzeugen. Dieser enthält neben den Volltexten der gehaltenen Reden auch Informationen zum Datum und zur Zeit der Rede sowie zum Redner selbst (darunter Name, Titel und Parteizugehörigkeit). Für das Jahr 2018 gehen 66 Plenarsitzungen mit 6.099 Reden in die Analyse mit ein, für 2019 sind es 65 Plenarsitzungen mit 6.976 Reden.

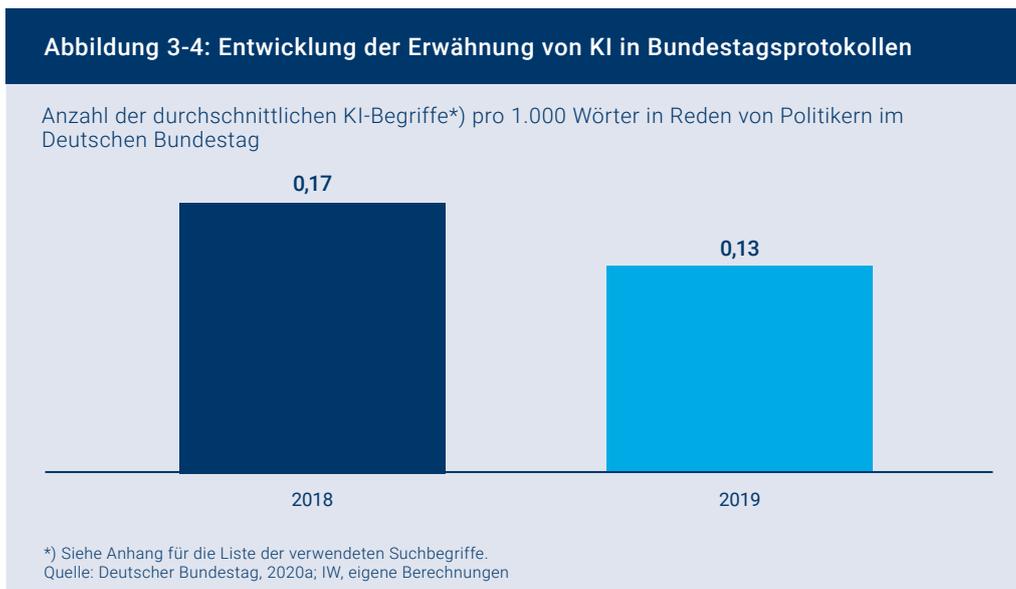
In diesen Reden wird die Anzahl der genannten KI-Begriffe durch eine automatisierte Stichwortsuche bestimmt. Ausgangspunkt sind die (zum Teil ins Deutsche übersetzten) im Rahmen einer bestehenden Taxonomie für KI verwendeten Bezeichnungen der so genannten KI-Skill-Cluster.<sup>26</sup>

Die Suchwörter werden um reguläre Ausdrücke ergänzt, um alle relevanten Kombinationen der jeweiligen Begriffe (sowohl grammatikalisch als auch mit Sonderzeichen) abzudecken (künstliche Intelligenz, künstlicher Intelligenz, künstliche-Intelligenz, etc.). Mit Hilfe der so erstellten Stichwortliste (siehe Anhang) werden pro Bundestagsrede alle KI-Begriffe erfasst, gezählt und in Relation zu der Gesamtzahl aller Wörter der jeweiligen Rede gesetzt. Für eine bessere Interpretation wird dieser Wert mit 1.000 multipliziert. So kann er als KI-Begriffe pro 1.000 Wörter je Rede interpretiert werden. Für die finale Kennzahl werden die berechneten Verhältnisse pro Rede über die jeweiligen Jahre gemittelt. Die Anzahl von KI-Begriffen pro 1.000 Wörter in Reden von Politikern im Deutschen Bundestag betrug 0,17 im Jahr 2018 und 0,13 im Jahr 2019 (Abbildung 3-4). Grundsätzlich wäre es auch möglich, als Indikator den Anteil aller Sitzungstage, die sich mit KI befassen, zu verwenden. Allerdings adressiert die Messung pro 1.000 Wörter pro Rede die Intensität einer KI-Diskussion präziser. Beispielsweise würde ein Indikator auf Basis der Sitzungstage sowohl Sitzungstage als KI deklarieren, bei denen ein KI-Begriff nur einmal genannt wird, als auch Sitzungstage, bei den KI als Hauptthema im Fokus steht. Mit der Messung pro 1.000 Wörter pro Rede werden derartige Unterschiede erfasst.

<sup>24</sup> Auer et al., 2019, 44; Wallhof et al. 2019, 120; Fraunhofer-Allianz Big Data, 2017, 31.

<sup>25</sup> Deutscher Bundestag, 2020a.

<sup>26</sup> Burning Glass, 2020.



### 3.1.3 Informatikabsolventen

Für die Entwicklung neuer Methoden und Anwendungen der KI sowie für deren Implementierung in Unternehmen ist entsprechendes Know-how unerlässlich. Damit fällt Fachkräften, die dieses Know-how besitzen, eine wichtige Rolle zu. Eine hohe Anzahl an gut ausgebildeten Fachkräften fördert die Entwicklung von KI-Produkten und -Dienstleistungen. Zudem trägt eine gute Verfügbarkeit von entsprechenden Humanressourcen zur Umsetzung von KI in den Unternehmen bei, da ausgeschriebene Stellen schneller und besser besetzt werden können. Die Fachkräfte sind daher ein unerlässlicher Indikator im Bereich der Rahmenbedingungen.

Zur approximativen Abbildung der Verfügbarkeit von Know-how wird die Anzahl an bestandenen Abschlussprüfungen im Fachbereich Informatik in den Index integriert. Der Fachbereich Informatik bildet einen wichtigen Flaschenhals in der KI-Entwicklung: KI benötigt einerseits Intelligenz und andererseits ein künstliches System mittels dessen die Intelligenz die Umwelt erfahren und mit ihr kommunizieren sowie interagieren kann.<sup>27</sup> Der Computer ist für dieses System das Mittel der Wahl<sup>28</sup> und die Informatik als Wissenschaft insbesondere der computergestützten Informationsverarbeitung damit entscheidend für die Entwicklung von KI.<sup>29</sup>

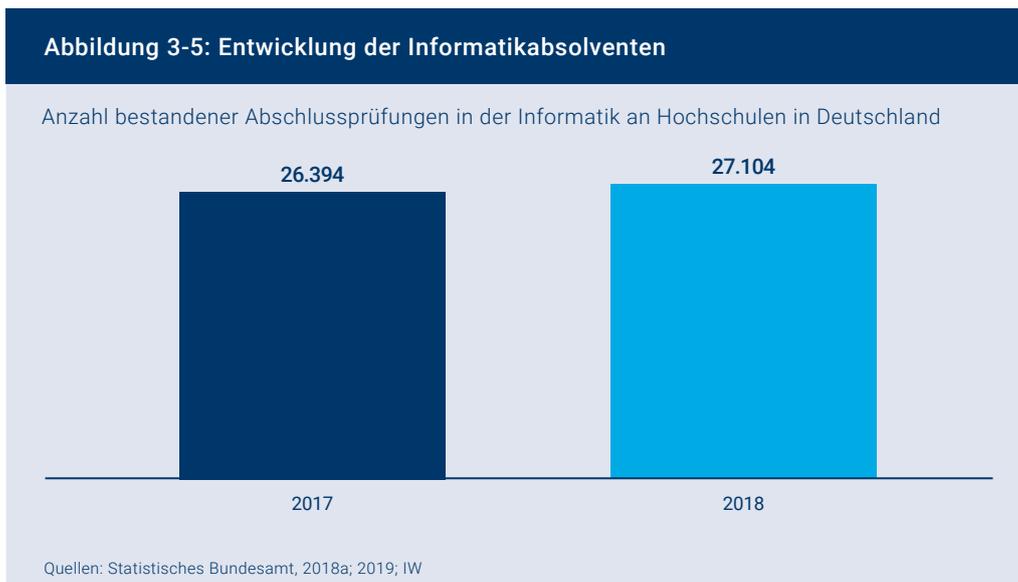
Zum einen können Innovationen im Fachbereich Informatik zu immer leistungsfähigeren Computern führen, wodurch der KI mehr Ressourcen und damit Entwicklungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Zum anderen wurde bereits in Kapitel 1 auf die Bedeutung von Daten für KI hingewiesen. Die Entwicklung von effizienteren Arten zur Sammlung und Analyse immer größerer Mengen an Daten in der Informatik kann somit auch zu Innovationen im Bereich KI beitragen. Die Implementierung dieser Verfahren in Unternehmen durch Absolventen kann zur verstärkten Nutzung und Weiterentwicklung von KI führen. Mit der Erlangung eines Abschlusses kann ein Absolvent der Informatik entsprechendes Know-how nachweisen und steht potenziell dem Arbeitsmarkt zur Verfügung. Je höher die Anzahl an Absolventen ist, desto besser gestalten sich also die Rahmenbedingungen für KI.

Als Datengrundlage wird die Veröffentlichung des Statistischen Bundesamts (2019) gewählt, da dort die Daten von deutschen Hochschulen zentral gesammelt werden. Für den Index stehen aktuell die Werte bis einschließlich 2018 zur Verfügung (Abbildung 3-5). So konnten im Jahr 2017 insgesamt 26.394 bestandene Abschlussprüfungen verzeichnet werden, während es 2018 insgesamt 27.104 waren. Diese zeitliche Verzögerung basiert auf der Verfügbarkeit der öffentlichen Statistik.

<sup>27</sup> Norvig/Russel, 2010, 13.

<sup>28</sup> Ebenda.

<sup>29</sup> Gabler Wirtschaftslexikon, 2020.



### 3.1.4 Wissenschaftliche KI-Publikationen

Eine weitere Rahmenbedingung, die den Status quo der KI in Deutschland determiniert, ist die KI-Aktivität der Wissenschaft. Es wird davon ausgegangen, dass die Forschung ein wesentlicher Motor der Entwicklung von KI ist und insbesondere für die Wirtschaft eine enorme Bedeutung hat. Praxistaugliche KI-Lösungen basieren häufig auf Verfahren, die kurz zuvor noch als grundlegende Forschungsergebnisse festgestellt wurden. Eine höhere KI-Aktivität der Wissenschaft zahlt also positiv auf die Rahmenbedingungen und damit die Entwicklung von KI in Deutschland ein.

Zur Messung dieser Aktivität wird ein Indikator für die wissenschaftlichen Publikationen herangezogen, der auf Basis der Wissenschaftsdatenbank Microsoft Academic (2020) ermittelt wird. Den wissenschaftlichen Dokumenten ist in der Datenbank jeweils eine thematische Kategorie zugeordnet. Für den KI-Index werden die Publikationen untersucht, die in die Kategorie Artificial Intelligence fallen. Eine solche Publikation wird dann als KI-Aktivität der deutschen Forschung gezählt, wenn mindestens ein Autor an einer Institution in Deutschland tätig ist.

Für das Jahr 2018 können auf diese Weise 5.653 deutsche KI-Publikationen in der Datenbank identifiziert werden. Im Jahr 2019 sind es insgesamt 6.748. Um die allgemeine Entwicklung der wissenschaftlichen Publikationen in dieser Datenbank zu kontrollieren, wird die Anzahl der KI-Publikationen mit der Gesamtzahl der Publikationen von Autoren deutscher Institutionen in den jeweiligen Jahren ins Verhältnis gesetzt. 2018 gibt es insgesamt 149.579 Publikationen von Autoren deutscher Institutionen, im Jahr 2019 liegt der Wert bei 162.044.

Der so berechnete Anteil der wissenschaftlichen Publikationen im Bereich KI, die deutschen Institutionen zuzuordnen sind, beträgt 3,78 Prozent im Jahr 2018 und 4,16 Prozent im Jahr 2019 (Abbildung 3-6). Damit steigt die wissenschaftliche KI-Aktivität in Deutschland überproportional im Vergleich zur gesamten Forschungsaktivität in Deutschland.



### 3.1.5 Kooperationen zwischen KI-Forschung und Unternehmen

Eine wichtige Komponente bei der Entwicklung von KI stellen Kooperationen zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen dar, die ebenfalls den Rahmenbedingungen für KI zuzuordnen sind. Oft liegen in Unternehmen und Forschungseinrichtungen unterschiedliche Kompetenzen vor, die sich ergänzen. Durch die Kooperationen kann es zu Spillover-Effekten kommen: Man spricht von einem Wissens- und Technologietransfer zwischen Forschungseinrichtungen und Privatsektor. Die Bedeutung von Spillovern aus der Grundlagenforschung für unternehmerische Innovationen finden sich in zahlreichen Studien.<sup>30</sup> Eine andere Studie betont die Wichtigkeit der Zusammenarbeit von unternehmerischen und universitären Forschern, um komplementäre Kompetenzen zu verbinden und verschiedene Wissensressourcen aus der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung nutzbar zu machen.<sup>31</sup> Je mehr Forschung und Unternehmen zusammenarbeiten, desto besser ist dies für die Entwicklung der Rahmenbedingungen.

Der Indikator der Kooperationen zwischen Forschung und Unternehmen wird gemessen durch die Anzahl der wissenschaftlichen KI-Publikationen in Deutschland (vgl. auch Abschnitt 3.1.4), bei der mindestens eine Forschungseinrichtung und ein Unternehmen beteiligt sind. Auch wenn nicht alle Forschungsk Kooperationen in eine solche Publikation münden, so bilden wissenschaftliche Publikationen die Kooperationstätigkeit dennoch gut ab.<sup>32</sup> Andere Arten der Kooperation, die beispielsweise in gemeinsame Patente münden, spielen eine geringere Rolle.<sup>33</sup>

Für den Indikator wird abermals der Datensatz der KI-Publikationen in Deutschland aus Kapitel 3.1.4 betrachtet. Anschließend werden manuell alle beteiligten Institutionen analysiert und Unternehmen sowie Forschungseinrichtungen identifiziert. Danach wird der Datensatz nach den KI-Publikationen gefiltert, an denen mindestens eine Forschungseinrichtung und mindestens ein Unternehmen beteiligt waren.

Für das Jahr 2018 wurden insgesamt 210 KI-Publikationen in Deutschland identifiziert, die im Rahmen einer Forschungs-Unternehmens-Kooperation entstanden sind. Für das Jahr 2019 ergab sich ein identischer Wert. Für den Eingang in den Index wird die jeweilige Menge an KI-Kooperationen mit der Gesamtanzahl der KI-Publikationen in Deutschland (2018: 5.653; 2019: 6.748) ins Verhältnis gesetzt, um wiederum für die allgemeine Entwicklung der

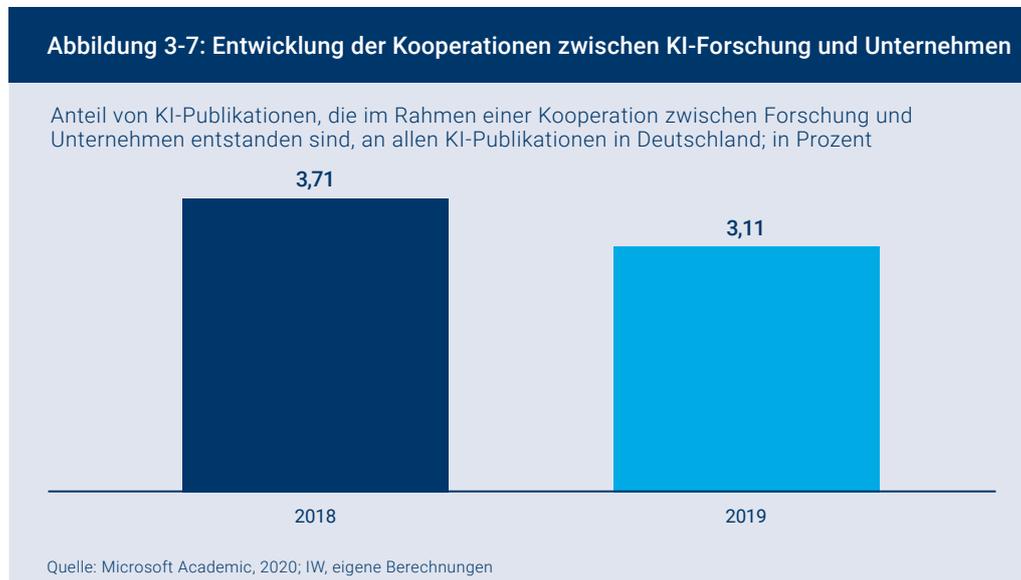
<sup>30</sup> Zum Beispiel Romer, 1990; Monjon/Waelbroeck, 2003.

<sup>31</sup> Wang/Kong, 2019; siehe auch Ahuja, 2000; Becker/Dietz, 2004.

<sup>32</sup> Monjon/Waelbroeck, 2003.

<sup>33</sup> Eom/Lee, 2010.

wissenschaftlichen Publikationen in der Datenbank zu kontrollieren. Der Anteil von kooperativen KI-Publikationen an allen KI-Publikationen in Deutschland betrug 3,71 Prozent im Jahr 2018 und 3,11 Prozent im Jahr 2019 (Abbildung 3-7).



### 3.2 Kategorie Wirtschaft

Die zweite Kategorie des Index beleuchtet die Wahrnehmung und Nutzung von KI in der Wirtschaft. Die Wirtschaft hat für die Entwicklung von KI eine besondere Bedeutung: In den USA, China, Japan und Südkorea ist die Privatwirtschaft der stärkste Motor von KI-Entwicklungen.<sup>34</sup> Unternehmen sind dabei sowohl Anbieter als auch Nachfrager von KI. Sie können etwa Technologien der KI entwickeln und am Markt verkaufen, sie aber auch selbst nutzen. Eine Studie kommt zu dem Ergebnis, dass sowohl die passive KI-Nutzung, als auch die aktive Nutzung im Sinne einer internen, proprietären Entwicklung KI-basierter Systeme in Unternehmen eine Rolle spielen.<sup>35</sup> In die Kategorie Wirtschaft gehen insgesamt fünf Indikatoren ein. Sie beziehen sich auf die Unternehmen und den Arbeitsmarkt.

#### 3.2.1 Einschätzung der Bedeutung von KI durch Unternehmen

Damit Unternehmen KI einsetzen, bedarf es neben der Kenntnis der Einsatzmöglichkeiten einer grundsätzlich positiven Einschätzung der Bedeutung von KI. Es kann davon ausgegangen werden, dass nur solche Unternehmen, die eine weitestgehend positive Einstellung gegenüber KI aufweisen, KI auch selbst einsetzen oder einsetzen würden. Je positiver Unternehmen gegenüber KI eingestellt sind, desto besser ist dies für die Entwicklung der KI in Deutschland.

