



KI-Monitor 2021

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:
Marco Junk, Geschäftsführer

Redaktion BVDW:
Dr. Anna Dietrich, Referentin Mobilität, KI & Smart Cities

Ansprechpartner IW:
Dr. Vera Demary
Dr. Henry Goecke

Autoren IW:
Jan Büchel
Dr. Vera Demary
Dr. Henry Goecke
Enno Kohlisch
Dr. Oliver Koppel
Dr. Armin Mertens
Dr. Christian Rusche
Dr. Marc Scheufen
Jan Wendt



KI-Monitor 2021

Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland Gutachten

Zusammenfassung	2
1 Einleitung	5
2 Entwicklungen und vorhandene Literatur	6
2.1 Aktuelle politische Entwicklungen	6
2.2 Literaturanalyse zu KI	8
3 Struktur und Bestandteile des KI-Index	12
3.1 Kategorie Rahmenbedingungen	13
3.1.1 Digitale Infrastruktur	13
3.1.2 KI in Bundestagsprotokollen	15
3.1.3 Informatikabsolventen	16
3.1.4 Wissenschaftliche KI-Publikationen	16
3.1.5 Kooperationen zwischen KI-Forschung und Unternehmen	18
3.2 Kategorie Wirtschaft	20
3.2.1 Einschätzung der Bedeutung von KI durch Unternehmen	20
3.2.2 Einsatz von KI in Unternehmen	21
3.2.3 KI in Geschäftsberichten	22
3.2.4 KI-Patentanmeldungen	23
3.2.5 KI in Stellenanzeigen	25
3.3 Kategorie Gesellschaft	27
3.3.1 Bekanntheit von KI in der Gesellschaft	27
3.3.2 KI in den Printmedien	27
3.3.3 KI auf Twitter	30
3.3.4 Google-Suchinteresse an KI	31
4 Ergebnisse des KI-Index	34
4.1 Entwicklungen bei den Rahmenbedingungen	35
4.2 Entwicklungen in der Wirtschaft	37
4.3 Entwicklungen in der Gesellschaft	40
5 Handlungsempfehlungen	42
5.1 Rahmenbedingungen	42
5.2 Wirtschaft	46
5.3 Gesellschaft	53
6 Fazit	50
Anhang	51
Literaturverzeichnis	54
Über uns	63
Impressum	64

Zusammenfassung

Bei der Künstlichen Intelligenz (KI) handelt es sich um eine Schlüsseltechnologie, die nahezu in allen Bereichen der Gesellschaft sowie der Wirtschaft Anwendung finden kann. Sie bietet neben ökonomischen Potenzialen und innovativen Anwendungen für Konsumentinnen und Konsumenten auch Unterstützung bei der Lösung sogenannter Menschheitsaufgaben – wie zum Beispiel Pandemien mittels Früherkennung, dem Klimawandel durch Klimamodelle und ressourceneffiziente Produktion, oder dem demografischen Wandel durch Assistenzsysteme. Unter anderem aufgrund der Vielfältigkeit der Einsatzmöglichkeiten und der KI-Anwendungen (beispielsweise Maschinelles Lernen, Spracherkennung oder autonomes Fahren) hat sich kein einheitliches Verständnis von KI herausgebildet. Im vorliegenden KI-Monitor 2021 wird als Grundlage weiterhin die Definition aus dem KI-Monitor 2020 verwendet, die unter KI „die Schaffung von (quasi) intelligenten Programmen und Maschinen, welche Entscheidungen selbstständig treffen und basierend auf diesen Handlungen ausführen können“¹ versteht. Dadurch wird ein einheitliches Verständnis ermöglicht und die Grundlage für vergleichende Analysen gelegt.

Da es sich bereits um die zweite Auflage des KI-Monitors handelt, der anhand von aussagekräftigen Indikatoren die Entwicklung von KI in Deutschland empiriebasiert untersucht, kann neben der Erhebung des Status quo der Künstlichen Intelligenz auch deren Entwicklung bis auf Indikatorebene nachgezeichnet und analysiert werden. Die einzelnen Indikatoren wurden zu den drei gleichwertigen Kategorien Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft zusammengefasst. Durch den Aufbau des KI-Monitors wird es auch möglich, die Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Entwicklung von KI zu evaluieren. Dabei kann festgestellt werden, dass zwar negative Auswirkungen der Pandemie auf einzelne Indikatoren zu beobachten sind; im Aggregat konnte der KI-Index jedoch sehr deutlich zulegen.