Eine Befragung aus dem Jahr 2019 zeigt, dass Unternehmen die Potenziale von KI sehr unterschiedlich einschätzen.<sup>36</sup> Für den KI-Index wird diese Befragung durch eine Umfrage aus dem Jahr 2020 ergänzt. Die Unternehmensbefragung erfolgte im Rahmen des IW-Zukunftspanels der IW Consult, welches zweimal im Jahr Geschäftsführer von Industrieunternehmen und industrienahen Dienstleistungsunternehmen in Deutschland befragt.<sup>37</sup> Diese Stichprobenszusammensetzung muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. In der Erhebung wurden die Unternehmen nach ihrer Wahrnehmung von KI mit Blick auf das eigene Unternehmen, die eigene Branche und die gesamte deutsche Volkswirtschaft gefragt. Dabei erfolgten die Antworten entlang der Skala 0 (KI ist ausschließlich Risiko) bis 100 (KI ist

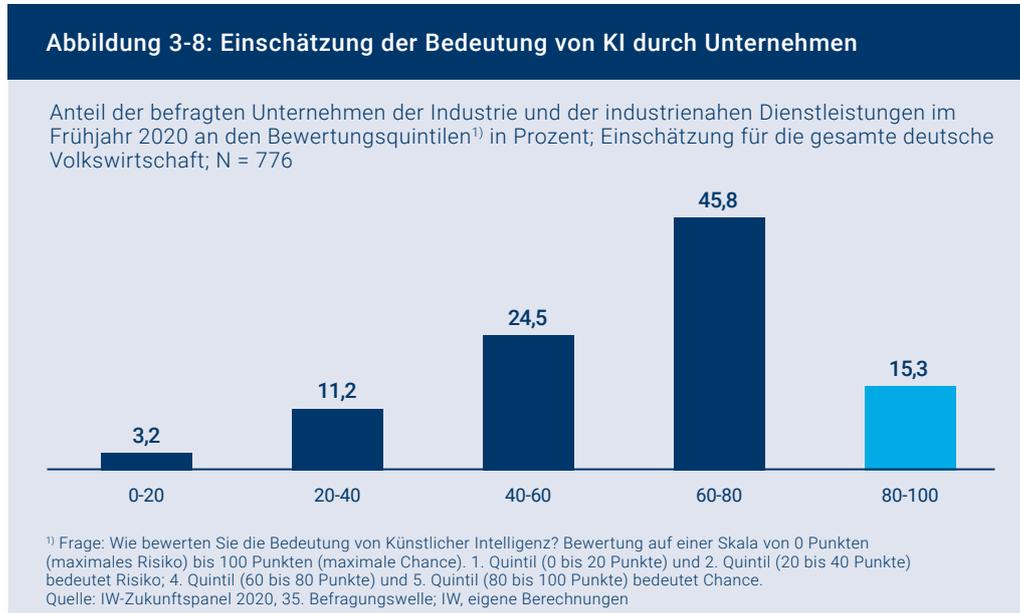
<sup>34</sup> Groth/Straube, 2019b.

<sup>35</sup> Lundborg/Märkel, 2019.

<sup>36</sup> Demary/Goecke, 2019.

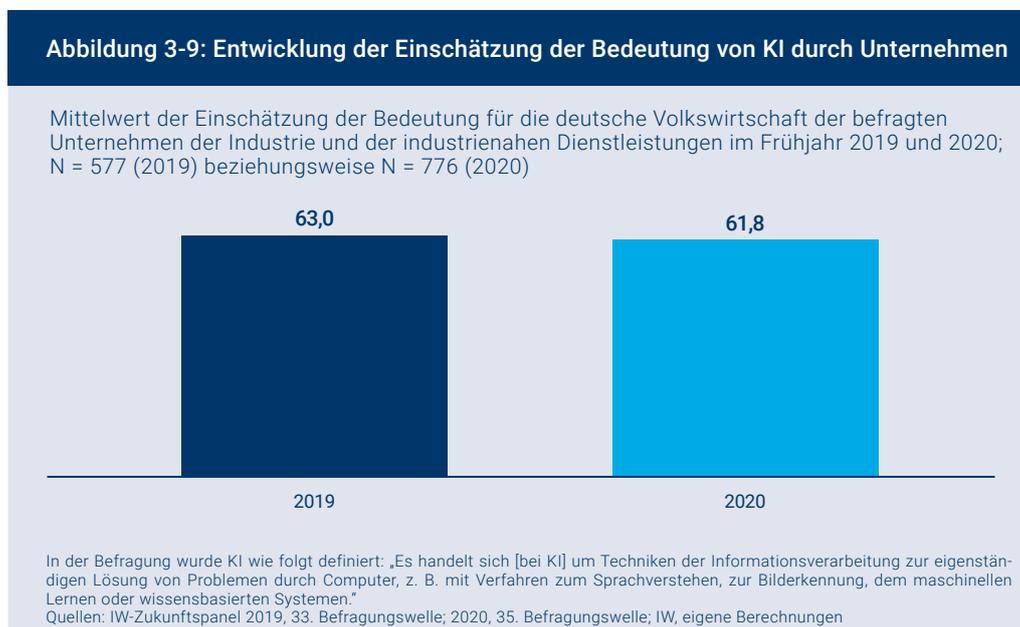
<sup>37</sup> Lichtblau/Neligan, 2009.

ausschließlich Chance). Für den KI-Monitor werden die Antworten mit Blick auf die gesamte deutsche Volkswirtschaft verwendet, da diese die Einschätzung der Potenziale für Gesamtdeutschland am besten abbilden.



Bei der Betrachtung der Verteilung der Antworten zeigt sich eine überwiegend positive Einschätzung von KI durch die befragten Unternehmen (Abbildung 3-8). Im Jahr 2020 sahen insgesamt 14 Prozent der befragten Unternehmen KI eher als Risiko für die deutsche Volkswirtschaft (Werte zwischen 0 und 40). Gut 60 Prozent bewerteten KI eher als Chance (Werte zwischen 60 und 100). 2019 betrug die Werte 14 beziehungsweise 62 Prozent, waren also sehr ähnlich.

In den KI-Index gehen die Mittelwerte der Einschätzung der Unternehmen ein. Die Einschätzung der Bedeutung von KI durch Unternehmen betrug im Mittel 63 Punkte im Jahre 2019 und knapp 62 Punkte im Jahr 2020 und hat sich somit kaum verändert (Abbildung 3-9). Unternehmen schätzen die Bedeutung von KI für die deutsche Volkswirtschaft somit als leicht positiv ein.

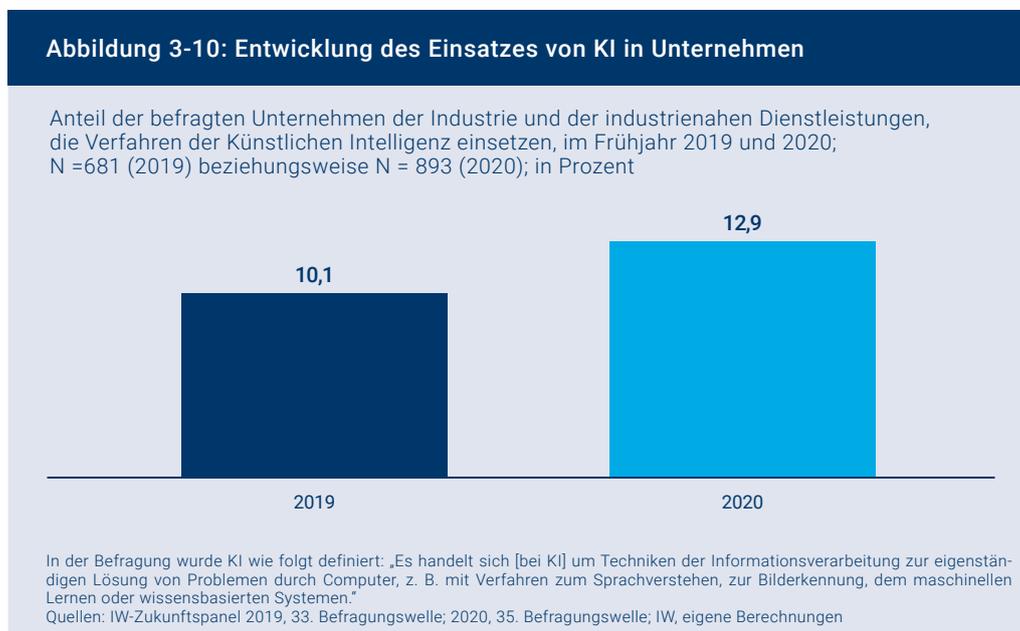


### 3.2.2 Einsatz von KI in Unternehmen

Der aktuelle Stand des Einsatzes von KI in deutschen Unternehmen ist ein wesentlicher Indikator des KI-Index. Je größer der Anteil der KI-Anwender in der deutschen Wirtschaft ist, umso verbreiteter ist die Technologie. Dabei lässt sich die Information, ob Unternehmen bereits KI nutzen, nur über eine Befragung ermitteln.

Das in Abschnitt 3.2.1 erläuterte IW-Zukunftspanel wird deshalb zusätzlich für die Ermittlung des Anteils an KI anwendenden Unternehmen verwendet. Es gibt zahlreiche Studien, die ebenfalls den Anteil dieser Unternehmen an allen Unternehmen erheben.<sup>38</sup> Allerdings variieren der Fragenfokus, der Befragungszeitraum oder das befragte Unternehmenssample. Die Befragung im IW-Zukunftspanel gewährleistet die Vergleichbarkeit der 2020 ermittelten KI-Anwender und der Ergebnisse für 2019 aus der Studie von Demary und Goecke (2019).

In den KI-Index fließt der Anteil der KI anwendenden Unternehmen in Deutschland ein. Dieser hat sich von 10 Prozent im Jahr 2019 auf knapp 13 Prozent im Jahr 2020 erhöht (Abbildung 3-10).



### 3.2.3 KI in Geschäftsberichten

Ein weiterer Indikator für die Wahrnehmung und Nutzung von KI in der deutschen Wirtschaft kann durch die Auswertung von Geschäftsberichten der an der Frankfurter Börse notierten DAX-30-Unternehmen gebildet werden. Auch wenn die DAX-30-Unternehmen nicht repräsentativ für die gesamte deutsche Wirtschaft sind, „gelten sie als Vorbilder“ und „üben durch ihre weit verzweigten Wertschöpfungsketten Einfluss auf die gesamte Wirtschaft aus“.<sup>39</sup> Die jährlich erscheinenden Geschäftsberichte dieser einflussreichen Unternehmen beinhalten neben den Gewinnen und Verlusten sowie den Bilanz- und Kapitalflussrechnungen auch Informationen über die allgemeine Situation und die strategische Ausrichtung des Unternehmens. Ob und in welchem Umfang die DAX-30-Unternehmen die Rolle von KI in ihren Geschäftsberichten diskutieren, kann Aufschluss darüber geben, wie wichtig Entwicklungen im Bereich KI für die Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten dieser Unternehmen sind. Eine positive Entwicklung der Nennung von KI in Geschäftsberichten hat somit einen positiven Einfluss die Gesamtperspektive von KI in Deutschland.

Die Geschäftsberichte der gegenwärtigen DAX-30-Unternehmen (Stand: Mai 2020) stehen online zur Verfügung. Durch optische Zeichenerkennung (OCR) werden die Dokumente der Jahre 2018 und 2019 eingelesen und verarbeitet. Mittels einer automatisierten Suche KI-re-

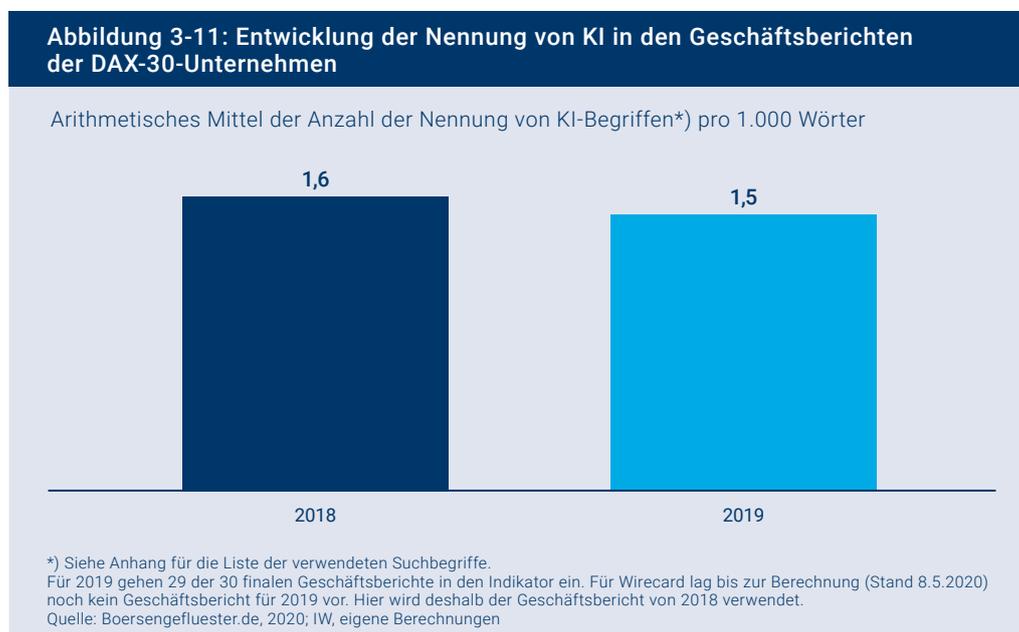
<sup>38</sup> Siehe beispielsweise PAICE, 2018; Crisp Research, 2018; Bitkom, 2019; BMWi, 2020.

<sup>39</sup> Kilian/Hennings, 2011, 250.

relevanter Begriffe (siehe Anhang; vgl. Kapitel 3.1.2) werden solche Dokumente und Textpassagen identifiziert, in welchen das jeweilige Unternehmen KI-bezogene Themen diskutiert.

Die absolute Anzahl der jeweils am Jahresende aktuellen DAX-30-Unternehmen, die mindestens einen der KI-Suchbegriffe in ihren Geschäftsberichten verwenden, ist von 22 im Jahr 2018 auf 24 im Jahr 2019 angestiegen.

Für den KI-Index wird die Anzahl der KI-Begriffe pro Geschäftsbericht mit der Gesamtzahl an Worten pro Bericht gewichtet und mit 1.000 multipliziert. So kann der Indikator als Anzahl an KI-Begriffen pro 1.000 Wörter je Geschäftsbericht interpretiert werden. Anschließend wird das arithmetische Mittel der KI-Begriffe pro 1.000 Wörter aller Geschäftsberichte der DAX-30-Unternehmen gebildet. Die Anzahl an KI-Begriffen pro 1.000 Wörtern in den Geschäftsberichten der DAX-30-Unternehmen lag 2018 im Mittel bei 1,6 und im Jahr 2019 bei 1,5 pro 1.000 Wörtern (Abbildung 3-11).



### 3.2.4 KI-Patentanmeldungen

Um die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit vor allem der Wirtschaft im Bereich KI zu analysieren, wird die Anzahl der Patentanmeldungen als Indikator für den KI-Index berücksichtigt. Unternehmen, aber auch Forschungsinstitutionen, koppeln ihre Innovationen oft an Schutzinstrumente wie Patente, um eine exklusive Verwertung sicherzustellen. Eine positive Entwicklung der Anzahl der Patentanmeldungen beeinflusst die Wettbewerbsfähigkeit einer Ökonomie tendenziell positiv. Je mehr KI-Patente in Deutschland angemeldet werden, desto positiver ist das für den KI-Standort Deutschland.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass zumindest im europäischen Raum der Patentierbarkeit von KI-Technologien enge Grenzen gesetzt werden. So ist entgegen der Praxis zur Patentierbarkeit in den USA eine Software üblicherweise nicht patentierbar, sondern fällt unter den Schutzbegriff des Urheberrechts. Eine wesentliche Voraussetzung für die Patentierbarkeit von Software im europäischen Raum ist ein gewisser Grad der Technizität.<sup>40</sup> Das heißt, wenn eine Software – also zum Beispiel ein KI-System – einen technischen Effekt auslöst, so kann die Software Patentschutz genießen. Ein typisches Beispiel für eine solche Software ist das ABS-System in Fahrzeugen, wobei eine Steuerungssoftware das Blockieren der Räder beim Bremsen durch eine Reduzierung des Bremsdrucks (technischer Effekt) verhindert. Besteht eine Software hingegen aus bloßem Programmcode ohne Technizität, so ist lediglich urheberrechtlicher Schutz möglich.<sup>41</sup>

<sup>40</sup> Dreier/Meyer-van Raay, 2011.

<sup>41</sup> Dreier/Meyer-van Raay, 2011.

Verschiedene Studien zeigen Möglichkeiten auf, wie KI-Technologien in den Patentanmeldungen identifiziert werden können.<sup>42</sup> Grundsätzlich gilt, dass bei Patentanmeldungen aufgrund der Pflicht zur Offenlegung der Patentinformation innerhalb von 18 Monaten ein zeitlicher Verzug auftritt. Für den KI-Index 2020 werden deshalb die Jahre 2016 und 2017 betrachtet.

Für die Berechnung dieses Indikators werden zunächst potenzielle KI-Patentanmeldungen über die CPC-Klassifikationen anhand einer Liste des European Patent Office (EPO, 2017) identifiziert. Bei den CPC (Cooperative Patent Classification)-Klassen handelt es sich – ähnlich zu den IPC (International Patent Classification)-Klassen – um eine Konkordanz, die zusammengehörige Technologien erkennt. So gehören beispielsweise Patente der CPC-Klasse G zu dem Bereich „Physics“. Weitere Unterteilungen (z. B. G09 = Instruments) ermöglichen dabei, dass Patente einzelnen Technologien zugeordnet werden können.

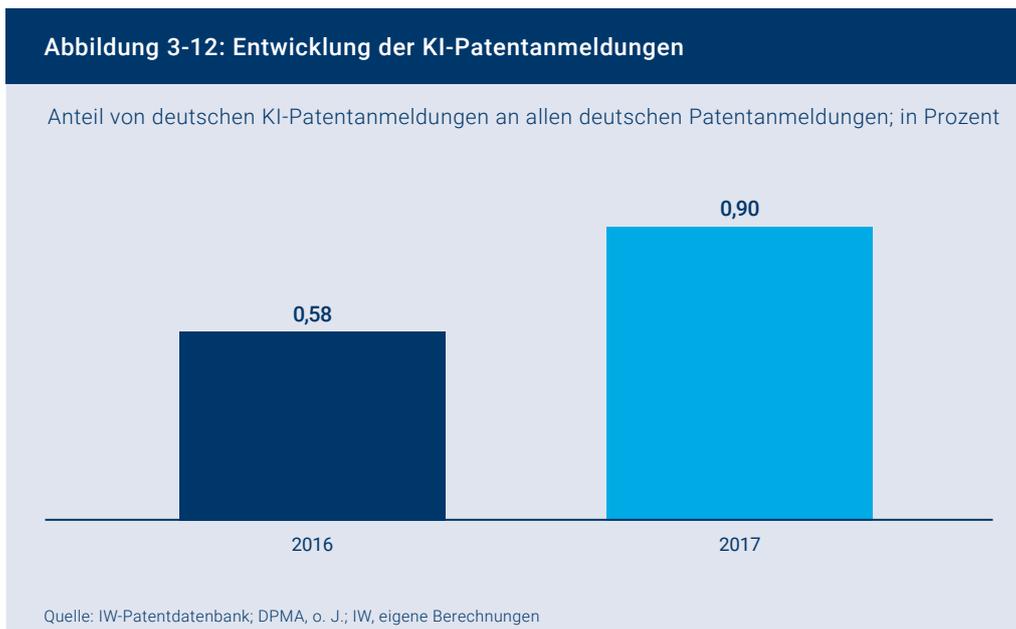
Dabei werden ausschließlich Patentanmeldungen beim Deutschen Patent- und Markenamt für den KI-Index betrachtet. Jedes Patent ist mindestens einer CPC-Klasse zugewiesen. Insgesamt identifiziert das EPO 401 CPC-Klassen, die potenziell KI-Technologien zugewiesen werden können. Für die Jahre 2016 und 2017 wurden auf diese Weise insgesamt 933 potenzielle KI-Patentanmeldungen ermittelt. Anschließend wird in den Volltexten der Patentbeschreibungen automatisiert nach typischen KI-Begriffen, auf Basis der im Anhang aufgeführten Stichwortliste, gesucht, um den Datensatz so auf KI-Technologien im engeren Sinne einzugrenzen. Dies ist notwendig, da beispielsweise bei den CPC-Klassifikationen Sensorvorrichtungen als KI-Technologie identifiziert werden, obwohl kein algorithmenbasiertes System zum Einsatz kommt. Solche rein technischen Elemente ohne KI-Bezug werden für die KI-Patentanmeldungen nicht berücksichtigt, sodass insgesamt 629 KI-Patentanmeldungen verbleiben.