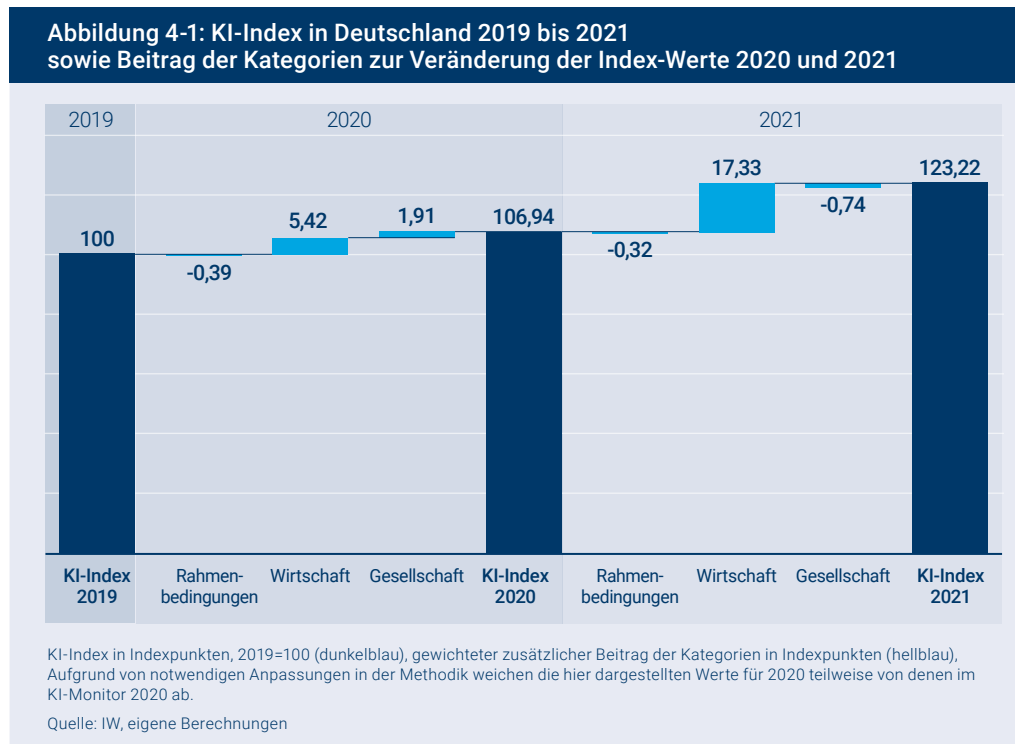
Der Indexwert des Jahres 2019 wurde auf 100 normiert, um die Entwicklung entsprechend zu diesem Basisjahr darstellen zu können. Im Jahr 2020 betrug der KI-Index rund 107 Punkte (Abbildung 4-1). Entsprechend hat sich der KI-Index von 2019 auf 2020 um rund sieben Prozent verbessert. Im aktuellen Jahr 2021 wurde ein Wert von rund 123 Punkten ermittelt. Damit hat sich der Status quo der KI in Deutschland seit 2019 um mehr als 23 Prozent verbessert. Im Vergleich zum Jahr 2020 konnte ein Anstieg um mehr als 16 Prozentpunkte, beziehungsweise rund 15 Prozent, beobachtet werden. Im Vergleich zum ersten Erhebungsjahr hat sich die Entwicklung somit deutlich beschleunigt.