Diese 629 KI-Patentanmeldungen werden anschließend aus zwei Gründen nochmals manuell dahin gehend überprüft, ob es sich tatsächlich um KI-Technologien handelt: Erstens werden in einigen Fällen Patente als KI-Patente identifiziert, obwohl bei Betrachtung des Volltextes keine KI-Technologie im engeren Sinne beschrieben wird. Es kann beispielsweise sein, dass ein KI-Begriff (z. B. Robotic) Teil des Namens der Innovation ist, obwohl die beschriebene Technologie keinen inhaltlichen Bezug zu diesem KI-Begriff erkennen lässt. Außerdem können KI-Begriffe in einer verneinten Form vorkommen. So identifizierte beispielsweise die automatische Suche das Patent DE102017216238A1 als KI-Patent, weil der Begriff Bilderkennung im Volltext genannt wird. Allerdings heißt es im Kontext „unabhängig von einer Bilderkennung“. Auch wird in Patenten häufig auf andere Patente verwiesen, die einen KI-Begriff beinhalten, der aber nicht die im Volltext beschriebene Technologie betrifft. Zweitens wurden in einigen Fällen KI-Patentanmeldungen nicht erkannt, weil der KI-Begriff nicht in der ursprünglichen Stichwortliste enthalten war oder er eine leicht andere Ausdrucksform aufwies. Die Suchliste wurde entsprechend um weitere KI-Begriffe und alternative Ausdrucksweisen (wie „maschinelles Lernsystem“ zusätzlich zu „maschinelles Lernen“) ergänzt (siehe Anhang).

In den Index findet schließlich die relative Anzahl der Patentanmeldungen 2016 und 2017 Eingang. Dabei werden jeweils die KI-Patentanmeldungen in einem bestimmten Jahr zu allen Patentanmeldungen dieses Jahres in Beziehung gesetzt. 2016 lag die Anzahl der KI-Patentanmeldungen bei 228, im Jahr 2017 bei 354. Diese absoluten Werte wurden für den Index dann ins Verhältnis zu der Gesamtanzahl der Patentanmeldungen, die 2016 bei 39.109 und 2017 bei 39.302 lag, gesetzt. Der Anteil von KI-Patentanmeldungen an allen deutschen Patenten lag 2016 bei 0,58 Prozent und 2017 bei 0,90 Prozent (Abbildung 3-12).

---

<sup>42</sup> Europäisches Patent- und Markenamt – EPO, 2017; World Intellectual Property Organisation – WIPO, 2019.



### 3.2.5 KI in Stellenanzeigen

Dieser Indikator misst, inwiefern KI auf dem Arbeitsmarkt beziehungsweise in Stellenanzeigen resoniert. KI kann dazu führen, dass sich die Bedeutung von Berufen ändert, Berufe entstehen oder „aussterben“. Vor allem aber können sich auch die Anforderungsprofile bestehender Berufe verändern.<sup>43</sup> Sowohl das Ausmaß als auch die Geschwindigkeit dieser Veränderung beschleunigen sich durch die Digitalisierung. Diskussionen darüber, wie viele und welche Tätigkeiten oder Berufe durch KI ersetzt werden können, sind an der Tagesordnung.<sup>44</sup> Es wird angenommen, dass eine verstärkte Nachfrage der Unternehmen nach KI-relevanten Fähigkeiten auf dem Arbeitsmarkt ein Zeichen dafür ist, dass sich KI in Deutschland positiv entwickelt.

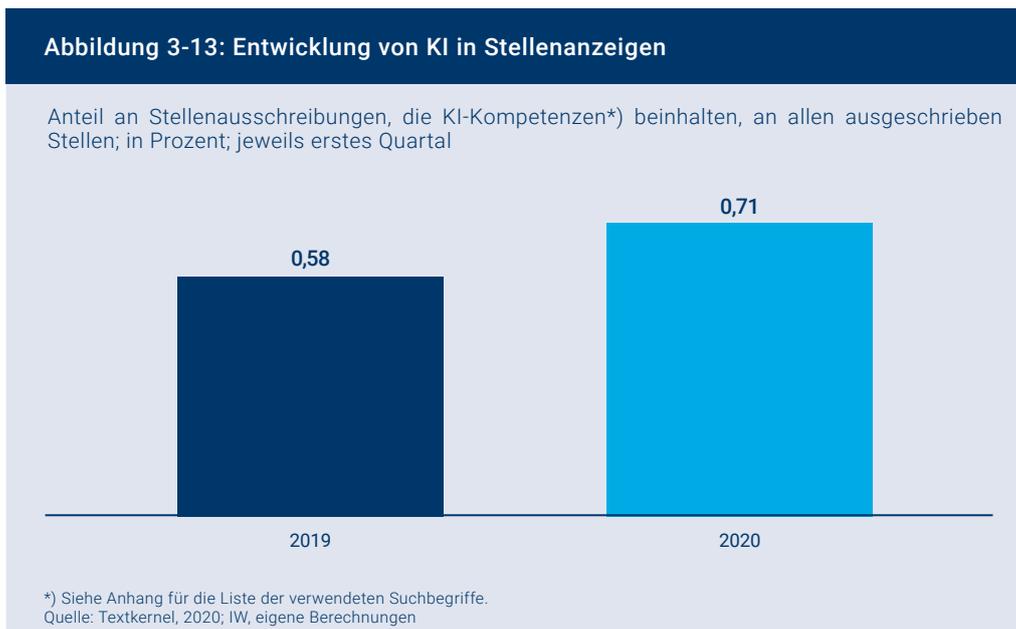
Zur Messung der Nachfrage nach KI-relevanten Fähigkeiten auf dem Arbeitsmarkt wird ein Datensatz mit allen digitalen Stellenanzeigen in Deutschland von Textkernel (2020) ausgewertet. Für das erste Quartal 2019 umfasst dieser um Duplikate bereinigte Datensatz 3,3 Millionen Stellenanzeigen, für das erste Quartal 2020 3,0 Millionen Stellenanzeigen.

Für den KI-Index wird der Anteil an Stellenausschreibungen berechnet, in denen KI-Kompetenzen gefordert werden. Die Suche wird über ein selbsterstelltes Wörterbuch durchgeführt, das Berufsbezeichnungen gängiger KI-Berufe enthält. Dieses Wörterbuch wird über ein iteratives Verfahren erstellt: Zunächst wird mit Hilfe einschlägiger Literatur eine Liste von Berufsbezeichnungen zusammengestellt und im Datensatz nach entsprechenden Stellenanzeigen gesucht. Darauf aufbauend werden aus den jeweiligen Volltexten der Ausschreibungen KI-spezifische Fähigkeiten extrahiert, über die dann weitere KI-Berufsbezeichnungen generiert werden, falls eine der KI-spezifischen Fähigkeiten in den Volltexten als Anforderung gelistet wird. Das finale Wörterbuch für die KI-Stellenausschreibungen ist das Ergebnis mehrfacher Wiederholungen dieses Prozesses und wiederholter manueller Validierung (siehe Anhang).

Für das erste Quartal 2019 werden so 18.934 Ausschreibungen identifiziert, in welchen KI-Kompetenzen gefordert werden. Für das erste Quartal 2020 liegt dieser Wert bei 21.608 Ausschreibungen. Für den KI-Index werden diese absoluten Werte mit der Gesamtzahl aller ausgeschriebenen Stellen (3.247.811 Stellen im Jahr 2019 und 3.010.533 Stellen im Jahr 2020) ins Verhältnis gesetzt. Der Anteil an Stellenausschreibungen, die KI-Kompetenzen beinhalten, an allen ausgeschriebenen Stellen beträgt 0,58 Prozent im Jahr 2019 und 0,71 Prozent im Jahr 2020 (Abbildung 3-13).

<sup>43</sup> Siehe beispielsweise Bonin et al., 2015; Frey/Osborne, 2017; Gregory et al., 2019.

<sup>44</sup> Precht, 2020.



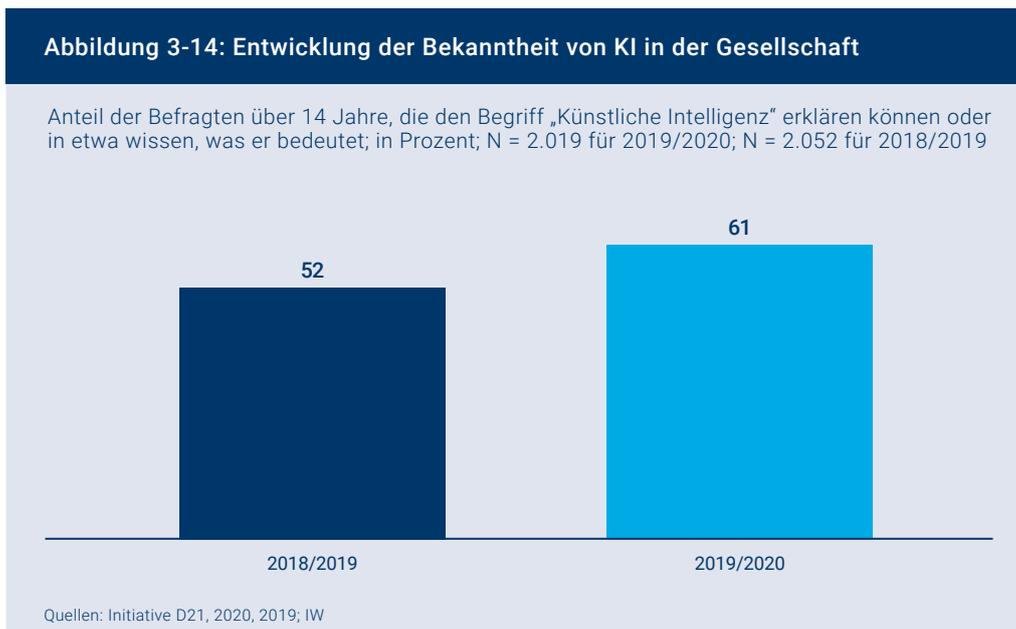
### 3.3 Kategorie Gesellschaft

KI wird öffentlich stark diskutiert und findet deshalb und auch wegen seiner zahlreichen gesellschaftlich relevanten Anwendungen in der Gesellschaft Widerhall. Daher fokussiert die dritte Kategorie des KI-Index auf die gesellschaftliche Komponente von KI, insbesondere auf die Bekanntheit und Akzeptanz der Technologie, die teilweise in den Medien widergespiegelt wird. Die grundlegende Annahme ist, dass eine langfristige und breite wirtschaftliche Anwendung von KI von einer Akzeptanz dieser Technologie in der Gesellschaft getragen sein muss. Laut einer Studie ist es für die Entwicklung von KI in Deutschland sogar ausschlaggebend, wie offen und konstruktiv kritisch alle Teile der Gesellschaft den Potenzialen und Risiken der KI gegenüberstehen.<sup>45</sup> Insgesamt gehen vier Indikatoren in diese Indekskategorie ein. Sie betrachten sowohl die Wahrnehmung von KI in der Online- als auch in der Offlinewelt.

#### 3.3.1 Bekanntheit von KI in der Gesellschaft

Ganz grundsätzlich bietet sich zur Messung der Relevanz und Resonanz von KI in der Gesellschaft an, abzufragen, inwiefern die Begrifflichkeit KI überhaupt bekannt ist und verstanden wird. Zur Messung der Bekanntheit von KI in der Gesellschaft können Daten der „Initiative 21 – Netzwerk für die Digitale Gesellschaft“ verwendet werden. Im Zuge der Gesellschaftsstudie D21-Digital-Index werden jährlich um die 20.000 Bundesbürger ab 14 Jahren zu Digitalthemen befragt. In einer vertieften Befragung wurden mehr als 2.000 Bundesbürger gefragt, ob sie den Begriff der Künstlichen Intelligenz erklären können oder in etwa wissen, was er bedeutet (Abbildung 3-14). Das Antwortverhalten auf diese Frage approximiert die Bekanntheit von KI in der Gesellschaft, insbesondere da auch Offliner in die Umfrage mit einbezogen werden, der Index also die „gesamte deutsche Wohnbevölkerung“ abbildet. Ein Nachteil dieser Art der Abfrage ist, dass nicht überprüft werden kann, ob die Befragten tatsächlich den Begriff kennen und erläutern können. Die Bekanntheit von KI in der Gesellschaft liegt in der Erhebung 2018/2019 bei 52 Prozent und 2019/2020 bei 61 Prozent, ist also um 9 Prozentpunkte gestiegen.

<sup>45</sup> Groth/Straube, 2019b.



Im Rahmen des KI-Monitors wird davon ausgegangen, dass ein höherer Bekanntheitsgrad positiv auf den KI-Index einwirkt. Je bekannter und präsenter KI in der Gesellschaft ist, desto mehr Akzeptanz in der Gesellschaft ist auch möglich. Akzeptanz wiederum ist die Grundlage für eine erhöhte Nachfrage nach KI-basierten Produkten und Serviceleistungen, was wiederum das Angebot steigert und damit die KI-Wirtschaft beflügelt.<sup>46</sup>

### 3.3.2 KI auf Twitter

Ein relevanter Resonanzraum der öffentlichen Diskussion sind soziale Medien. Neben traditionellen Print- und Onlinemedien sind soziale Medien wie Twitter oder Facebook Plattformen, auf denen auch über die Chancen und Risiken von KI diskutiert werden kann. Im Jahr 2017 nutzten 57 Prozent der Deutschen soziale Medien, um Nachrichten aktiv zu verfolgen. 67 Prozent gaben an, durch soziale Medien auf Themen aufmerksam zu werden.<sup>47</sup> Auch wenn Facebook nach wie vor mit knapp 56 Prozent die größten Marktanteile bei den sozialen Medien in Deutschland innehat (Tendenz sinkend), konnte Twitter in den vergangenen Jahren an Popularität gewinnen. So konnte Twitter seinen Marktanteil in Deutschland von unter 4 Prozent im April 2019 auf knapp 10 Prozent im April 2020 erhöhen.<sup>48</sup> Diese digitalen Kommunikationsräume sind keine geschlossenen Systeme, sondern können einen direkten Einfluss auf politische Entscheidungsträger und dadurch auf die weitere Akzeptanz von KI haben.<sup>49</sup> Je positiver KI also in den sozialen Medien wahrgenommen und diskutiert wird, desto positiver kann sich KI in Deutschland entwickeln.

Da Facebook keine Daten bereitstellt und diese auch nicht automatisiert heruntergeladen werden können, werden für den Indikator der Resonanz von KI in den sozialen Medien Daten von Twitter genutzt. Als Indikator für den KI-Index geht das arithmetische Mittel der Tonalität von deutschen Tweets über KI ein.

Dafür werden alle deutschsprachigen Tweets der Jahre 2018 und 2019 zunächst automatisiert nach KI-Stichwörtern durchsucht. Abermals werden die Begriffe um reguläre Ausdrücke ergänzt, um möglichst alle relevanten Wortkombinationen zu erfassen (siehe Anhang). Der resultierende Datensatz enthält rund 340.000 Tweets. Davon wurden rund 168.000 im Jahr 2018 und 172.000 im Jahr 2019 verfasst.

<sup>46</sup> Diesen Zusammenhang vermutet auch eine Studie des Bitkom (2018).

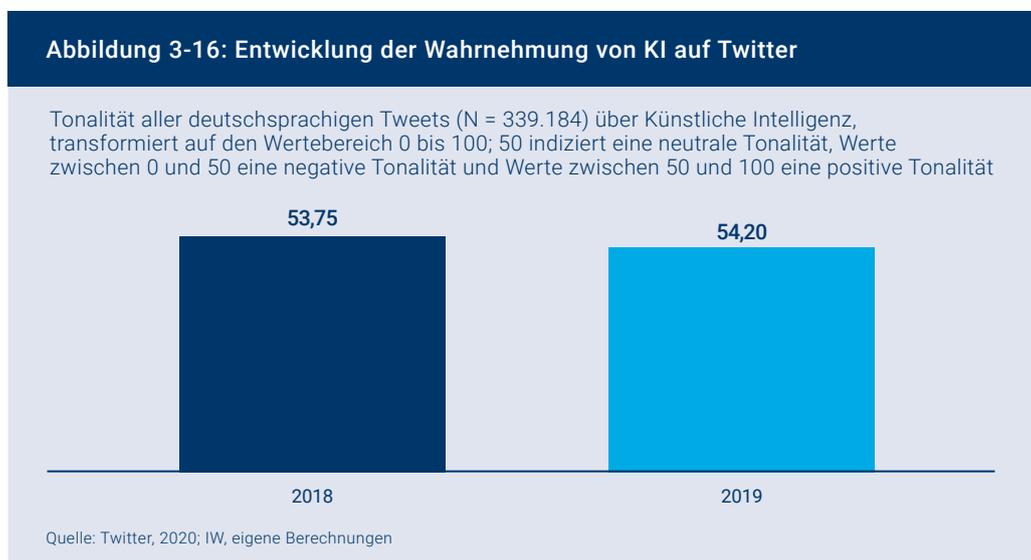
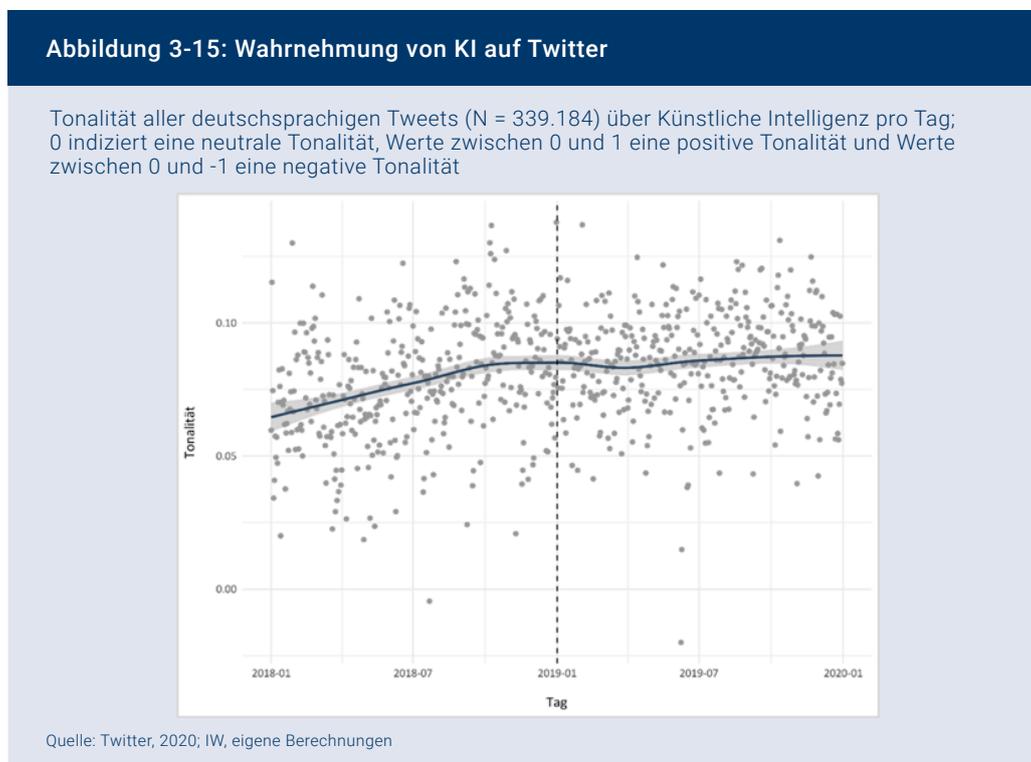
<sup>47</sup> Bitkom, 2018.

<sup>48</sup> Statista, 2020a.

<sup>49</sup> Siehe Barberá et al., 2019; Katzenbach, 2016.