In Abbildung 4-1 ist ebenfalls der Beitrag der drei verwendeten Kategorien zum KI-Index des KI-Monitors 2021 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Wirtschaft der Treiber der Entwicklung von KI in Deutschland war und ist. Im KI-Monitor 2020 lieferte die Wirtschaft einen Beitrag von 5,42 Indexpunkten zum Gesamtanstieg um 6,94 Punkte. Im KI-Monitor 2021 ist die tragende Rolle sogar noch deutlicher. Im Vergleich zum KI-Monitor 2020 ist der Indexwert um 16,28 Punkte gestiegen. Die Wirtschaft trug zu diesem Anstieg 17,33 Indexpunkte bei. Dass der Beitrag der Wirtschaft höher ist als die Gesamtentwicklung, ist darauf zurückzuführen, dass sich die beiden anderen Kategorien Rahmenbedingungen (-0,32 Prozentpunkte) und Gesellschaft (-0,74) leicht negativ entwickelt haben. Diese Rückgänge lassen sich jedoch auch auf die Auswirkungen der Pandemie zurückführen, was durch die Indikatorergebnisse deutlich wird.

Die Kategorie Rahmenbedingungen wird aus fünf Indikatoren gebildet. Im KI-Index 2021 haben sich die Indikatoren digitale Infrastruktur und die Kooperationen zwischen Forschung und Unternehmen deutlich positiv entwickelt. Die bestandenen Abschlussprüfungen im Fachbereich Informatik sind ebenfalls vergleichsweise stark gestiegen. Es liegt nahe, dass sich durch diese Entwicklungen das Know-how sowie die notwendige Transmission von Erkennt-

¹ Demary et al., 2020, S. 6.

nissen aus der Forschung in die Wirtschaft deutlich positiv entwickelt haben. Die Anzahl an wissenschaftlichen KI-Publikationen ist zwar gestiegen, die Anzahl aller wissenschaftlichen Publikationen stieg jedoch stärker, wodurch der Indikator einen negativen Wert ausweist, da die relative Bedeutung des Themas abgenommen hat. Der Hauptgrund für den negativen Beitrag der gesamten Kategorie ist aber die stark rückläufige Thematisierung von KI im Bundestag. Vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie und der politischen Maßnahmen zur Förderung von KI – wie zum Beispiel der Fortschreibung der KI-Strategie der Bundesregierung und der finanziellen Förderung von KI im Rahmen eines Konjunkturpakets – liegt es nahe, dass daraus kein nachhaltig negativer Effekt auf die Etablierung von KI in Deutschland resultiert.



Dennoch bestehen bei den Rahmenbedingungen weiterhin Verbesserungsmöglichkeiten, die wie folgt zusammengefasst werden können:

- Bürokratische Hürden beim Ausbau der Infrastruktur gilt es zu verringern und gegebenenfalls müssen notwendige Kapazitäten (zum Beispiel in der Planung von Projekten) bei umsetzenden Stellen geschaffen werden.
- Deutschland belegt bei der Förderung von Quantencomputing einen Spitzenplatz. Diesen gilt es zu halten und auch den Einsatz dieser neuen Ressourcen zu unterstützen.
- Es ist notwendig, die Schaffung einer vertrauenswürdigen Dateninfrastruktur voranzutreiben, die auch die technologische Souveränität nicht aus den Augen verliert.
- Rechtssicherheit im Datenumgang für Unternehmen und beim Einsatz von KI muss hergestellt werden. Das heißt, die Rahmenbedingungen, unter denen verschiedene Arten von Daten gesammelt, getauscht und eingesetzt werden dürfen, müssen eindeutig definiert werden. Rechtssicherheit schließt explizite Regeln für den Einsatz von KI-Anwendungen ein.
- Der Staat sollte eine Vorreiterrolle beim Einsatz von KI in Deutschland einnehmen. Durch staatliche Nachfrage können Potenziale in der Verwaltung gehoben und Märkte für die Entwicklung von KI eröffnet werden.
- Das Erwerben von KI-Know-how sollte in der schulischen, beruflichen sowie universitären Bildung gestärkt werden.
- Forschung und Wirtschaft sollten besser vernetzt werden, um Forschungsergebnisse zeitnah zur Anwendung zu bringen.

In der Kategorie Wirtschaft konnte bei allen fünf verwendeten Indikatoren eine positive Entwicklung beobachtet werden. Im Vergleich zum Basisjahr haben sich von einem niedrigen Niveau startend die Patentanmeldungen und der Einsatz von KI in den Unternehmen nahezu verdoppelt. Die Thematisierung in Geschäftsberichten hat um mehr als 80 Prozent zugenommen. Die Nachfrage nach KI-Fachkräften in den Unternehmen ist ebenfalls stark gewachsen. Die Einschätzung der Bedeutung von KI durch Unternehmen weist die geringste positive Entwicklung innerhalb der Kategorie aus. Im Vergleich zum Basisjahr ist dieser Indikator dennoch um mehr als vier Prozent gestiegen. Insgesamt sieht eine Mehrheit der Unternehmen mehr Chancen als Risiken beim Einsatz von KI.

Um das Momentum zu nutzen und noch bestehende Potenziale zu heben, sollten folgende Handlungsempfehlungen beachtet werden:

- Die Weiterbildung der eigenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist ein wichtiger Faktor für die Weiterentwicklung von Know-how im Unternehmen und zu berücksichtigen – beispielsweise im Sinne einer entsprechenden Personalentwicklungsstrategie.
- Daten bilden die Grundlage zur Weiterentwicklung von KI. Entsprechend sollten die Datenverfügbarkeit in den Unternehmen gesteigert und die Hemmnisse der Datennutzung abgebaut werden.
- Die Implementierung von KI insbesondere im Mittelstand sollte durch das Aufzeigen von Anwendungsmöglichkeiten erleichtert werden.
- Die Gründung und das Wachstum von KI-Start-ups sollten erleichtert werden.

Die Kategorie Gesellschaft wird aus insgesamt vier Indikatoren gebildet. Im KI-Index 2021, im Vergleich zum KI-Index 2020, hat sich vor allem die Bekanntheit von KI in der Bevölkerung positiv entwickelt. Die Tonalität in Printmedienartikeln und in Diskussionen auf Twitter hat sich nur marginal verändert. Das Suchinteresse an KI auf Google hat jedoch deutlich nachgelassen. Dieser letzte Effekt ist zu großen Teilen auf die Auswirkungen der Corona-Pandemie zurückzuführen. In Deutschland wird das Thema KI also sachlich diskutiert und das Wissen bezüglich KI in der Gesellschaft wächst weiterhin.

Um diese Akzeptanz zu nutzen und zu erhalten, gilt es, folgende Handlungsempfehlungen zu beachten:

- Die Transparenz von KI-Anwendungen – insbesondere auch von entsprechenden Risiken – sollte erhöht und die Zivilgesellschaft eingebunden werden.
- Es müssen verbindliche Verhaltensregeln (code of conduct) eingeführt werden. Eine Regulierung sollte zudem konkrete KI-Anwendungen regulieren und nicht die zugrundeliegenden Technologien (Technologieneutralität).

1 Einleitung

Die Entwicklung der Künstlichen Intelligenz (KI) in Deutschland wurde im Jahr 2020 durch die Corona-Pandemie beeinflusst. Von einem durch die Pandemie ausgelösten Digitalisierungsschub und auch direkt über Ausbreitungsmodelle und die Früherkennung von lokalen Ausbrüchen als Mittel zur Bekämpfung der Virusverbreitung² dürfte der Einsatz von KI in Deutschland profitiert haben. Andererseits hat sich die Pandemie jedoch auch negativ auf die Nutzung von KI ausgewirkt. Mögliche Ursachen dafür sind geringere Investitionen infolge geringerer finanzieller Möglichkeiten bei betroffenen Unternehmen und staatlichen Stellen, der Mangel an elektronischen Bauteilen³, der erschwerte Zuzug der benötigten ausländischen Fachkräfte⁴ sowie die geringere Aufmerksamkeit in der gesamten Gesellschaft. Nachdem der Stand der Künstlichen Intelligenz im KI-Monitor 2020⁵ hypothesengestützt und empirie-basiert ausführlich erhoben wurde, kann die aktuelle Version des Jahres 2021 Aufschluss darüber geben, welcher dieser beiden gegenläufigen Effekte mutmaßlich überwogen hat.