Anschließend wird die Tonalität der einzelnen Tweets bestimmt, um ermitteln zu können, ob die deutschsprachige Diskussion über KI in den sozialen Medien eine steigende gesellschaftliche Akzeptanz von KI signalisiert. Die Idee ist, dass eine positivere Tonalität mit einer steigenden Akzeptanz von KI einhergehen könnte. Für deren Ermittlung wird mit Hilfe eines Tonalitätswörterbuchs der Anteil positiv behafteter Wörter im Vergleich zu dem Anteil negativ behafteter Wörter in den jeweiligen Tweets berechnet.<sup>50</sup> Je mehr der Anteil positiver Wörter den Anteil negativer Wörter in einem Tweet überwiegt, als desto positiver wird die Tonalität des Tweets bewertet.

Abbildung 3-15 zeigt die Tonalität aggregiert pro Tag über die Jahre 2018 und 2019. Die Tonalitätsskala reicht von -1 (maximal negativer Tweet) bis +1 (maximal positiver Tweet). Der Wert 0 steht für eine ausgeglichene, neutrale Tonalität. Die überwiegende Anzahl an Tweets befindet sich also im leicht positiven Bereich. Der Tonalitätswert verändert sich im Zeitverlauf nur leicht.



In den Index gehen die Jahresmittelwerte als arithmetisches Mittel der Tonalität aller Tweets ein. Um die Vergleichbarkeit der Wachstumsraten dieses Indikators, der Werte von -1 bis +1 annehmen kann, mit den anderen Wachstumsraten zu gewährleisten, werden die Werte der Tonalität mithilfe einer Min-Max -Normalisierung in den Wertebereich von 0 bis 100 transformiert. Die so ermittelte Tonalität der KI-Tweets lag bei 53,75 im Jahr 2018 und bei 54,20 im Jahr 2019 (Abbildung 3-16). Ein Wert von 0 bedeutet dabei maximal negativ und 100 maximal positiv.

### 3.3.3 KI in den Printmedien

Analog zum Indikator, der die Tonalität auf Twitter auswertet (vgl. Abschnitt 3.3.2), misst der Indikator in diesem Abschnitt die Tonalität in den Printmedien, um auch den Offline-Resonanzraum einzubeziehen. Forschungen zeigen, dass sich breite Teile der Gesellschaft über Printmedien informieren und sich über dort gelesene Inhalte ihre Meinung zu Themen bilden.<sup>51</sup> Der Indikator quantifiziert, wie KI in den Printmedien dargestellt wird, um das Meinungsbild in der Gesellschaft zu adressieren. Würde eine breite gesellschaftliche Abneigung oder Angst gegenüber KI bestehen, würde dies einer weiteren Anwendung von KI in der Wirtschaft im Wege stehen, da die Akzeptanz fehlen würde. Je positiver KI also in den Printmedien dargestellt und diskutiert wird, desto positiver ist dies für die Entwicklung der KI in Deutschland.

In die Berechnung des Indikators gehen die Artikel aus den Zeitungen Bild, Die Welt und Handelsblatt ein und damit drei der fünf auflagenstärksten Tageszeitungen in Deutschland.<sup>52</sup> Aus technischen Gründen werden die jeweiligen Onlineausgaben genutzt, was für diese Zeitungen praktisch gut realisierbar ist. In einem ersten Schritt werden alle Zeitungsartikel aus den Jahren 2018 und 2019 automatisiert nach KI-Stichwörtern durchsucht (siehe Anhang). Für das Jahr 2018 besteht der gesamte Zeitungskorpus aus 137.135 und für das Jahr 2019 aus 136.821 Artikeln. Aus der Suche resultieren 582 KI-Zeitungsartikel im Jahr 2018 und 550 im Jahr 2019, in denen jeweils mindestens zwei Wörter des Wörterbuchs vorkommen. Schließlich wird das arithmetische Mittel der Tonalität dieser Artikel gemäß dem Vorgehen unter 3.3.2 berechnet.

Die Entwicklung der Tonalität über die Jahre 2018 und 2019 ist in Abbildung 3-17 dargestellt. Die Tonalitätsskala reicht wie im vorangegangenen Abschnitt von -1 (maximal negative Tonalität) bis +1 (maximal positive Tonalität). Der Wert 0 stellt für eine ausgeglichene, neutrale Tonalität. Die überwiegende Anzahl der Zeitungsartikel in den beiden Jahren 2018 und 2019 wurde neutral verfasst.

In den Index geht schließlich die Tonalität der Jahre 2018 und 2019 ein. Wie der Indikator der KI-Tonalität auf Twitter wurden die Werte mithilfe der Min-Max-Normalisierung auf die Skala 0 bis 100 transformiert, um die Vergleichbarkeit der Wachstumsraten zu ermöglichen. Die Berechnungen ergeben für 2018 eine normierte Tonalität von 50,69 und für 2019 eine von 50,66 (Abbildung 3-18). Die Tonalität ist also in beiden Jahren im Schnitt leicht positiv, mit einer kleinen Verschlechterung.

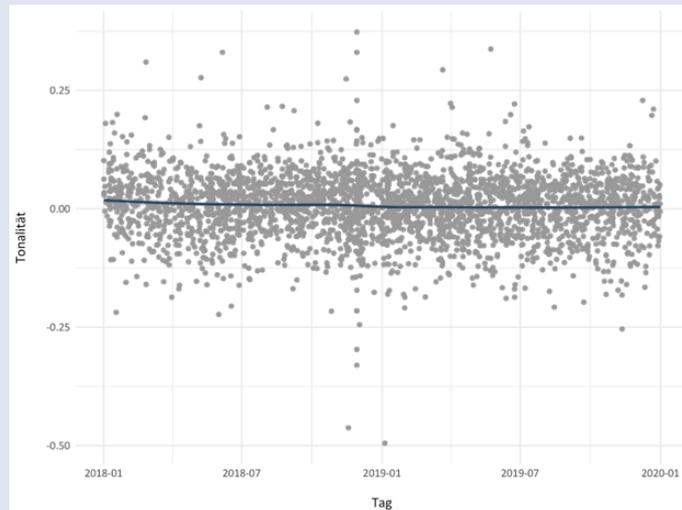
---

<sup>51</sup> Adoni et al., 2015; van der Wurff et al., 2018; Kantar, 2019.

<sup>52</sup> Statista, 2020b.

**Abbildung 3-17: Darstellung von KI in den Printmedien**

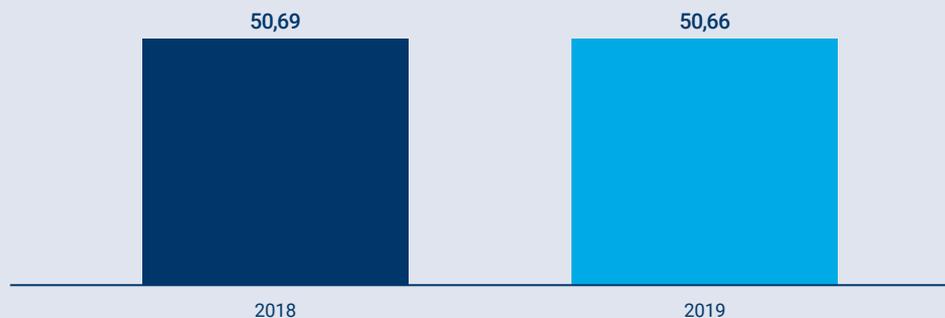
Tonalität der Zeitungsartikel (N = 1.132) über Künstliche Intelligenz in Bild, Die Welt und Handelsblatt; 0 indiziert eine neutrale Tonalität, Werte zwischen 0 und 1 eine positive Tonalität und Werte zwischen 0 und -1 eine negative Tonalität



Quellen: Bild, 2020; Die Welt, 2020; Handelsblatt, 2020; IW, eigene Berechnungen

**Abbildung 3-18: Entwicklung der Darstellung von KI in den Printmedien**

Tonalität der Zeitungsartikel (N = 1.132) über Künstliche Intelligenz in Bild, Die Welt und Handelsblatt, transformiert auf den Wertebereich 0 bis 100; 50 indiziert eine neutrale Tonalität, Werte zwischen 0 und 50 eine negative Tonalität und Werte zwischen 50 und 100 eine positive Tonalität



Quellen: Bild, 2020; Die Welt, 2020; Handelsblatt, 2020; IW, eigene Berechnungen

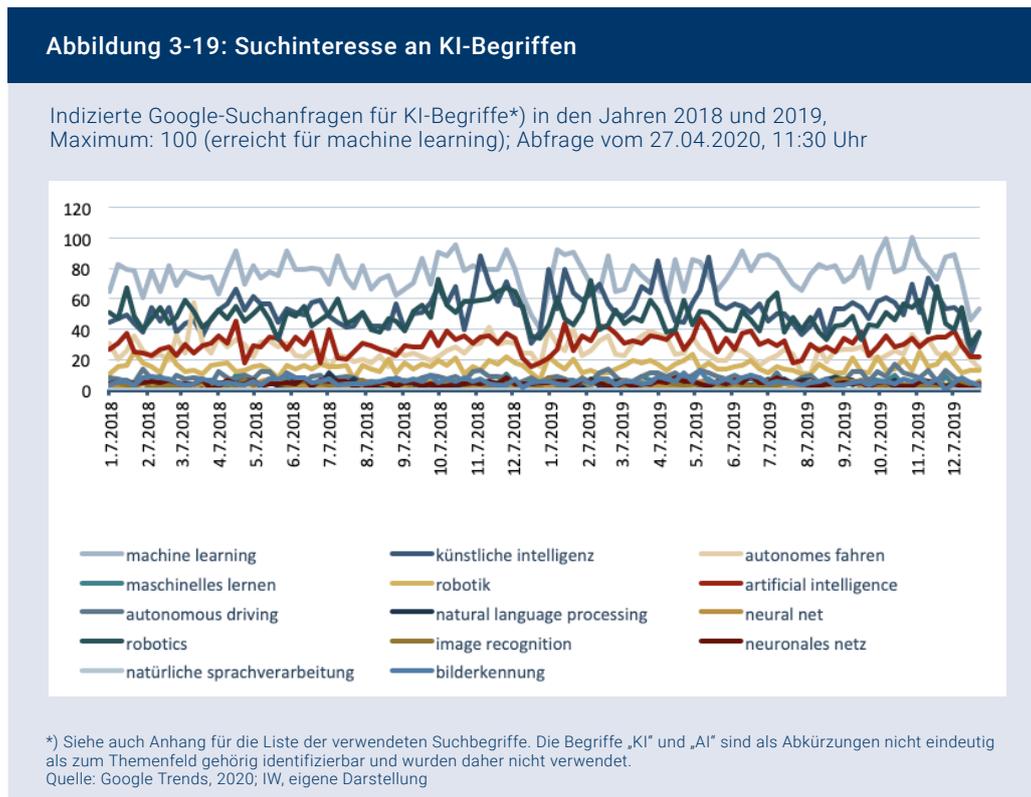
### 3.3.4 Google-Suchinteresse an KI

Ein weiterer Indikator, der KI in der Gesellschaft abbildet, ist das Google-Suchinteresse an KI-Begriffen in Deutschland. Allgemein erfolgt die Informationsbeschaffung zu neuen, aber auch zu bekannten Themen schwerpunktmäßig online. Insbesondere um sich einen Überblick über ein Thema zu verschaffen, nutzen viele Menschen Internetsuchmaschinen. Google hat dabei einen Marktanteil von 89 Prozent bei der Desktopsuche und 98 Prozent bei der mobilen Suche in Deutschland.<sup>53</sup>

Eine Analyse der Google-Suchanfragen zu Begriffen der KI kann daher Aufschluss über das Interesse der Bevölkerung an KI geben. Google Trends ist im vergangenen Jahrzehnt zu einem beliebten Tool für ökonomische Analysen avanciert, wird aber auch in anderen wissenschaftlichen Disziplinen häufig genutzt, da es oft gerade dort Daten bietet, wo Umfragedaten oder aktuelle Daten aus unterschiedlichen Gründen entweder nicht vorhanden oder nicht aussagekräftig

<sup>53</sup> im Februar 2020; Statcounter, 2020.

sind.<sup>54</sup> Ein Vorteil der Analyse von Google-Suchanfragen ist, dass diese nicht in großem Umfang gefälscht werden können. Anders ist das in Umfragen, wo vermeintlich gewünschte Antworten leicht gegeben werden können, ohne dass sie stimmen müssen. Ein Nachteil der Google-Analysen ist, dass sie nur Online-Suchabfragen abdecken können. Ein Interesse an einem Thema, das sich außerhalb von Google etwa in persönlichen Gesprächen mit Bekannten äußert, kann so nicht gemessen werden. Zudem sind in der letzten Zeit Unstimmigkeiten bei den Daten insbesondere bei kurzfristigen Analysezeiträumen von weniger als acht Monaten aufgetreten.<sup>55</sup> Da die für den KI-Index vorgenommene Analyse 24 Monate in den Blick nimmt und weitere Vorkehrungen zur Sicherung der Datenqualität unternommen wurden (siehe im Folgenden), sind die Google-Trends-Daten ein valider Indikator im Zusammenhang mit dem KI-Index.



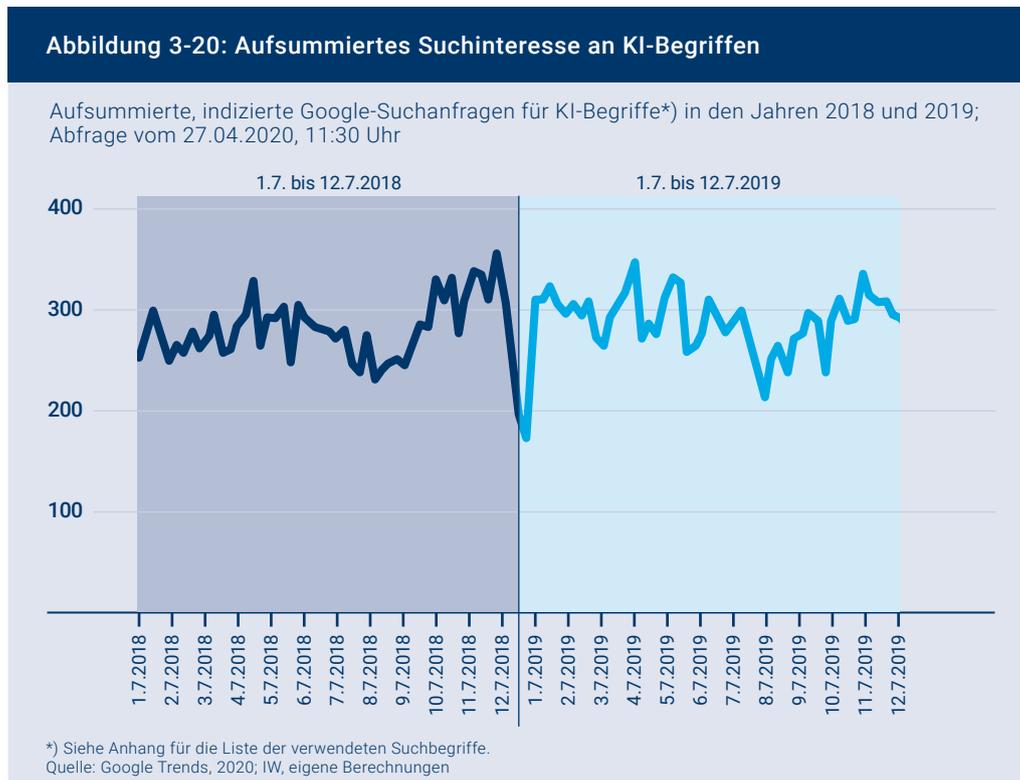
Es wird angenommen, dass ein steigendes Suchinteresse an KI-Begriffen positiv auf den KI-Index einwirkt. Der Einwand, dass Menschen bestimmte Begrifflichkeiten nicht mehr bei Google suchen, wenn sie sich damit bereits auskennen und deshalb auch ein gegenläufiger Effekt auf den Index denkbar wäre, ist damit zu entkräften, dass noch 2019 nur gut die Hälfte der Menschen in Deutschland überhaupt wusste, was KI bedeutet (Abschnitt 3.3.1). Es ist deshalb davon auszugehen, dass ein gesteigertes Suchinteresse auch ein wachsendes KI-Bekanntheitsniveau abbildet. Dabei wird jedoch nicht offensichtlich, weshalb die Menschen nach der Begrifflichkeit suchen oder auch, mit welcher Tonalität. Um die Bekanntheit von KI widerzuspiegeln, eignen sich die Google-Suchanfragen dennoch. Unabhängig von den Gründen der Suche ermöglicht die Suche eine Information zum Thema, die grundsätzlich positiv zu bewerten ist.

Wie bei anderen Indikatoren des KI-Index, die die Nennung von KI-Begrifflichkeiten analysieren, wurde beim Google-Suchinteresse nicht nur auf das Suchinteresse nach dem Begriff „Künstliche Intelligenz“ selbst abgestellt, sondern die bereits in Abschnitt 3.1.2 verwendete Liste der KI-Suchwörter genutzt (siehe Anhang). Abbildung 3-19 zeigt das jeweilige indizierte Google-Suchinteresse an diesen 14 Begriffen im Zeitraum von 2018 bis einschließlich 2019. Die Daten zeigen die Gesamtsuchanfragen für die Begriffe relativ zum Maximum der Anfragen in diesem Zeitraum (100). Der Maximalwert von 100 wird in diesem Zeitraum für den

<sup>54</sup> Engels, 2016; Carrière-Swallow/Labbé, 2013; Mavragani et al., 2018.  
<sup>55</sup> Behnen et al., 2020.

Begriff „machine learning“ erreicht. Das Suchinteresse für alle anderen Begriffe wird also relativ zum Interesse an „machine learning“ berechnet.

Abbildung 3-20 zeigt das aufsummierte, indizierte Google-Suchinteresse an den oben genannten 14 Begriffen im Zeitraum 2018 und 2019. Die Einbrüche der Suchanfragen jeweils zum Jahresende könnten auf die Weihnachtszeit zurückzuführen sein.



Für die Berechnung der in den Index eingehenden Daten wird die Analyse noch weitergeführt. Da Google Trends pro Abfrage jeweils eine Stichprobe der Gesamtsuchanfragen zieht und die Ergebnisse je nach Stichprobe variieren können, werden mehrere Abfragen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit entsprechend unterschiedlichen Stichproben in die Analyse einbezogen. Letztendlich wurden die Durchschnittswerte aus zehn Abfragen vom 27.04.2020 und 29.04.2020 gebildet (Tabelle 3-1). Dies soll Verzerrungen aufgrund der unterschiedlichen Stichproben vorbeugen.