Doch auch im schlimmsten Fall dürfte die Corona-Pandemie den Entwicklungsprozess der KI in Deutschland kaum gebremst haben. Hintergrund ist, dass diese Schlüsseltechnologie nicht nur ökonomische Chancen, zum Beispiel durch eine gesteigerte Produktivität und Effizienz in der Produktion, bietet, sondern sie kann auch ein wichtiger Faktor durch die Entwicklung effizienter Technologien sowie Assistenzsystemen bei der Lösung von Menschheitsproblemen wie dem Klimawandel, der Wasserknappheit, dem demographischen Wandel oder der Luftverschmutzung sein.⁶ Der Einsatz von KI und die Akkumulierung von entsprechendem Know-how in der deutschen Volkswirtschaft ist daher von entscheidender Bedeutung für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit auf dem Weltmarkt. Hier ist auch der Staat auf allen Ebenen gefragt, die richtigen Rahmenbedingungen zu setzen, damit die KI zum Wohl der ganzen Gesellschaft eingesetzt werden kann, und die Risiken, die auch mit dieser Technologie einhergehen, so gut wie möglich zu minimieren.

Der vorliegende KI-Monitor stellt durch seine differenzierte Analyse Zahlenmaterial bereit, um die Entscheidungsfindung über den Einsatz von KI in Unternehmen sowie deren Regulierung und gezielte Förderung durch staatliche Institutionen zu unterstützen sowie zudem die Gesellschaft über die Entwicklungen zu informieren. Dadurch soll ein Mehrwert bei der Implementierung und Akzeptanz von Anwendungen der Künstlichen Intelligenz geliefert werden. In diesem Zusammenhang ist es jedoch schwer, KI als konkretes Thema abzugrenzen, da sich – insbesondere auch aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten – bis heute keine einheitliche Definition durchgesetzt hat.⁷ Zur Schaffung eines einheitlichen Verständnisses und als Grundlage der Analyse wird in dieser Publikation analog zum KI-Monitor 2020 unter KI „die Schaffung von (quasi) intelligenten Programmen und Maschinen, welche Entscheidungen selbstständig treffen und basierend auf diesen Handlungen ausführen können, verstanden.“⁸ Diese Definition verdeutlicht, dass die Künstliche Intelligenz in annähernd allen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft eingesetzt werden kann.

Inwieweit das damit einhergehende Potenzial in allen Teilbereichen der Gesellschaft und für alle Bürgerinnen und Bürger genutzt werden kann, wird auch anhand des Zahlenmaterials dieses KI-Monitors deutlich. Dazu wird in Kapitel 2 zunächst die Entwicklung seit dem Bericht des Jahres 2020 nachgezeichnet und die Literatur zum Thema KI gesichtet. Anschließend werden in Kapitel 3 die einzelnen Indikatoren zur Beschreibung der KI in Deutschland vorgestellt und ihre Entwicklung analysiert. Anhand dieser Indikatoren wird in Kapitel 4 der

2 Europäische Kommission, 2021a, S. 1.

3 Süddeutsche Zeitung, 2021.

4 Bundesregierung, 2020, S. 10.

5 Im Folgenden wird der KI-Monitor des Jahres 2020 ohne jeweilige Quellenbezeichnung genannt. Konkret ist jedes Mal die Quelle Demary et al. (2020) gemeint.

6 WEF, 2018.

7 Norvig/Russel, 2010, S. 2.

8 Demary et al., 2020, S. 6.

KI-Index zur Messung der Status quo der KI in Deutschland berechnet und die Entwicklung seit dem Basisjahr 2019 sowie seit dem Bericht des Jahres 2020 näher untersucht. Durch die Indikatoren und den KI-Index werden insbesondere auch Nachholbedarfe in Deutschland bei der wohlstandsmehrenden Entwicklung von KI deutlich. Um diesen beizukommen, stellt Kapitel 5 Handlungsempfehlungen vor, bevor Kapitel 6 den KI-Monitor mit einem kurzen Fazit abschließt.

2 Entwicklungen und vorhandene Literatur

Die Vielfältigkeit der Künstlichen Intelligenz spiegelt sich insbesondere auch in deren Anwendungen wider. Diese reichen von der Autokorrektur auf dem Smartphone über Anwendungen, die sich mit natürlichen Menschen unterhalten (sogenannte Chat-Bots), selbstfahrende Fahrzeuge, Übersetzungen oder zielgruppenspezifische Werbe- und Shoppingangebote. Dabei muss festgehalten werden, dass es sich immer noch fast ausschließlich um Anwendungen sogenannter schwacher KI handelt.⁹ Schwache KI benötigt Daten, um auf Basis vorprogrammierter Verfahren oder anhand von Beobachtungen erfolgreiche Handlungen auszuwählen. Die Sammlung von Daten steht dabei im Vordergrund, um der KI ein aussagekräftiges Abbild der Realität sowie der Identifizierung von erfolgreichen Handlungen zu ermöglichen. Es handelt sich bei schwacher KI somit um automatisierte und regelbasierte Entscheidungsfindungen, die mit einem logischen Denkprozess, dessen Vorhandensein eine starke KI kennzeichnet, noch nichts zu tun haben.