**Tabelle 3-1: Aufsummiertes Suchinteresse an KI-Begriffen mit unterschiedlichen Abfragen**

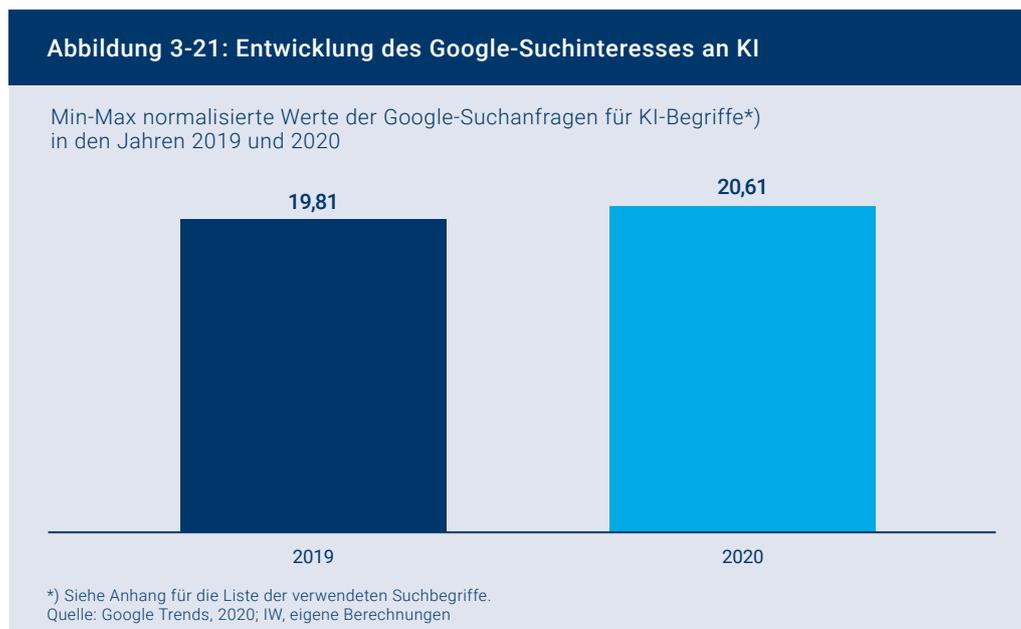
Aufsummierte, indizierte Google-Suchanfragen für die KI-Begriffe\*) in den Jahren 2018 und 2019; unterschiedliche Abfragen am 27.04. und 29.04.2020

	2018	2019
Abfrage 1	278,31	285,77
Abfrage 2	281,19	292,90
Abfrage 3	281,19	293,08
Abfrage 4	281,00	293,23
Abfrage 5	280,88	293,31
Abfrage 6	264,71	278,17
Abfrage 7	278,29	285,44
Abfrage 8	281,19	292,90
Abfrage 9	281,19	293,08
Abfrage 10	280,88	293,31
Durchschnitt	278,88	290,12

\*) Siehe Anhang für die Liste der verwendeten Suchbegriffe.  
Quelle: Google Trends, 2020; IW, eigene Berechnungen

Als Indikatorwerte werden die Jahresdurchschnitte des so gemittelten, aufsummierten und indizierten Suchinteresses verwendet (unterste Zeile der Tabelle). Im Jahr 2018 liegt der Durchschnittswert bei 278,88 und im Jahr 2019 beträgt er 290,12.

Um die Veränderung zwischen den beiden Jahren zu errechnen, werden diese Werte mithilfe einer Min-Max-Normalisierung auf den möglichen Wertebereich des Suchinteresses normalisiert, der zwischen 1,92 und 1.400 liegt. 1,92 ergibt sich, weil angenommen wird, dass mindestens einer der 14 Begriffe in zumindest einer Woche im entsprechenden Zeitraum gesucht wird, da von Google Trends ansonsten keine Daten angezeigt werden würden. Wird nach einem Begriff nur in einer Woche gesucht, während nach allen anderen Begriffen gar nicht gesucht wird, dann erhält der gesuchte Begriff in einer Woche den Wert 100, während die Werte für alle anderen Wochen (inklusive der jeweiligen Wochen für die anderen 13 Begriffe) 0 ist. Die Summe der Werte für das entsprechende Jahr ist somit ebenfalls 100. Pro Woche ergibt sich daraus im Durchschnitt ein Wert von 1,92. 1.400 wird nur dann erreicht, wenn alle 14 Begriffe in jeder Woche des betrachteten Jahres gleich oft gesucht werden. Die so normalisierten Werte betragen 19,81 für 2018 und 20,61 für 2019 (Abbildung 3-21). Der Einfluss dieser Normalisierung auf die Wachstumsrate ist jedoch gering: Mit und ohne Normalisierung liegt diese jeweils bei 4 Prozent.



## 4 Ergebnisse des KI-Index

Basierend auf den Indikatoren der Kategorien Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft wird der KI-Index für das Jahr 2020 berechnet (Abbildung 4-1). Der Indexwert für das Jahr 2019 wird auf 100 normiert, um die Entwicklung der Künstlichen Intelligenz in Deutschland im Vergleich zu diesem Basisjahr darstellen zu können.

**Der KI-Index für das Jahr 2020 beträgt 107,85 Punkte und steigt somit im Vergleich zum Vorjahr um fast acht Prozent.**

Zu diesem Anstieg tragen die drei Kategorien, welche gleichgewichtet in den Gesamtindex eingehen, in unterschiedlichem Maße bei. Die Kategorie Rahmenbedingungen führt im Vergleich zu 2019 zu einem Rückgang des Gesamtindex um 0,4 Punkte. Die Kategorien Gesellschaft (+ 1,85 Punkte) und Wirtschaft (+ 6,39 Punkte) legen hingegen im Vergleich zum Vorjahr deutlich zu. Der Anstieg des Index ist somit vor allem auf den positiven Beitrag der Wirtschaft von mehr als sechs Punkten zurückzuführen. Die Wirtschaft tritt als Treiber von KI in Deutschland auf.



Die in Abbildung 4-1 dargestellten Beiträge der einzelnen Kategorien zum Index basieren auf einer Aggregation der Indikatoren in den jeweiligen Kategorien. Somit bilden die Beiträge der Kategorien die zusammengefasste Entwicklung der Indikatoren ab. Für eine tiefere Diskussion der KI-Entwicklung in Deutschland und die Ableitung von Handlungsempfehlungen werden die Entwicklungen innerhalb der Kategorien im Folgenden näher analysiert.

### 4.1 Entwicklungen bei den Rahmenbedingungen

Wie bereits in Abbildung 4-1: KI-Index in Deutschland 2019 und 2020 sowie Beitrag der Kategorien zur Veränderung des Index-Wertes dargestellt, liefert die Kategorie Rahmenbedingungen als einzige einen negativen Beitrag zur Entwicklung des KI-Index. Die Kategorie selbst verzeichnete 2020 eine Differenz zum Vorjahr von -1,16 Punkten (Tabelle 4-1). Gewichtet mit einem Drittel (als eine von drei Kategorien) ergibt sich die Änderung um -0,39 Punkte für den KI-Index 2020 gegenüber 2019.

Der Rückgang um 1,16 Punkte deutet keine schwerwiegende, sondern eine leichte Veränderung in dieser Kategorie an. Werden jedoch die einzelnen Indikatoren betrachtet, wird deutlich, dass sich diese mitunter sehr stark verändert haben. Die gegensätzlichen Bewegungen der Indikatoren führen im Aggregat zu einer moderaten Gesamtveränderung. Manche Rahmenbedingungen verbessern sich demnach stark, andere verschlechtern sich stark.

**Tabelle 4-1: Veränderung der Indikatoren in der Kategorie Rahmenbedingungen zwischen 2019 und 2020**

	Veränderung des Index 2020 im Vergleich zum Index 2019 (in Prozent)	Gewichtung innerhalb der Kategorie	Gewichtete Veränderung (in Prozent)
Digitale Infrastruktur	+23,38	1/5	+4,68
KI in Bundestagsprotokollen	-25,86	1/5	-5,17
Informatikabsolventen	+2,69	1/5	+0,54
Wissenschaftliche KI-Publikationen	+10,19	1/5	+2,04
Kooperationen zwischen KI-Forschung und Unternehmen	-16,23	1/5	-3,25
	<b>Summe:</b>	<b>1</b>	<b>-1,16</b>
<b>Gewichtung der Kategorie Rahmenbedingungen im KI-Index: 1/3</b>		<b>Wert für KI-Index 2020:</b>	<b>-0,39</b>

Quelle: IW, eigene Berechnungen

#### • Digitale Infrastruktur

Die Entwicklung der digitalen Infrastruktur gemessen an der Breitbandverfügbarkeit ist in dem betrachteten Zeitraum positiv zu bewerten. Die Fortschritte sind deutlich, das Wachstum beträgt 23,4 Prozent. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass diese Entwicklung regional unterschiedlich verläuft und es nach wie vor zahlreiche „weiße Flecken“ gibt. Diese Gebiete mit schlechter Breitbandverfügbarkeit verzeichnen erhebliche Nachteile in Bezug auf die Verbreitung von KI. Regional differenzierte Analysen zeigen, dass vor allem im Osten Deutschlands und in ländlichen Räumen ein schneller Zugang zum Internet eine Herausforderung darstellt.<sup>56</sup> Diese regionalen Disparitäten in der Ausstattung mit digitaler Infrastruktur werden unvermeidlich auch zu regionalen Disparitäten hinsichtlich der Verbreitung von KI führen. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund von KI als zukunftsweisender Technologie, welche die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen erhalten oder auch steigern kann, eine große Herausforderung.

#### • KI in Bundestagsprotokollen

Der Anteil von KI-Begriffen in Reden von Politikern im Deutschen Bundestag ist 2019 im Vergleich zu 2018 um 25,9 Prozent zurückgegangen. Dies könnte vermuten lassen, dass KI in der Politik eine abnehmende Rolle spielt. Allerdings können bei diesem Indikator spezifische Ereignisse einen deutlichen Einfluss haben. Im Jahr 2018 könnten zum Beispiel die Einrichtung der Enquete-Kommission „Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche Potenziale“ durch den Bundestag und die KI-Strategie der Bundesregierung bewirkt haben, dass KI besonders oft in Reden genannt wurde. Ein aussagekräftiger Trend kann daher nur über einen längeren Zeitraum bestimmt werden. Betrachtet man den Anteil aller Sitzungstage des Bundestages, an welchen ein Thema mit KI-Bezug in einer Rede erwähnt wurde, zeigt sich, dass im Jahr 2018 an 64 Prozent der Sitzungstagen KI diskutiert wurde. Im Jahr 2019 spielte KI sogar an 74 Prozent aller Sitzungstagen eine Rolle. Das zeigt, dass Diskussionen über KI im Bundestag in der Breite durchaus zugenommen haben. Weiterführende Erkenntnisse versprechen die Auswertungen der Folgejahre.

<sup>56</sup> Demary et al., 2019.

- **Informatikabsolventen**

Die Anzahl bestandener Abschlussprüfungen im Fachbereich Informatik stieg von 2017 auf 2018 um rund 2,7 Prozent. Insgesamt konnten 2018 somit 27.104 bestandene Abschlussprüfungen und damit 710 Absolventen mehr als 2017 verzeichnet werden. Im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Fachkräften für KI haben sich die Rahmenbedingungen somit verbessert. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der Entwicklung der bestandenen Abschlussprüfungen aller Fachbereiche bemerkenswert, weil die Absolventenzahl von 2017 auf 2018 leicht um 0,6 Prozent gesunken ist.<sup>57</sup> Die Informatik als eine für KI wichtige Fachrichtung konnte somit insgesamt an Bedeutung gewinnen, was ebenfalls eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für KI anzeigt.

- **Wissenschaftliche KI-Publikationen**

Der Anteil von KI-Publikationen an allen deutschen Publikationen ist von 2018 auf 2019 um 10,2 Prozent gestiegen. Die wissenschaftliche KI-Publikationsaktivität in Deutschland stieg somit überproportional im Vergleich zur gesamten Publikationsaktivität in Deutschland. Der absolute Anstieg der KI-Publikationen von Wissenschaftlern an deutschen Institutionen beträgt sogar fast 20 Prozent (5.653 KI-Publikationen im Jahr 2018 und 6.748 im Jahr 2019). Diese Werte zeigen, dass das Forschen über und mit KI beziehungsweise die auf Basis dessen entstehenden Publikationen eine steigende Bedeutung in Deutschland einnehmen. In der jüngsten Vergangenheit wurden diverse Forschungsprojekte aufgesetzt, so dass sich dieser Trend auch in den nächsten Jahren fortsetzen dürfte.

- **Kooperationen zwischen KI-Forschung und Unternehmen**

Der Rückgang im Bereich der Kooperationen zwischen Forschung und Unternehmen zwischen 2018 und 2019 beträgt 16,2 Prozent. Das bedeutet, dass Spillover aus der Wissenschaft auf die Unternehmen abgenommen haben. Hintergründe dieser Entwicklung können vielseitig sein. Unter anderem könnte dieser Rückgang darauf zurückzuführen sein, dass die Ergebnisse der Grundlagenforschung in der mittlerweile fortgeschritteneren unternehmerischen und angewandten Forschung eine geringe Rolle spielen und Spillover eher zu Beginn von neuen Produktlebenszyklen eine besondere Relevanz aufweisen. Andererseits könnte das Ergebnis auch andeuten, dass die Durchlässigkeit zwischen Forschung und Privatwirtschaft gesunken ist und die Bedarfe weniger eng abgestimmt werden.

In der Kategorie Rahmenbedingungen haben sich im KI-Index 2020 im Vergleich zum KI-Index 2019 insbesondere die wissenschaftlichen Publikationen und die Infrastruktur positiv entwickelt. Auch die Verfügbarkeit von Know-how gemessen an bestandenen Informatik-Abschlussprüfungen hat sich verbessert. Die Rahmenbedingungen für KI insbesondere in der Forschung haben sich somit deutlich verbessert. Die negativen Entwicklungen bei Kooperationen und die Thematisierung von KI in der Politik trüben diese positive Einschätzung. Die nachlassenden Kooperationen deuten möglicherweise an, dass Fortschritte in der KI-Forschung nicht in der Wirtschaft ankommen. Eine Schwächung dieser Verbindung könnte sich als eine große Bürde bei der Entwicklung von KI erweisen und die positiven Effekte durch verbesserte Rahmenbedingungen in anderen Bereichen schlimmstenfalls zunichtemachen.

## 4.2 Entwicklungen in der Wirtschaft

Die Indikatoren der Kategorie Wirtschaft haben den mit Abstand größten positiven Effekt auf den KI-Index 2020 (Abbildung 4-1). Sie stiegen im Vergleich zu 2019 in Summe um mehr als 19 Punkte (Tabelle 4-2). Gewichtet mit 1/3 ergibt sich die Zunahme um 6,39 Punkte für den Index. Diese beachtliche Gesamtveränderung ist auf den deutlichen Anstieg von drei der fünf einfließenden Indikatoren zurückzuführen. Zwei Indikatoren entwickelten sich leicht negativ. Insgesamt deuten die Ergebnisse somit auf ein verstärktes unternehmerisches Interesse an KI sowie den verstärkten Einsatz von KI in Unternehmen hin.

---

<sup>57</sup> Eigene Berechnung basierend auf Statistisches Bundesamt, 2019.

**Tabelle 4-2: Veränderung der Indikatoren in der Kategorie Wirtschaft zwischen 2019 und 2020**

	Veränderung des Index 2020 im Vergleich zum Index 2019 (in Prozent)	Gewichtung innerhalb der Kategorie	Gewichtete Veränderung (in Prozent)
Einschätzung der Bedeutung von KI durch Unternehmen	-1,98	1/5	-0,40
Einsatz von KI in Unternehmen	+27,15	1/5	+5,43
KI in Geschäftsberichten	-6,17	1/5	-1,23
KI-Patentanmeldungen	+54,50	1/5	+10,90
KI in Stellenanzeigen	+22,41	1/5	+4,48
	<b>Summe:</b>	<b>1</b>	<b>+19,18</b>
<b>Gewichtung der Kategorie Wirtschaft im KI-Index: 1/3</b>		<b>Wert für KI-Index 2020:</b>	<b>+6,39</b>

Quelle: IW, eigene Berechnungen

#### • Einschätzung der Bedeutung von KI durch Unternehmen

Die Einschätzung der Bedeutung von KI für die deutsche Volkswirtschaft ist aus Sicht der befragten Unternehmen auf einem leicht positiven Niveau nahezu konstant geblieben. Dies zeigen die durchschnittlichen Werte von rund 63 im Jahr 2019 und 62 im Jahr 2020, die sich auf einer Skala von 0 (KI ist ausschließlich Risiko) bis 100 (KI ist ausschließlich Chance) definieren. Die deutschen Unternehmen sehen KI im Durchschnitt somit weiterhin eher als Chance denn als Risiko. Trotz dieses positiven Befundes zeigen die Daten auch, dass hier noch erhebliches Verbesserungspotenzial besteht und die Einschätzungswerte noch weit entfernt sind von dem möglichen Maximalwert. Zudem bedeutet eine positive Einschätzung der Bedeutung von KI für die gesamte deutsche Volkswirtschaft nicht automatisch, dass die Unternehmen auch für sich selbst KI als positiv einschätzen und willens sind, diese Potenziale auszuschöpfen.

#### • Einsatz von KI in Unternehmen

Der Einsatz von KI in Unternehmen ist im Betrachtungszeitraum um gut 27 Prozent gewachsen: Im Jahr 2019 gaben 10,1 Prozent der befragten Unternehmen an, KI einzusetzen. Im Jahr 2020 stieg dieser Wert auf 12,9 Prozent. Dieses Ergebnis impliziert, dass die Durchdringung von KI in den deutschen Unternehmen der Industrie und der industrienahen Dienstleistungen voranschreitet. Da die Stichprobe einige KI-affine Branchen enthält, ist das noch nicht ausgeschöpfte Potenzial weiterhin erheblich.<sup>58</sup> Die Frage nach einem optimalen oder maximal gewünschten Anteil an Unternehmen, die KI einsetzen, ist jedoch nicht klar zu beantworten. Gegeben der Heterogenität der deutschen Unternehmen, ihrer Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten ist es vermutlich volkswirtschaftlich nicht effizient, dass 100 Prozent der Unternehmen in den nächsten Jahren KI einsetzen. Wesentlich höher als ein niedriger zweistelliger Wert ist der aus volkswirtschaftlicher Sicht optimale Anteil von KI anwendenden Unternehmen jedoch sicherlich schon. Der relativ niedrige Nutzungsanteil deutet auf Hemmnisse beim Einsatz von KI hin, die für Unternehmen augenscheinlich gegenwärtig noch nicht zu überwinden sind.

58 BMWi, 2020a.

- **KI in Geschäftsberichten**

Die Diskussion von KI-Themen in den Geschäftsberichten der DAX-30-Unternehmen ist im Jahr 2019 gegenüber 2018 um 6,2 Prozent zurückgegangen. Es lässt sich aber keine Aussage darüber treffen, ob dieser Rückgang dem Umstand geschuldet ist, dass einige Unternehmen KI als so selbstverständlich ansehen, dass es keiner expliziten Erwähnung in den Geschäftsberichten bedarf, oder ob KI in den jeweiligen Unternehmen tatsächlich eine geringere Rolle gespielt hat. Der oft sehr geringe Anteil an KI-Begriffen in vielen Berichten macht dennoch deutlich, dass es bei vielen Unternehmen möglicherweise noch Steigerungspotenzial gibt, da die Chancen und Risiken von KI für das jeweilige Geschäftsmodell erheblich sein dürften.

- **KI-Patentanmeldungen**

Der Anteil von KI-Patentanmeldungen ist von 2016 auf 2017 um 54,5 Prozent gewachsen. Die darin abgebildete Innovationsaktivität im Bereich KI steigt somit. Eine Detailbetrachtung der Volltexte der identifizierten KI-Patente zeigt insbesondere eine zunehmende Bedeutung von KI im Kontext des autonomen Fahrens.

Der Indikator Patentanmeldungen ist insofern vorsichtig zu interpretieren, als Patente nichts über die Qualität einer Innovation aussagen und häufig lediglich inkrementeller Natur sind.<sup>59</sup> Darüber hinaus ist zu beachten, dass algorithmische Systeme per se in Deutschland nicht patentierbar sind, sondern lediglich in Zusammenhang mit einer technischen Innovation. Die KI-Patentanmeldungen bilden somit nur einen kleinen Teil der innovativen KI-Aktivitäten ab.

- **KI in Stellenanzeigen**

Der Anteil an Stellenausschreibungen mit KI-Bezug ist vom 1. Quartal 2019 auf das 1. Quartal 2020 um rund 22,4 Prozent gewachsen. Der Bedarf an KI-relevanten Fähigkeiten auf dem deutschen Arbeitsmarkt hat also deutlich zugenommen. Auch wenn der Anteil an Stellenausschreibungen im Bereich KI von unter einem Prozent im ersten Quartal 2020 immer noch vergleichsweise gering ist, verdeutlicht der Vergleich der vergangenen beiden Jahre dennoch einen erhöhten Fokus von Unternehmen auf die Automatisierung ihrer Arbeitsabläufe und der gewinnbringenden Nutzung stetig wachsender Datenbestände.<sup>60</sup> Für eine vollständige Betrachtung des Arbeitsmarktes wäre es überdies zielführend, auch noch die Angebotsseite des Marktes mit einzubeziehen und zu betrachten, wie viele Beschäftigte derzeit in KI-Berufen tätig sind beziehungsweise wie viele Arbeitskräfte mit KI-Kompetenzen verfügbar sind. Dazu liegen jedoch keine Zahlen vor.

Die deutschen Unternehmen haben zusammenfassend eine nahezu unveränderte leicht positive Einstellung zu KI. Von einem niedrigen Niveau im KI-Index 2019 startend hat der Einsatz von KI in den Unternehmen im KI-Index 2020 deutlich zugenommen. Ebenfalls deutlich hat der Bedarf an KI-relevanten Fähigkeiten in Stellenanzeigen zugenommen. Mit einem Anstieg um mehr als 50 Prozent trugen KI-Patentanmeldungen am stärksten zur positiven Entwicklung der Kategorie Wirtschaft im Vergleich zum KI-Index 2019 bei. Lediglich die Thematisierung von KI in den Geschäftsberichten der DAX-30-Unternehmen hat abgenommen und deutet auf weiterhin ungenutztes Potenzial hin. Insgesamt hat sich die Bedeutung von KI für die Unternehmen und die deutsche Wirtschaft als Ganzes im KI-Index 2020 im Vergleich zum KI-Index 2019 deutlich erhöht. Die Unternehmen erkennen zunehmend die Potenziale von KI und fangen an, diese zu heben.

---

<sup>59</sup> Groth/Straube, 2019a.

<sup>60</sup> Gantz et al., 2018.

### 4.3 Entwicklungen in der Gesellschaft

Auch die Kategorie Gesellschaft liefert einen positiven Beitrag zum KI-Index 2020 (Abbildung 4-1). Diese positive Entwicklung der Kategorie beruht auf einem Anstieg von drei der vier enthaltenen Indikatoren (Tabelle 4-3). Ein Indikator ist nahezu gleichgeblieben. Wird die Summe der Änderungen mit 1/3 gewichtet, ergibt sich der positive Beitrag von 1,85 Punkten zum KI-Index 2020. Die Indikatoren der Gesellschaft deuten somit auf ein gestiegenes Interesse der Bevölkerung an KI und eine insgesamt positivere Wahrnehmung hin.

**Tabelle 4-3: Veränderung der Indikatoren in der Kategorie Gesellschaft zwischen 2019 und 2020**

	Veränderung des Index 2020 im Vergleich zum Index 2019 (in Prozent)	Gewichtung innerhalb der Kategorie	Gewichtete Veränderung (in Prozent)
Bekanntheit von KI in der Gesellschaft	+17,31	1/4	+4,33
KI auf Twitter	+0,84	1/4	+0,21
KI in den Printmedien	-0,06	1/4	-0,01
Google-Suchinteresse an KI	+4,06	1/4	+1,01
	<b>Summe:</b>	<b>1</b>	<b>+5,54</b>
<b>Gewichtung der Kategorie Gesellschaft im KI-Index: 1/3</b>		<b>Wert für KI-Index 2020:</b>	<b>+1,85</b>

Quelle: IW, eigene Berechnungen

- **Bekanntheit von KI in der Gesellschaft**

Die Bekanntheit von KI ist von 2018 auf 2019 um 17,3 Prozent und damit deutlich gestiegen. Dies liegt allerdings auch daran, dass das Ausgangsniveau der Bekanntheit von KI mit einem Anteil von 52 Prozent recht gering ist. Vor dem Hintergrund, dass der Begriff schon 1956 seine erste Nennung fand und vor allem seit einem Jahrzehnt stetig durch Presse und Politik geht, kennen immer noch relativ wenige Menschen in Deutschland den Begriff.<sup>61</sup> Das Steigerungspotenzial ist somit hoch. Die Intensität der Bekanntheit, das Verständnis der KI selbst, wird vermutlich in den kommenden Jahren zunehmen: Immer mehr Menschen nutzen selbst KI oder kennen Anwendungsbeispiele.<sup>62</sup>

- **KI auf Twitter**

Das arithmetische Mittel der Tonalität der KI-Tweets ist zwischen 2018 und 2019 marginal um 0,8 Prozent gestiegen. Tendenziell ist die Diskussion über KI auf Twitter also etwas positiver geworden. Der Anstieg lässt vermuten, dass die gesellschaftliche Akzeptanz von KI in der untersuchten (digitalen) Bevölkerungsgruppe leicht angestiegen ist. Allerdings lässt sich auch vermuten, dass sich der Wert über die Zeit nur sehr langsam verändert. Hierdurch wird deutlich, dass die Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz von KI ein langwieriger Prozess ist, der durch die erfolgreiche Anwendung und Förderung von KI durch Wirtschaft und Politik begleitet werden muss.

<sup>61</sup> Norvig/Russel, 2010.

<sup>62</sup> Bitkom, 2018.

- **KI in den Printmedien**

Die Tonalität von KI-Artikeln in den Printmedien ist zwischen den Jahren 2018 und 2019 nahezu unverändert geblieben: Rechnerisch ergibt sich ein Rückgang von 0,06 Prozent. Die durchschnittliche Tonalität ist in beiden Jahren leicht positiv, aber nahe an der Grenze zur Neutralität. Es zeigt sich jedoch auch, dass es vereinzelt KI-Artikel mit einer sehr positiven, aber auch mit einer sehr negativen Tonalität gab. Für die gesellschaftliche Akzeptanz von KI ist es insbesondere wichtig, dass sich die durchschnittliche Tonalität nicht in den negativen Bereich verschlechtert.

- **Google-Suchinteresse an KI**

Das Google-Suchinteresse an KI ist zwischen 2018 und 2019 um rund 4,1 Prozent gestiegen. Dieser Anstieg ist überschaubar, zeigt aber, dass sich Menschen zunehmend über KI informieren, was grundsätzlich als positiv für die Entwicklung von KI zu werten ist. Der Indikator erlaubt jedoch nicht zu analysieren, in welchem Kontext die Menschen die KI-Begriffe suchen, ob etwa eine eher negative oder eher positive Tonalität vorliegt. Auch eine Analyse des von den Suchenden gewählten Suchergebnisses könnte wichtige Informationen liefern, da so untersucht werden könnte, in welchem Informationsraum sich die Suchenden wiederfinden, ob sie etwa eher auf wissenschaftlichen Seiten, zu sozialen Medien, zu Massenmedien mit objektiver Berichterstattung oder zu tendenziösen Medien neigen. Insgesamt verdeutlicht dieser Indikator, dass das Interesse der Menschen an KI gestiegen ist. Aussagen über die Einstellung der Suchenden zur KI und damit Rückschlüsse darauf, ob die Potenziale der KI unterstützt oder gehemmt werden, sind nicht möglich.

Im Bereich der Gesellschaft beruht die positive Entwicklung des KI-Index 2020 im Vergleich zum KI-Index 2019 vor allem auf einer gestiegenen Bekanntheit des Begriffs in der Bevölkerung sowie in geringerem Maße auf einem erhöhten Suchinteresse bei Google. Die Gesellschaft ist zu einem überwiegenden Teil zumindest oberflächlich mit KI vertraut und auch weiterhin am Thema interessiert. Die Tonalitätsanalysen in Printmedien und auf Twitter zeigen eine leicht positive Einstellung, die sich kaum verändert. Somit ist nicht von einer breiten Ablehnung von KI auszugehen, welche die Entwicklung von KI grundsätzlich hemmen würde. Allerdings ist auch keine große Offenheit erkennbar, welche die Entwicklung von KI antreiben könnte.

## 5 Handlungsempfehlungen

Um die Entwicklung, Verbreitung und Anwendung Künstlicher Intelligenz in Deutschland zu stärken, werden im Folgenden Handlungsoptionen formuliert und Empfehlungen ausgesprochen, die sich an den spezifischen Entwicklungen in den Kategorien des KI-Index orientieren.

### 5.1 Rahmenbedingungen

Die Handlungsempfehlungen in der Kategorie Rahmenbedingungen beziehen sich auf die vier durch die Indikatoren dargestellten Themenfelder digitale Infrastruktur, Politik, Humankapital und Forschung. Da die Kategorie Rahmenbedingungen die einzige ist, die die Indexentwicklung negativ beeinflusst, ist gerade hier deutlicher Handlungsbedarf zu verzeichnen. Nachfolgend werden die Handlungsempfehlungen im Feld Rahmenbedingungen für die verschiedenen Teilbereiche separat ausgewiesen und erläutert.

#### Digitale Infrastruktur

Die Entwicklung der Breitbandinfrastruktur ist zwar positiv, liegt aber auf einem im internationalen Vergleich relativ niedrigen Niveau und verschleiert weiße Flecken, die die Entwicklung von KI entscheidend hemmen, da KI nicht in der Breite der Wirtschaft und Gesellschaft angewandt werden kann. Momentan liegt Deutschland laut dem Global Competitiveness Report 2019 des Weltwirtschaftsforums nur auf Platz 72 bei der Internetverbindung über Glasfaser.<sup>63</sup> Der Breitbandausbau läuft insgesamt noch schleppend, wie auch die Antwort der Bundesregierung auf eine Kleine Anfrage der FDP offenbart.<sup>64</sup> Demnach wurden viele Fördergelder bislang nicht für den Ausbau der digitalen Infrastruktur abgerufen. Mehr als 900 Millionen Euro an sogenannten Restmitteln liegen im Sondervermögen Digitale Infrastruktur der Bundesregierung. Seit 2016 wurden lediglich rund 460 Millionen Euro ausgezahlt, um Kommunen, Gewerbegebiete oder Krankenhäuser beim Gigabit-Ausbau zu unterstützen. Im Jahr 2020 wurde bis Anfang März erst ein Fördervolumen von 33 Millionen Euro ausgezahlt. Auf das Gesamtjahr hochgerechnet hieße das, dass 2020 nur 185 Millionen Euro aus dem Förderprogramm abgefragt würden. Dabei sind die Wirkungen der Corona-Krise nicht einkalkuliert.

#### • Förderprogramm für den Ausbau der digitalen Infrastruktur anpassen

Um die digitale Infrastruktur in Deutschland zu stärken, gibt es daher mehrere Ansatzpunkte beim Förderprogramm für den Ausbau der digitalen Infrastruktur. So sollte beispielsweise das Antragsverfahren für die Fördergelder entschlackt werden. Derzeit bestehen zahlreiche bürokratische Hürden auf verschiedenen Ebenen. Außerdem sollte stärker für das Förderprogramm geworben werden. Weitere Ansatzpunkte finden sich in der Steigerung der Kapazitäten in den Bauämtern und der Baubranche selbst.

#### • Ausbau von Rechenkapazitäten fördern

Neben der Breitbandinfrastruktur ist auch ein Fokus auf den Ausbau der heimischen Rechenkapazitäten zu legen. Dieser Indikator wurde aus Gründen der Messbarkeit nicht in den Index mit aufgenommen, soll hier aber ergänzend erwähnt werden. Globale Handelskonflikte zeigen, dass die nationale Verfügbarkeit leistungsfähiger Chips und der Zugang zu Rechenleistung im eigenen Land strategisch vorteilhaft, wenn nicht sogar notwendig ist.<sup>65</sup> In diesem Rahmen spielt GAIA-X als Leuchtturmprojekt für eine europäische Cloud eine wichtige Rolle.<sup>66</sup>

---

63 Schwab, 2019, 240.

64 Deutscher Bundestag, 2020b.

65 The Economist, 2018.

66 BMWi, 2020b.

### Politik

- **Politischen Rahmen für KI adäquat setzen**

Das Setzen von politischen Rahmenbedingungen für KI bleibt relevant. Zwar wurde KI in den Bundestagsprotokollen insgesamt weniger genannt, dafür wurde das Thema aber an mehr Sitzungstagen diskutiert. Die gegenwärtige Überarbeitung der KI-Strategie der Bundesregierung, aber auch das Konsultationsverfahren zum Weißbuch KI der Europäischen Kommission zeigen, dass die Entwicklung der politischen Rahmenbedingungen noch am Anfang steht und viel Klärungsbedarf bestehen bleibt.<sup>67</sup>

- **Zentrale Rechtsfragen der KI klären**

Es sollte darüber hinaus die Klärung zentraler, noch offener Rechtsfragen der KI angestrebt werden, ohne durch Überregulierung Forschungstätigkeiten und Innovationen einzudämmen. Diese Rechtsfragen beziehen sich auf Haftung, ethische Standards und geistiges Eigentum. Bei jeder punktuellen Anpassung oder gar vollständigen Novellierung des Rechts muss den besonderen Eigenschaften von KI Rechnung getragen werden: KI-Systeme sind komplex, dynamisch, vernetzt, oft nicht nachvollziehbar und dabei sowohl autonom als auch stör anfällig. Bislang folgt die Europäische Kommission in ihrem Weißbuch einem risikobasierten Ansatz: Ein künftiges Regulierungsmodell sollte berücksichtigen, ob die jeweils betrachtete KI-Anwendung in einem sensiblen Sektor wie Gesundheit oder Mobilität liegt und ob von der Anwendung Gefahren für Menschen oder Unternehmen ausgehen können.<sup>68</sup> Es ist jedoch fraglich, ob diese binäre Einteilung in Hochrisiko-Fälle und Nicht-Hochrisikofälle der Vielfalt der KI-Anwendungen gerecht werden kann. Möglicherweise bräuchte es eine weitere Abstufung oder eine sektorspezifische Anpassung.

Generell sind sowohl nationale als auch europäische Regulierungen im Bereich der KI richtig, aber sie müssen großzügig und flexibel genug sein, damit sich ein innovatives und gleichzeitig konsistentes KI-Ökosystem möglichst schnell etablieren kann. Offene Rechtsfragen der KI müssen, wo notwendig, möglichst schnell geklärt und die Öffentlichkeit dazu informiert werden, um Rechtssicherheit und Vertrauen in diesem Ökosystem zu schaffen und Innovationen anzuregen.

- **Reallabore zügig realisieren**

Eine schnelle Realisierung von Reallaboren kann dazu beitragen, eine passgenaue und bedarfsgerechte Regulierung von KI-Systemen zu finden, denn sie können theoretische Annahmen in einem realen Anwendungskontext verifizieren und validieren. Auf diese Weise wird direkt in der Praxis verdeutlicht, wo Stärken und Schwächen einer Regulierungsmaßnahme liegen, welche Wirkungen diese tatsächlich hat und an welchen Stellen es gegebenenfalls Nachholbedarf gibt.

### Know-how

- **Lehrpläne der allgemeinbildenden Schulen anpassen**

Der durch den Indikator der Informatikabsolventen approximierter Umfang des verfügbaren Know-hows im Bereich KI steigt, aber es ist zu erwarten, dass dieser der zukünftigen Nachfrage nicht genügen wird. Um von Anfang an mehr Menschen zu motivieren, KI-relevante Studiengänge zu wählen, ist es ratsam, Bildungsangebote im Bereich der Datenwissenschaft und Robotik in den Lehrplänen der Schulen verbindlich aufzunehmen.<sup>69</sup>

---

<sup>67</sup> Europäische Kommission, 2020.

<sup>68</sup> Europäische Kommission, 2020.

<sup>69</sup> Groth/Straube, 2019b.

- **KI verstärkt in der Lehre der Hochschulen berücksichtigen**

Neben dem allgemeinbildenden Schulsystem stellt auch ein leistungsfähiges Hochschulsystem eine wesentliche Voraussetzung für die zukünftige Verfügbarkeit von Fachkräften mit KI-Kompetenzen dar. Daher sollten anwendungsorientierte Fachrichtungen wie Maschinenbau, Medizin und Elektrotechnik KI verstärkt in der Lehre berücksichtigen. Von einem Ausbau der KI-Kompetenzen an Fachhochschulen könnten insbesondere mittelständische Unternehmen profitieren.

### Forschung

Viele gut ausgebildete Fachkräfte und Wissenschaftler wandern in den außereuropäischen Privatsektor und an internationale Eliteuniversitäten ab, weil sie dort oft mehr Gehalt bekommen und viel Gestaltungsfreiheit in der Forschung haben.<sup>70</sup> Um die Arbeitskräfte in Deutschland zu halten, sind Anpassungen notwendig, die hier diskutiert werden. Bei der Entwicklung der Indikatoren der Rahmenbedingungen fällt insbesondere ins Auge, dass die Anzahl an wissenschaftlichen Publikationen im Bereich KI zwar steigt, aber gleichzeitig der durch Patente gemessene Kooperationsumfang zwischen Unternehmen und Forschungsinstitutionen zurückgeht, was darauf hindeutet, dass die Übersetzung in die Wirtschaft ausbaufähig ist. Konkret sind daher folgende Maßnahmen sinnvoll:

- **Investitionen in die KI-Forschung vorantreiben**

Es bedarf weiterer Investitionen in die Forschungslandschaft, um die Wettbewerbsfähigkeit der Grundlagenforschung sowie den Transfer von Forschungsergebnissen in die Wirtschaft sicherzustellen. Zudem sollte dies durch die Ausstattung der bestehenden KI-Kompetenzzentren nachhaltig durch attraktive finanzielle Ressourcen und entsprechendes Personal unterstützt werden. Tatsächlich strebt die KI-Strategie an, Arbeitsbedingungen und Entlohnung im internationalen Vergleich konkurrenzfähig zu gestalten.<sup>71</sup>

- **Zusätzliche KI-Professuren zeitnah besetzen**

In der KI-Strategie der Bundesregierung werden 100 zusätzliche KI-Professuren bis 2025 anvisiert. Die zeitnahe Einrichtung der 100 KI-Professuren und die Sicherstellung deren langfristiger Finanzierung können das Forschungsumfeld attraktiver machen und Talente im Land halten. Bislang läuft die Einrichtung schleppend.

- **Finanzielle und personelle Spielräume der KI-Forschungseinrichtungen erweitern**

Um Wissenschaftler zu halten oder anzuwerben, sollte eine Vergrößerung der Spielräume der Forschungseinrichtungen bei Personal- und Budgetstrukturen erfolgen. Für den wissenschaftlichen Nachwuchs sollte es bessere akademische Perspektiven wie Tenure-Track-Systeme geben. Die Tenure-Track-Professur richtet sich an Wissenschaftler in der frühen Karrierephase und sieht nach einer Bewährungsphase den direkten Übergang in eine Lebenszeitprofessur vor. Forscher sollten außerdem auf eine umfassendere Grundfinanzierung zurückgreifen können, die ihnen Forschungsfreiräume verschafft. Neben finanziellen Aspekten ist in der KI-Strategie auch die bessere Vernetzung der Forschung mit Startup-Ökosystemen oder die temporäre Entsendung von Forschern in Unternehmen und umgekehrt vorgesehen. Die Durchlässigkeit zwischen Wirtschaft und Forschung muss in Deutschland noch deutlich verstärkt werden, damit das Land als Forschungsstandort im internationalen Vergleich attraktiv sein kann.

- **Forschung und Wirtschaft bei KI intensiv vernetzen**

Allerdings hilft auch die beste Grundlagenforschung der deutschen Volkswirtschaft nur wenig, wenn sie nicht zu innovativen Produkten und tragfähigen Geschäftsmodellen weiterentwickelt wird. Dazu muss ein Abgleich der Fähigkeiten der Forschungsinstitutionen mit dem Bedarf der Wirtschaft in einem wechselseitigen Austausch erfolgen. KI-Testzentren

<sup>70</sup> Elsevier, 2018.