Aufgrund der Dynamik des Geschehens, auch durch die Corona-Pandemie, ist es für eine bessere Einordnung der Veränderungen bei den Indikatoren sowie dem Gesamtindex zunächst sinnvoll, die aktuellen politischen Entwicklungen und die Literatur zum Thema KI zu rekapitulieren.

2.1 Aktuelle politische Entwicklungen

Das Jahr seit der Veröffentlichung des KI-Monitors 2020 war für die Schlüsseltechnologie KI sehr ereignisreich. Neben den direkten Auswirkungen hat die Pandemie auch indirekt auf die KI in Deutschland eingewirkt. So wurde in einem **Maßnahmenpaket der Bundesregierung** zur Überwindung der Auswirkungen der Corona-Pandemie vom Juni 2020 die finanzielle Förderung für KI in Deutschland von drei auf fünf Milliarden Euro bis 2025 erhöht.¹⁰ Zusätzlich sollen zwei Milliarden Euro direkt in den Bau von mindestens zwei Quantencomputern fließen. Da die vorhandenen Kapazitäten an Quantencomputern für die Entwicklung von KI-Anwendungen laut Einschätzungen von Experten und Expertinnen von hoher Bedeutung sind, können diese Investitionen die Möglichkeiten zur Entwicklung von KI verbessern.¹¹ Erfreulicherweise ist Deutschland im Bereich der Förderung des Quantencomputings international auf dem zweiten Platz.¹²

Des Weiteren hat auch die Bundesregierung ihre **KI-Strategie** aus dem Jahr 2018¹³ weiterentwickelt und im Dezember 2020 eine Fortschreibung¹⁴ veröffentlicht. Deren Schwerpunkte liegen dabei auf den fünf Bereichen KI-Fachkräfte, Forschungsstrukturen, Transfer und Anwendung, Entwicklung eines geeigneten Ordnungsrahmens sowie gesellschaftliche Vernetzung. Mit Hilfe der Strategie sollen die nationalen Anstrengungen auf jene fünf Bereiche fokussiert werden. Neben dieser nationalen Strategie gibt es auch von Seiten der Bundesländer Anstrengungen zur Förderung von KI.¹⁵

⁹ Norvig/Russel, 2010, S. 1020.

¹⁰ BMBF, 2020.

¹¹ McKinsey, 2020, S. 7.

¹² Ebenda, S. 5.

¹³ Bundesregierung, 2018.

¹⁴ Bundesregierung, 2020.

¹⁵ Für einen Überblick siehe <https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html>.

Auf Bundesebene hat im Oktober 2020 die **Enquete-Kommission „Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale“** ihren Abschlussbericht mit mehr als 800 Seiten vorgelegt.¹⁶ Die Enquete-Kommission wurde 2018 auf Antrag der Bundestagsfraktionen CDU/CSU, SPD, FDP und DIE LINKE eingesetzt¹⁷ und hatte den Auftrag, Chancen und Potenziale von KI zu analysieren sowie darauf aufbauend Handlungsempfehlungen zu erarbeiten.¹⁸ Der Kommission gehören je zur Hälfte Angehörige des Bundestages und Sachverständige an, die sich bei der Analyse am Leitbild einer „menschenzentrierten KI“¹⁹ orientierten. Die Analyse von KI wurde in sechs Projektgruppen aufgeteilt:

- Künstliche Intelligenz und Wirtschaft,
- Künstliche Intelligenz und Staat,
- Künstliche Intelligenz und Gesundheit,
- Künstliche Intelligenz und Arbeit, Bildung, Forschung,
- Künstliche Intelligenz und Mobilität,
- Künstliche Intelligenz und Medien.²⁰