<sup>71</sup> Die Bundesregierung, 2018.

und Reallabore, in denen Forschungsergebnisse schnell unter realistischen Bedingungen getestet werden, können eine Maßnahme sein, um einen besseren Austausch anzustreben. Eine schnellere Kommerzialisierung versprechen außerdem Technologietransferbüros, wie sie etwa an amerikanischen, britischen und israelischen Universitäten bestehen.<sup>72</sup> Über deutsche Verwertungsgesellschaften hinausgehend unterstützen sie Forscher bei der Gründung und Finanzierung von Spin-off-Unternehmen, der Markteinführung ihrer Ideen und dem Austausch mit Wirtschaft und Politik.

Eine Verbesserung der Rahmenbedingungen entlang der vorstehenden Handlungsempfehlungen kann dazu beitragen, die Entwicklung der KI in Wirtschaft und Gesellschaft voranzutreiben und auch die Umsetzung der Handlungsempfehlungen in den Bereichen Wirtschaft und Gesellschaft selbst zu vereinfachen.

### 5.2 Wirtschaft

Die Wirtschaft zeigt sich in diesem Index als der Treiber der positiven Entwicklung von KI. Vor diesem Hintergrund müssen insbesondere die Unternehmen weiter gestärkt werden. Die Indikatoren-Werte zeigen eine ausbaufähige positive Einstellung von Unternehmen gegenüber KI. Das Einsatzniveau von KI steigt zwar deutlich, ist aber weiterhin relativ niedrig. Gleichzeitig steigt der Bedarf an Arbeitskräften. Auch die Patentanmeldungen nehmen zu und deuten auf eine verstärkte Innovationsaktivität hin. Kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland fühlen sich vor allem durch fehlende Fachkenntnis, eine mangelnde Datenbasis, unzureichende digitale Infrastrukturen und (Daten-)Sicherheitsbedenken gehemmt.<sup>73</sup> Die stark zunehmenden Stellenanzeigen, die KI-Kompetenzen beinhalten, unterstreichen das erste Hemmnis. Folgende Handlungsempfehlungen lassen sich daraus ableiten:

#### • Eigene Mitarbeiter qualifizieren

Mit der Qualifizierung der eigenen Mitarbeiter können die Unternehmen zumindest teilweise dem steigenden Bedarf an KI-Fachkräften begegnen, der sich in den kommenden sechs bis zehn Jahren verdoppeln wird.<sup>74</sup> Außerdem hilft das entsprechende Know-how, die Potenziale von KI zu erkennen und Daten für KI nutzbar zu machen. Die KI-Strategie der Bundesregierung adressiert das Problem des mangelnden Know-hows mit dem Einsatz sogenannter KI-Trainer, die die sieben Mittelstand-4.0-Kompetenzzentren Augsburg, Berlin, Darmstadt, Dortmund, Hannover, Kaiserslautern und Saarbrücken unterstützen und Mittelstand sowie Handwerk für die technologischen und wirtschaftlichen Potenziale von KI sensibilisieren sollen.<sup>75</sup> Generell ist sicherzustellen, dass Weiterbildungsprogramme bei den einzelnen Unternehmen ankommen und in der Fläche besser bekannt werden. Anreize zur Weiterbildung könnten Steuererleichterungen oder Boni bilden. Grundsätzlich ist auch eine Verknüpfung mit den Weiterbildungs- und Qualifizierungsprogrammen der Bundesagentur für Arbeit denkbar.

#### • Datenverfügbarkeit in den Unternehmen steigern

Das zweitgenannte Hemmnis der mangelnden Datenbasis gilt insbesondere für mittelständische Unternehmen, die insgesamt über eine kleinere Datenbasis verfügen und Daten weniger systematisch erfassen als Großunternehmen.<sup>76</sup> Ein Schwerpunkt zur Förderung der Entwicklung von KI muss deshalb auf der Steigerung von Datenverfügbarkeit bei den Unternehmen liegen. Dazu sind Unternehmen für die Etablierung einer Data Governance zu sensibilisieren, die das Verständnis für Potenziale von Daten schärft und deren Hebung erleichtert.<sup>77</sup> Überdies müssen für die Unternehmen auch Anreize geschaffen werden, ihre Daten zu teilen, um unternehmensübergreifende Datenpools aufzubauen. Die Stärkung ei-

<sup>72</sup> Groth/Straube, 2019b.

<sup>73</sup> Lundborg/Märkel, 2019.

<sup>74</sup> Microsoft, 2020.

<sup>75</sup> Die Bundesregierung, 2018, 23.

<sup>76</sup> PAiCE, 2018.

<sup>77</sup> Engels/Schäfer, 2020.

nes europäischen Binnenmarktes für Daten ist ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt. Allerdings werden kleine Datensätze auch manchmal zu Unrecht als Hemmnis gesehen: Wenn KI-Systeme mit großen Datenmengen vortrainiert wurden und dann mit Hilfe von unternehmensinternen Daten auf die Anforderungen des Unternehmens angepasst werden können, muss eine kleine Datenbasis keine Hürde sein.<sup>78</sup>

- **Anwendungsmöglichkeiten von KI aufzeigen**

Unternehmen sollten durch das Aufzeigen der Anwendungsmöglichkeiten von KI unterstützt werden, insbesondere solcher Anwendungen, die mit einer niedrigen technologischen und finanziellen Eintrittsschwelle verbunden sind. Dabei kann auch die Vernetzung des Mittelstands mit potenziellen Realisierungspartnern aus Digitalwirtschaft, IT-Dienstleistungsbranche und generell den Startups helfen, die etwa mittels Förderprogrammen weiter ausgebaut werden kann.

- **Startups stärken**

Auch die Stärkung der Realisierungspartner selbst ist nötig: Startups sind wichtige digitale Akteure, die oft besonders innovativ und agil sind und damit auch einen wesentlichen Beitrag leisten, KI in die Breite der Wirtschaft zu bringen. Allerdings haben sie in Deutschland häufig nicht die besten Ausgangsbedingungen.<sup>79</sup> Viele Gründer beklagen bürokratische Hürden und wünschen sich mehr Unterstützung bei der Kapitalbeschaffung.<sup>80</sup> Die KI-Strategie sieht eine Förderung im Bereich Wagniskapital vor, was ein Ansatzpunkt sein kann.<sup>81</sup>

### 5.3 Gesellschaft

Die Kategorie Gesellschaft trägt leicht positiv zum Index bei. Hinsichtlich der Wahrnehmung und Resonanz von KI in der Gesellschaft sind aus den Indexergebnissen Informationsbedarfe der Gesellschaft zu erkennen. Das Thema KI ist sehr komplex und auch für interessierte Laien wenig greifbar. Es ist daher wichtig, das Wissen zu vermitteln mit dessen Hilfe Menschen KI gut genug verstehen können, um mitreden und Effekte von KI auf ihr Leben und ihren Alltag grob abschätzen zu können. Dies schafft auch Vertrauen in die neue Technologie. Einen Beitrag dazu liefert beispielsweise der kostenlose KI-Grundkurs für alle Bürger „Elements of AI“ (<https://www.elementsofai.de/>), der ursprünglich aus Finnland kommt. Er hilft, interessierten Bürgern Basiswissen zu KI zu vermitteln und es damit zu entmystifizieren. Folgende Handlungsempfehlungen lassen sich konkret identifizieren:

- **Ethik-Label für KI-Systeme etablieren**

Abhilfe könnte auch ein Ethik-Label für KI-Systeme – im Sinne einer Selbstverpflichtung nach eigenen und transparenten Kriterien der Unternehmen – schaffen.<sup>82</sup> Ähnlich dem Energieeffizienzlabel für Elektrogeräte soll dieses Label KI entwickelnden Organisationen die Möglichkeit geben, die Qualität ihrer Produkte nach außen zu kommunizieren. Dabei könnten Prinzipien wie Transparenz, Verantwortlichkeit, Schutz der Privatsphäre, Gerechtigkeit und Verlässlichkeit messbar gemacht werden. Auch das KI-Weißbuch der Europäischen Kommission nennt eine freiwillige Kennzeichnung von KI-Produkten als Möglichkeit der Selbstregulierung für den europäischen Markt.<sup>83</sup> Dieses Ethik-Label sollte jedoch nicht als erster Schritt zu einer verpflichtenden Kennzeichnung verstanden werden, sondern weiterhin auf Freiwilligkeit beruhen, da Transparenz im Eigeninteresse der KI-erstellenden Unternehmen liegt.

---

78 Wolf/Krohe, 2020.

79 Groth/Straube, 2019b.

80 Kollmann et al., 2017.

81 Die Bundesregierung, 2018, 24.

82 VDE/Bertelsmann Stiftung, 2020.

83 Europäische Kommission, 2020.

- **Zertifizierung für hochriskante KI-Systeme prüfen**

In diesem Zusammenhang ist auch die Möglichkeit einer Zertifizierung für hochriskante KI-Systeme zu nennen, welche auf die Spezifika der Systeme – wie die Autonomie, die schwierige Nachvollziehbarkeit, die Komplexität und Dynamik – geeignete Antworten finden muss. Eine Zertifizierung, die einen gewissen Standard garantiert, kann helfen, das Vertrauen in KI zu stärken und eine Orientierung für eine Vielzahl an Akteuren wie Unternehmen, Entwickler, Plattformen und Verbraucher zu schaffen.<sup>84</sup> Allerdings muss eine Zertifizierung gleichzeitig Überregulierung vermeiden und Innovationen ermöglichen, sie bestenfalls sogar antreiben. Wie dies erreicht werden kann, ist gegenwärtig ebenso unklar wie die Frage, an welcher Stelle und zu welcher Zeit des Entwicklungsprozesses welcher Anwendung die Zertifizierung einsetzen soll.

- **Zivilgesellschaft beim Thema KI einbeziehen**

Letztlich ist eine vertrauenswürdige, erfolgreiche KI nicht ohne den Einbezug der Zivilgesellschaft möglich. Vielmehr braucht es ein Ökosystem von Stakeholdern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft, welches die Entwicklung von KI in Deutschland und Europa unterstützt.<sup>85</sup>

## 6 Fazit

Künstliche Intelligenz ist eine facettenreiche, vielversprechende Zukunftstechnologie, die Wirtschaft und Gesellschaft auf unterschiedliche Arten bereichern kann und wird. Das unvermeidliche Vordringen von KI muss bereits heute gestaltet werden, um gesellschaftlich wünschenswerte Entwicklungen zu fördern, die Technologie selbstbestimmt zu nutzen und Potenziale zu heben. Der vorliegende KI-Monitor zeigt, dass es in Deutschland Fortschritte gibt, jedoch noch deutliche Entwicklungspotenziale hinsichtlich KI bestehen. Insbesondere die Rahmenbedingungen für KI entwickeln sich derzeit eher negativ und bremsen damit die Nutzung von KI in Wirtschaft und Gesellschaft aus. Es besteht dringender Handlungsbedarf, um die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zu sichern.

Deutschland kann seine bestehende industrielle Stärke unter Einbezug digital-innovativer Wirtschaftszweige mit den Möglichkeiten der KI zu einem internationalen Wettbewerbs- und Standortvorteil verbinden. Dazu muss die Übersetzung weltweit anerkannter, exzellenter Forschungsergebnisse in erfolgreiche Geschäftsmodelle verwirklicht werden. Neben der Wirtschaft muss von Beginn an auch die gesellschaftliche Dimension einbezogen werden. Das leitende Prinzip muss darin bestehen, KI zum Wohl der Gesellschaft einzusetzen. Vor allem ist „KI made in Germany“ auch nicht ohne ein funktionierendes europäisches KI-Ökosystem zu denken.

Die Bundesregierung und die EU-Kommission haben mit ihren strategischen Überlegungen zu KI zumindest bereits Grundsteine für dieses funktionierende europäische KI-Ökosystem gelegt. Die Strategien müssen sinnvoll fortgeschrieben, nachjustiert sowie schnell, konsequent und konsistent in die Tat umgesetzt und mit den richtigen Schwerpunkten und gezielten Finanzierungen versehen werden. Vor allem müssen die Entwicklung und Umsetzung der Maßnahmen und die Erreichung der Ziele messbar gemacht werden. Gleichzeitig gilt es, Innovationen im Bereich der KI zuzulassen und nicht durch eine unverhältnismäßige Regulierung zu behindern.

Der vorliegende KI-Monitor liefert eine tragfähige Möglichkeit, die Entwicklung von KI in Deutschland nachzuhalten. Er ist gleichermaßen Orientierungshilfe für Wirtschaft, Gesellschaft und Politik. Eine Wiederholung der Untersuchung in den kommenden Jahren wird weitergehende Erkenntnisse liefern.

---

<sup>84</sup> Heesen et al., 2020.

<sup>85</sup> Siehe auch Beining et al., 2020.

## Anhang

Für viele Indikatoren des KI-Monitors werden Texte nach Begrifflichkeiten durchsucht, die einen KI-Bezug haben. Konkret wird diese Vorgehensweise für die folgenden Indikatoren angewandt:

### Kategorie Rahmenbedingungen

KI in Bundestagsprotokollen (3.1.2)

### Kategorie Wirtschaft

KI in Geschäftsberichten (3.2.3)

KI-Patentanmeldungen (3.2.4)

KI in Stellenanzeigen (3.2.5)

### Kategorie Gesellschaft

KI auf Twitter (3.3.2)

KI in den Printmedien (3.3.3)

Google-Suchinteresse an KI (3.3.4)

Zur Bestimmung der verwendeten KI-Begriffe werden standardisierte Listen von Suchwörtern verwendet, die nachfolgend zu finden sind. Ausgangspunkt für die Bestimmung der Suchwörter ist eine Taxonomie von so genannten KI-Skill-Begriffen.<sup>86</sup> Diese englischen Begriffe werden um die deutschen Entsprechungen sowie gegebenenfalls weitere relevante Begriffe im Kontext KI ergänzt. Bei der Durchsuchung der jeweiligen Texte werden zu den Begriffen reguläre Ausdrücke hinzugefügt, um alle relevanten Kombinationen der jeweiligen Begriffe (sowohl grammatikalisch als auch mit Sonderzeichen) abzudecken (zum Beispiel künstliche Intelligenz, künstlicher Intelligenz, künstliche-Intelligenz, etc.). Genauere Informationen zu den für die Berechnung der Indikatoren jeweils verwendeten Methoden finden sich in den oben genannten Abschnitten dieses Berichts.

### KI-Skill-Begriffe

Verwendet für alle oben genannten Indikatoren außer KI-Patentanmeldungen und KI in Stellenanzeigen

- artificial intelligence
- autonomous driving
- machine learning
- natural language processing
- neural net
- robotics
- image recognition
- künstliche intelligenz
- autonomes fahren
- maschinelles lernen
- neuronales netz
- natürliche sprachverarbeitung
- robotik
- bilderkennung

---

<sup>86</sup> Burning Glass, 2020.

### Suchwörter für KI-Jobbezeichnungen

Verwendet für den Indikator KI in Stellenanzeigen

- big data engineer/scientist/science
- research scientist
- business intelligence
- artificial intelligence
- künstliche intelligenz
- machine learning
- maschinelles lernen
- deep learning
- autonomous driving
- neural net
- neuronales netz
- computer vision
- machine vision
- natural language processing
- language understanding
- reinforcement learning
- robotics
- robotik
- face/image/character/speech/video/text/direction recognition
- face/image/character/speech/video/text/direction generation
- gesichts-/bild-/zeichen-/sprach-/video-/text-/richtungserkennung
- gesichts-/bild-/zeichen-/sprach-/video-/text-/richtungsgenerierung
- object detection/localization/classification
- objekterkennung/-lokalisierung/-klassifizierung
- machine translation
- maschinelle übersetzung
- autonomes fahren
- natürliche sprachverarbeitung
- bot developer
- chatbot
- roboter programmierer
- robot learning
- bayesian optimization
- AI
- KI
- NLP
- SLAM
- LIDAR
- ML
- CNN
- LSTM
- ADAS

## Suchwörter für KI in Volltexten von Patenten

Verwendet für den Indikator KI-Patentanmeldungen

- artificial intelligence
- autonomous driving
- machine learning
- neural net
- natural language processing
- computer vision
- machine vision
- language understanding
- reinforcement learning
- robotic
- robotik
- face/image/character/speech/video/text/direction recognition
- face/image/character/speech/video/text/direction generation
- gesichts-/bild-/zeichen-/sprach-/video-/text-/richtungserkennung
- gesichts-/bild-/zeichen-/sprach-/video-/text-/richtungsgenerierung
- object detection/localization/classification
- objekterkennung/-lokalisierung/-klassifizierung
- machine translation
- maschinelle übersetzung
- künstliche intelligenz
- autonomes fahren
- maschinelle lern
- neuronale netz
- natürliche sprachverarbeitung
- autonome roboter
- deep learning
- fuzzy logik
- trainingsdaten
- trainierdaten
- fourier transformation
- algorithm
- maximum likelihood
- navigation system
- mustererkennung
- patientenerkennung
- objekterkennung
- erkennungssystem
- kfz navigation

## Literaturverzeichnis

- Adoni, Hanna / Nimrod, Galit / Nossek, Hillel**, 2015, Is Print Really Dying? The State of Print Media Use in the European media environment, Europe, in: International Journal of Communication, 9. Jg., Nr. 1, S. 365–385
- Ahuja, Gautam**, 2000, The Duality of Collaboration: Inducements and Opportunities in the Formation of Interfirm Linkages, in: Strategic Management Journal, 21. Jg., S. 317–343
- Auer, Christoph / Hollenstein, Nora / Reumann, Matthias**, 2019, Künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen, in: Haring, Robin (Hrsg.), Gesundheit digital, Berlin, S. 34–45
- Barberá, Pablo / Casas, Andreu / Nagler, Jonathan / Egan, Patrick J. / Bonneau, Richard / Tost, John T. / Tucker, Joshua A.**, 2019, Who Leads? Who Follows? Measuring Issue Attention and Agenda Setting by Legislators and the Mass Public Using Social Media Data, in: American Political Science Review, 113. Jg., Nr. 4, S. 883–901
- Becker, Wolfgang / Dietz, Jürgen**, 2004, R&D Cooperation and Innovation Activities of Firms – Evidence for the German Manufacturing Industry, in: Research Policy, 33. Jg., Nr. 2, S. 209–223
- Behnen, Philipp / Kessler, René / Kruse, Felix / Schoenmakers, Jan / Zerr, Sergej / Marx Gómez, Jorge**, 2020, Auftreten, Ausmaß und Muster systematischer Inkonsistenzen in Google Trends Daten, Whitepaper HASE & IGEL GmbH, VLBA Universität Oldenburg, L3S Universität Hannover, [https://www.researchgate.net/publication/341909326\\_Whitepaper\\_Auftreten\\_Ausmass\\_und\\_Muster\\_systematischer\\_Inkonsistenzen\\_in\\_Google\\_Trends\\_Daten](https://www.researchgate.net/publication/341909326_Whitepaper_Auftreten_Ausmass_und_Muster_systematischer_Inkonsistenzen_in_Google_Trends_Daten) [8.6.2020]
- Beining, Leonie / Bühr, Peter / Heumann, Stefan**, 2020, Towards a European AI & Society Ecosystem, <https://www.stiftung-nv.de/de/publikation/towards-european-ai-society-ecosystem> [14.5.2020]
- Bild**, 2020, [www.bild.de/archive/2006/1/5/index,la=de.html](http://www.bild.de/archive/2006/1/5/index,la=de.html) [8.6.2020]
- Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien**, 2018, Künstliche Intelligenz: Bundesbürger sehen vor allem Chancen, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Kuenstliche-Intelligenz-Bundesbuenger-sehen-vor-allem-Chancen> [14.5.2020]
- Bitkom Research**, 2019, Industrie 4.0 – jetzt mit KI, Hannover
- Boersengefluester.de**, 2020, <https://boersengefluester.de/download-der-dax-geschäftsberichte-von-2007-bis-2018/> [8.6.2020]
- Bonin, Holger / Gregory, Terry / Zierahn, Ulrich**, 2015, Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland, ZEW, Kurzexpertise Nr. 57
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur**, 2018, Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2018). Erhebung des TÜV Rheinland im Auftrag des BMVI, Berlin
- BMVI**, 2019, Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2019). Erhebung der atene KOM im Auftrag des BMVI, Berlin

- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie**, 2020a, Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Deutschen Wirtschaft – Stand der KI-Nutzung im Jahr 2019, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/einsatz-von-ki-deutsche-wirtschaft.html>
- BMWi**, 2020b, GAIA-X. Eine vernetzte Datenstruktur für ein europäisches digitales Ökosystem, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html> [22.5.2020]
- Burning Glass**, 2020, Mapping the Genomes of Skills: The Burning Glass Skills Taxonomy, <https://www.burning-glass.com/research-project/skills-taxonomy/> [5.4.2020]
- Carrière-Swallow, Yan / Labbé, Felipe**, 2013, Nowcasting with Google Trends in an Emerging Market, in: Journal of Forecasting, 32. Jg., Nr. 4, S. 289–298
- Crisp Research**, 2018, Machine Learning in deutschen Unternehmen. Eine empirische Studie zu Betrieb und Anwendung von Künstlicher Intelligenz, Kassel
- Demary, Vera / Goecke, Henry**, 2019, Künstliche Intelligenz: Deutsche Unternehmen zwischen Risiko und Chance, in: IW-Trends, 46. Jg., Nr. 4/2019, S. 3-18
- Demary, Vera / Obermüller, Frank / Puls, Thomas**, 2019, Infrastruktur als Rückgrat von Regionen, in Hüther, Michael / Südekum, Jens / Voigtländer, Michael (Hrsg.), in: Die Zukunft der Regionen in Deutschland. Zwischen Vielfalt und Gleichwertigkeit, S. 209–235
- Deutscher Bundestag**, 2020a, Open Data, <https://www.bundestag.de/services/opendata> [4.5.2020]
- Deutscher Bundestag**, 2020b, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Daniela Kluckert, Frank Sitta, Bernd Reuther, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP – Drucksache 19/17432 – Glasfaserausbau in Deutschland durch innovative Verlegetechniken, <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/182/1918220.pdf> [20.5.2020]
- Die Bundesregierung**, 2018, Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung, [https://www.bmbf.de/files/Nationale\\_KI-Strategie.pdf](https://www.bmbf.de/files/Nationale_KI-Strategie.pdf) [18.5.2020]
- Die Bundesregierung**, 2019a, KI Strategie, <https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html> [18.5.2020]
- Die Bundesregierung**, 2019b, Zwischenbericht ein Jahr KI-Strategie, [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/XYZ/zwischenbericht-ein-jahr-ki-strategie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/XYZ/zwischenbericht-ein-jahr-ki-strategie.pdf?__blob=publicationFile&v=6) [14.5.2020]
- Die Welt**, 2020, [www.welt.de/schlagzeilen/nachrichten-vom-01-01-2020.html](http://www.welt.de/schlagzeilen/nachrichten-vom-01-01-2020.html) [8.6.2020]
- DPMA – Deutsches Patent- und Markenamt**, o. J., Datenbanken DEPATISnet und DPMAregister, [www.dpma.de](http://www.dpma.de) [verschiedene Abrufe]
- Dreier, Thomas/ Meyer-van Raay, Oliver**, 2011, Computerrecht, in: Schulte, Martin/ Schröder, Rainer (Hrsg.): Handbuch des Technikrechts, Berlin und Heidelberg
- Eco – Verband der Internetwirtschaft**, 2020, **Künstliche Intelligenz. Potenzial und nachhaltige Veränderung der Wirtschaft in Deutschland**, <https://www.eco.de/kuenstliche-intelligenz-potenzial-und-nachhaltige-veraenderung-der-wirtschaft-in-deutschland/> [14.5.2020]

- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation**, 2018, Jahresgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2018, [http://www-e-fi.de/fileadmin/Gutachten\\_2018/EFI\\_Gutachten\\_2018.pdf](http://www-e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2018/EFI_Gutachten_2018.pdf) [14.5.2020]
- Elsevier**, 2018, Artificial Intelligence: How knowledge is created, transferred, and used, <https://www.elsevier.com/?a=827872> [18.5.2020]
- Engels, Barbara**, 2016, Big-Data-Analyse: Ein Einstieg für Ökonomen, IW-Kurzbericht, Nr. 78, Köln
- Engels, Barbara / Schäfer, Christin**, 2020, Data Governance in deutschen Unternehmen, <https://www.iwkoeln.de/studien/gutachten/beitrag/barbara-engels-data-governance-in-deutschen-unternehmen.html> [27.5.2020]
- Eom, Boo-Young/ Lee, Keun**, 2010, Determinants of industry-academy linkages and their impact on firm performance: the case of Korea as a latecomer in knowledge industrialization, in: Research Policy, 39. Jg., Nr. 5, S. 625–639
- EPO – European Patent Office**, 2017, Patents and the Fourth Industrial Revolution: the inventions behind digital transformation, Studie des Europäischen Patent- und Markenamts [http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/17FDB5538E87B4B9C12581EF0045762F/\\$File/fourth\\_industrial\\_revolution\\_2017\\_\\_en.pdf](http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/17FDB5538E87B4B9C12581EF0045762F/$File/fourth_industrial_revolution_2017__en.pdf) [9.6.2020]
- Europäische Kommission**, 2020, WEISSBUCH zur Künstlichen Intelligenz – ein europäisches Konzept für Exzellenz und Vertrauen, [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020\\_de.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_de.pdf) [22.5.2020]
- Europäischer Rechnungshof**, 2018, Der Breitbandausbau in den EU-Mitgliedstaaten. Trotz Fortschritten werden nicht alle Ziele der Strategie Europa 2020 erreicht, Sonderbericht, Nr. 12, Luxemburg
- Fraunhofer-Allianz Big Data (Hrsg.)**, 2017, Zukunftsmarkt Künstliche Intelligenz – Potenziale und Anwendungen, [https://www.iais.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publicationen/KI-Potenzialanalyse\\_2017.pdf](https://www.iais.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publicationen/KI-Potenzialanalyse_2017.pdf), [19.6.2020]
- Frey, Carl Benedikt / Osborne, Michael A.**, 2017, The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?, in: Technological Forecasting and Social Change, Nr. 114, 254–280
- Gabler Wirtschaftslexikon**, 2020, Informatik, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/informatik-38490> [6.5.2020]
- Gantz, John / Reinsel, David / Rydning, John**, 2018, Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical, IDC White Paper sponsored by Seagate, Nr. US44413318, Framingham
- Google Trends**, 2020, Interesse im zeitlichen Verlauf, <https://trends.google.de/trends/explore?date=today%205-y&geo=DE&q=K%C3%BCnstliche%20Intelligenz> [11.3.2020]
- Gregory, Terry / Salomons, Anna / Zierahn, Ulrich**, 2019, Racing with or Against the Machine? Evidence from Europe, IZA Discussion Paper Nr. 12063
- Groth, Olaf / Straube, Tobias**, 2019a, Vergleich nationaler Strategien zur Förderung von Künstlicher Intelligenz, Teil 2, <https://www.kas.de/documents/252038/4521287/K%C3%BCnstliche+Intelligenz+Internationaler+Vergleich+Teil+2.pdf/16c82d12-898c-259b-c352-931a635fcb3?version=1.1&t=1548166367851> [14.5.2020]

- Groth, Olaf / Straube, Tobias**, 2019b, Bewertung der deutschen KI-Strategie Teil 3, Konrad-Adenauer-Stiftung (Hrsg.), <https://www.kas.de/documents/252038/4521287/Bewertung+der+deutschen+KI-Strategie+Teil+3.pdf/aa0ecb4e-3a71-de71-63ba-fb08bf72dd57?version=1.1&t=1559810781469> [20.5.2020]
- Handelsblatt**, 2020, [www.handelsblatt.com/archiv/](http://www.handelsblatt.com/archiv/) [8.6.2020]
- Heesen, Jessica / Müller-Quade, Jörn / Wrobel, Stefan**, 2020, Zertifizierung von KI-Systemen, [https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG3\\_Impulspapier\\_290420.pdf](https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG3_Impulspapier_290420.pdf) [18.5.2020]
- Initiative D21**, 2019, D21 DIGITAL INDEX 2018/2019 - Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft, [https://initiated21.de/app/uploads/2019/01/d21\\_index2018\\_2019.pdf](https://initiated21.de/app/uploads/2019/01/d21_index2018_2019.pdf) [11.3.2020]
- Initiative D21**, 2020, Wie Digital ist Deutschland? D21 DiGITAL INDEX 19/20 - Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft, [https://initiated21.de/app/uploads/2020/02/d21\\_index2019\\_2020.pdf](https://initiated21.de/app/uploads/2020/02/d21_index2019_2020.pdf) [11.3.2020]
- Kantar**, 2019, [https://www.blm.de/files/pdf2/mediengewichtungsstudie\\_2019\\_01\\_gesamt.pdf](https://www.blm.de/files/pdf2/mediengewichtungsstudie_2019_01_gesamt.pdf) [18.6.2020]
- Katzenbach, Christian**, 2016, Von kleinen Gesprächen zu großen Öffentlichkeiten? Zur Dynamik und Theorie von Öffentlichkeiten in sozialen Medien, in: Klaus, Elisabeth / Drüeke, Ricarda (Hrsg.), Öffentlichkeiten und gesellschaftliche Aushandlungsprozesse: theoretische Perspektiven und empirische Befunde, Bielefeld
- Kilian, Thomas / Hennings, Nadine**, 2011, Unternehmerische Verantwortung zwischen Anspruch und Wirklichkeit: Eine empirische Analyse der Kommunikation CSR-relevanter Aspekte in Geschäftsberichten der DAX-30-Unternehmen von 1998–2009, in: Sustainability Management Forum, Nr. 3–4
- Kollmann, Tobias / Stöckmann, Christoph / Hensellek, Simon / Kensbock, Julia**, 2017, Deutscher Startup Monitor 2017. Mut und Macher, [https://deutscherstartupmonitor.de/fileadmin/dsm/dsm-17/daten/dsm\\_2017.pdf](https://deutscherstartupmonitor.de/fileadmin/dsm/dsm-17/daten/dsm_2017.pdf) [20.5.2020]
- Lichtblau, Karl / Neligan, Adriana (Hrsg.)**, 2009, Das IW-Zukunftspanel. Ziele, Methoden, Themen und Ergebnisse, Köln
- Lundborg, Martin / Märkel, Christian**, 2019, Künstliche Intelligenz im Mittelstand. Relevanz, Anwendungen, Transfer, [https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/kuenstliche-intelligenz-im-mittelstand.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/kuenstliche-intelligenz-im-mittelstand.pdf?__blob=publicationFile&v=5) [14.5.2020]
- Mavragani, Amaryllis, Ochoa, Gabriela / Tsagarakis, Konstantinos P.**, 2018, Assessing the Methods, Tools, and Statistical Approaches in Google Trends Research: Systematic Review. Journal of medical Internet research, 20. Jg., Nr. 11
- Mertens, Armin / Pradel, Franziska / Rozyjumayeva, Ayjeren / Wäckerle, Jens**, 2019, As the Tweet, so the Reply? Gender Bias in Digital Communication with Politicians, in: WebSci '19, June 30-July 3, 2019, Boston, MA, S. 193–201
- Microsoft**, 2020, Leading businesses reveal the power of combining human ingenuity with AI, <https://news.microsoft.com/transform/leading-businesses-reveal-the-power-of-combining-human-ingenuity-with-ai/> [18.5.2020]

- Microsoft Academic**, 2020, <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/microsoft-academic-graph/> [6.3.2020]
- Monjon, Stéphanie/ Waelbroeck, Patrick**, 2003, Assessing Spillovers from Universities to Firms: Evidence from French Firm-Level Data. *International Journal of Industrial Organization*, 21. Jg., Nr. 9, S. 1255–1270
- Nilsson, Nils J.**, 1998, *Artificial Intelligence: A New Synthesis*, Morgan Kaufmann, San Francisco
- Norvig, Peter / Russel, Stuart**, 2010, *Artificial Intelligence, A modern approach*, 3. Aufl., Pearson Education, Upper Saddle River
- PAiCE**, 2018, Potentiale der Künstlichen Intelligenz für das verarbeitende Gewerbe in Deutschland, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm PAiCE – Platforms| Additive Manufacturing| Imaging| Communication| Engineering, [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/potenziale-kuenstlichen-intelligenz-im-produzierenden-gewerbe-in-deutschland.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/potenziale-kuenstlichen-intelligenz-im-produzierenden-gewerbe-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=8) [14.5.2020]
- Precht, Richard D.**, 2020, *Jäger, Hirten, Kritiker, Eine Utopie für die digitale Gesellschaft*, Wilhelm Goldmann Verlag, München
- Raymond, Perrault / Shoham, Yoav / Brynjolfsson, Erik / Clark, Jack/ Etchemendy, John / Grosz, Barbara / Lyons, Terah / Manyika, James / Niebles, Juan Carlos / Mishra, Saurabh**, 2019, *Artificial Intelligence Index Report 2019*, [https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai\\_index\\_2019\\_report.pdf](https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai_index_2019_report.pdf) [19.6.2020]
- Remus, Robert / Quasthoff, Uwe / Heyer, Gerhard**, 2010, SentiWS – a Publicly Available German-language Resource for Sentiment Analysis, Conference Proceedings of the International Conference on Language Resource and Evaluation, LREC 2010, [http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2010/pdf/490\\_Paper.pdf](http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2010/pdf/490_Paper.pdf) [30.4.2020]
- Romer, Paul**, 1990, Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98. Jg., Nr. 5, S. 71–102
- Schwab, Klaus**, 2019, *The Global Competitiveness Report 2019*, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf) [18.5.2020]
- Statcounter**, 2020, Desktop Search Engine Market Share Germany, <https://gs.statcounter.com/search-engine-market-share/desktop/germany/> „\l „monthly-202002-202002-bar [11.3.2020]
- Statista**, 2020a, Soziale Netzwerke, Dossier, <https://de.statista.com/statistik/studie/id/11852/dokument/soziale-netzwerke-statista-dossier/> [6.5.2020]
- Statista**, 2020b, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/73448/umfrage/auflage-der-ueberregionalen-tageszeitungen/> [18.6.2020]
- Statistisches Bundesamt**, 2018a, *Bildung und Kultur, Prüfungen an Hochschulen, Fachserie 11 Reihe 4.2*, Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt**, 2018b, *Wirtschaftsrechnungen. Einkommens- und Verbrauchsstichprobe. Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten Gebrauchsgütern und Versicherungen, Fachserie 15 Heft 1*, Wiesbaden

**Statistisches Bundesamt**, 2019, Bildung und Kultur, Prüfungen an Hochschulen, Fachserie 11 Reihe 4.2, Wiesbaden

**Stiftung Neue Verantwortung**, 2019, Mit Indikatoren zum Erfolg! Wie Weiterentwicklung und Umsetzung der KI-Strategie der Bundesregierung strategisch gesteuert werden können, [https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/mit\\_ki-indikatoren\\_zum\\_erfolg.pdf](https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/mit_ki-indikatoren_zum_erfolg.pdf) [14.5.2020]

**Textkernel**, 2020, Textkernel Jobdatenbank, <https://www.textkernel.com/de/solution/jobfeed/> [5.4.2020]

**The Economist**, 2018, Chip wars: China, America and silicon supremacy, <https://www.economist.com/leaders/2018/12/01/chip-wars-china-america-and-silicon-supremacy> [20.5.2020]

**Twitter**, 2020, twitter.com [8.6.2020]

**VDE – Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik / Bertelsmann Stiftung**, 2020, From Principles to Practice. An interdisciplinary framework to operationalise AI ethics, [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/WKIO\\_2020\\_final.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/WKIO_2020_final.pdf) [18.5.2020]

**Voß, Oliver**, 2020, KI-Gipfel mit der Kanzlerin, <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/ki-gipfel-mit-der-kanzlerin> [18.5.2020]

**Wang, Gaofeng / Kong, Qingqing**, 2019, The Dilemmas of Scientific Research Cooperation and their Resolution from the Perspective of Evolutionary Psychology. *Frontiers in Psychology*, 10. Jg., <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02561> [7.5.2020]

**Wallhof, Frank / Vox, Jan Paul / Theierkauff, Tobias**, 2019, Assistenz- und Servicerobotik – die Gestaltung der Mensch-Maschine Schnittstelle als Grundlage des Anwendungserfolgs, in: Haring, Robin (Hrsg.), *Gesundheit digital*, S.101–108, Springer Nature, Berlin

**WIPO – World Intellectual Property Organization**, 2019, Artificial Intelligence, [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_1055.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf) [9.6.2020]

**Wolf, Miriam / Krohe, Nastasja**, 2020, Demystifying AI: Learnings für den Mittelstand, <https://www.hiig.de/demystifying-ai-learnings-fuer-den-mittelstand/> [14.5.2020]

**van der Wurff, Richard / De Swert, Knut / Lecheler, Sophie**, 2018, News Quality and Public Opinion: The Impact of Deliberative Quality of News Media on Citizens' Argument Repertoire, in: *International Journal of Public Opinion Research*, 30. Jg., Nr. 2, S. 233–256

## **Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V.**

Der Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. ist die Interessenvertretung für Unternehmen, die digitale Geschäftsmodelle betreiben oder deren Wertschöpfung auf dem Einsatz digitaler Technologien beruht. Als Impulsgeber, Wegweiser und Beschleuniger digitaler Geschäftsmodelle vertritt der BVDW die Interessen der digitalen Wirtschaft gegenüber Politik und Gesellschaft und setzt sich für die Schaffung von Markttransparenz und innovationsfreundlichen Rahmenbedingungen ein. Sein Netzwerk von Experten liefert mit Zahlen, Daten und Fakten Orientierung zu einem zentralen Zukunftsfeld. Neben der DMEXCO und dem Deutschen Digital Award richtet der BVDW eine Vielzahl von Fachveranstaltungen aus. Mit Mitgliedern aus verschiedensten Branchen ist der BVDW die Stimme der digitalen Wirtschaft.

**[www.bvdw.org](http://www.bvdw.org)**



## Impressum

### **KI-Monitor**

Erscheinungsort und -datum	Berlin, September 2020
Herausgeber	Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. Schumannstraße 2, 10117 Berlin, +49 30 2062186 - 0, info@bvdw.org, www.bvdw.org
Geschäftsführer	Marco Junk
Präsident	Matthias Wahl
Vizepräsidenten	Thomas Duhr, Anke Herbener, Achim Himmelreich, Anna Kaiser, Alexander Kiock, Marco Zingler
Kontakt	Anna Dietrich, Referentin Mobilität, KI & Smart Cities, dietrich@bvdw.org Daniel Borchers, Pressesprecher, borchers@bvdw.org
Vereinsregisternummer	Vereinsregister Düsseldorf VR 8358
Rechtshinweise	Alle in dieser Veröffentlichung enthaltenen Angaben und Informationen wurden vom Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. sorgfältig recherchiert und geprüft. Diese Informationen sind ein Service des Verbandes. Für Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität können weder der Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. noch die an der Erstellung und Veröffentlichung dieses Werkes beteiligten Unternehmen die Haftung übernehmen. Die Inhalte dieser Veröffentlichung und / oder Verweise auf Inhalte Dritter sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Vervielfältigung von Informationen oder Daten, insbesondere die Verwendung von Texten, Textteilen, Bildmaterial oder sonstigen Inhalten, bedarf der vorherigen Zustimmung durch den Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. bzw. die Rechteinhaber (Dritte).
Ausgabe	Erstausgabe
Titelmotiv	© iStock /style-photography