Die Enquete-Kommission kommt zum Schluss, dass durch KI Handlungsbedarfe „bei bestehenden gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und staatlichen Aufgaben mitunter stärker sichtbar“²¹ werden oder diese Handlungsbedarfe sogar verstärkt werden. Wichtige Handlungsbedarfe, die identifiziert wurden, sind, dass ein interdisziplinärer Dialog notwendig ist, um die Potenziale von KI zu heben. Des Weiteren müssen Standards etabliert und Experimentierräume geschaffen werden. Auch die Infrastruktur wird als wichtiger Faktor beim Einsatz gesehen. Die Kommission mahnte ebenfalls eine Koordination auf europäischer Ebene an.²²

Vor diesem Hintergrund ist es zu begrüßen, dass die **Europäische Kommission** im April 2021 einen Vorschlag für die Regulierung von KI und entsprechenden Anwendungen²³ sowie einen überarbeiteten Plan zur Koordinierung der Maßnahmen zwischen den EU-Mitgliedsstaaten²⁴ veröffentlicht hat. Vorausgegangen waren bereits eine europäische KI-Strategie 2018²⁵, ein erster Koordinationsplan 2018²⁶ und ein KI-Weißbuch der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2020²⁷. Grundlage der aktuell vorgeschlagenen Regulierung und der anderen Maßnahmen ist die Erkenntnis, dass KI aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten eine bedeutende Rolle für das gesamte Leben und Arbeiten der Menschen haben wird.²⁸ Mit dieser hohen Bedeutung gehen auch Risiken einher, die es zu minimieren gilt. Das Ziel der Regulierung soll es somit sein, einerseits die Entwicklung und den Einsatz der Technologie zu forcieren und andererseits die Risiken zu adressieren. Dies wird dadurch umgesetzt, dass eine Ampel für KI eingeführt wird.

Es gibt Anwendungen von KI, die direkt verboten werden (rot). Darunter fällt zum Beispiel ein allgemeines staatliches soziales Scoring System.²⁹ Das ist eine anlasslose, automatisierte Sammlung und Verknüpfung von Daten, auf deren Basis eine KI einen Wert errechnet, der für staatliche Entscheidungen herangezogen wird. Daneben können bestimmte KI-Anwendungen als Hoch-Risiko-Anwendung („high-risk“; gelb) eingestuft werden.³⁰ Entscheidend für die Einstufung sollen der beabsichtigte Zweck des Einsatzes und die Schwere des möglichen

16 Deutscher Bundestag, 2020c.

17 Deutscher Bundestag, 2018.

18 Ebenda, S. 2.

19 Deutscher Bundestag, 2020c, S. 31.

20 Ebenda, S. 30.

21 Ebenda, S. 31.

22 Ebenda, S. 31-33.

23 Europäische Kommission, 2021a.

24 Europäische Kommission, 2021b.

25 Europäische Kommission, 2018a.

26 Europäische Kommission, 2018b.

27 Europäische Kommission, 2020.

28 Europäische Kommission, 2021a, S. 1.

29 Ebenda, S. 7.

30 Ebenda, S. 6.

Schadens beziehungsweise die Auswirkungen eines möglichen Fehlers sein. Beispiele sind automatisierte Gerichtsentscheidungen, eine automatisierte Bewertung der Kreditwürdigkeit oder automatisierte Entscheidungen über die Ablehnung von Bewerberinnen und Bewerbern im Einstellungsprozess. Möglichkeiten und Grenzen einer Bewertung³¹ sowie die endgültige Umsetzung der vorgeschlagenen Regulierung werden jedoch noch ausführlich diskutiert. Mit der Einstufung als Hoch-Risiko-Anwendung gehen zu erfüllende Anforderungen an die Anwendung einher.³² Dazu zählen beispielsweise der alleinige Einsatz von qualitativ hochwertigen Datensätzen und eine aussagekräftige Dokumentation, um Entscheidungen nachvollziehen und die Rechtmäßigkeit bewerten zu können. KI-Anwendungen, die nicht verboten sind und mit denen auch keine erhöhten Risiken einhergehen, unterliegen keiner weiteren Beschränkung (grün). Hiermit soll zum Ausdruck kommen, dass nur eingegriffen werden soll, wenn es nötig ist.³³ Dadurch soll die Europäische Union Vorreiter bei vertrauenswürdiger KI werden.³⁴

Zur Erreichung dieses Ziels hat die Europäische Kommission einen aktualisierten Plan zur Koordinierung der Maßnahmen zwischen den Mitgliedsstaaten veröffentlicht.³⁵ Damit sollen Fragmentierungen im Binnenmarkt verhindert beziehungsweise rückgängig gemacht und Synergien gehoben werden. Generell soll durch den Koordinierungsplan gemeinsames Handeln zur Erreichung folgender vier Ziele adressiert werden:

- Die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen für die Entwicklung und den Einsatz von KI in der EU.
- Ermöglichung des Übergangs von KI-Anwendungen aus dem Labor auf den Markt.
- Sicherstellen, dass KI im Dienst der Menschen und der Gesellschaft eingesetzt wird.
- Etablierung von strategischer Führerschaft in Schlüsselbranchen.

Ein Monitoring der Umsetzung und des Fortschritts soll ebenfalls durch die Europäische Kommission in Zusammenarbeit mit den Mitgliedsstaaten erfolgen.

Die Vielzahl an Maßnahmen durch staatliche Stellen zur Entwicklung und Regulierung von KI verdeutlicht die Bedeutung dieser Technologie. Im Folgenden wird die wissenschaftliche Literatur analysiert, um diese Bedeutung anhand von Studien quantifizierbar zu machen und den KI-Index einordnen zu können.

2.2 Literaturanalyse zu KI

Die konzeptionelle und inhaltliche Gestaltung eines KI-Indexes ist nicht möglich ohne eine umfassende Literaturanalyse, die Aufschluss über bereits existierende KI-Indexes gibt. In diesem Zusammenhang soll neben einem Überblick zur Literatur auch eine kritische Würdigung der verschiedenen KI-Indexes erfolgen. Eine kurze Abgrenzung des vorliegenden KI-Index zu den existierenden KI-Indexes der Literatur schafft abschließend den notwendigen Kontextbezug und Ausblick für die weitere Vorgehensweise.

Erste umfassende Studien mit Kennzahlen zur Messung der Entwicklung und der Potenziale von KI für die Wirtschaft und Gesellschaft sind erst vor wenigen Jahren entstanden. Eine automatisierte Suche in den 16 Millionen wissenschaftlichen Artikeln der „Science Direct“-Datenbank nach KI-Begriffen in Verbindung mit dem Wort Index ergab keine relevanten Publikationen, was darauf hindeutet, dass Indizes zum Themenfeld KI eher nicht in der referierten Fachliteratur zu finden sind. Vor diesem Hintergrund erfolgte eine manuelle Suche nach entsprechenden Publikationen. Die auf diese Weise identifizierten Studien behandeln unterschiedliche Schwerpunkte und wählen zudem unterschiedliche Kategorisierungen, um

31 BSI/HHI/TÜV, 2021.

32 Europäische Kommission, 2021a, S. 7.

33 Ebenda, S. 6.

34 Europäische Kommission, 2021b, S. 3.

35 Ebenda.

die Entwicklung und die Potenziale von KI aus verschiedenen Blickwinkeln und Perspektiven zu beleuchten. In diesem Zusammenhang existieren sowohl nationale als auch ländervergleichende Studien.³⁶

Eine umfassende Studienreihe mit internationalen Kennzahlen und Datensätzen, welche die Entwicklung von KI für unterschiedliche Dimensionen messen, stellen die Publikationen der Stanford-Universität (USA) dar.³⁷ Nach einer ersten Studie im Jahr 2019 liegt nunmehr der zweite Report mit aktuellen Zahlen zur Entwicklung von KI im internationalen Vergleich vor. Die Autorinnen und Autoren der Studie gliedern ihre Analyse dabei in sechs verschiedene Kategorien und Kapitel: Forschung und Entwicklung, technische Leistung, Wirtschaft, Bildung, ethische Herausforderungen, Diversität (u. a. Gender-Gerechtigkeit) sowie politische Maßnahmen und nationale Strategien.³⁸ So zeigt die Studie zum Beispiel in der Kategorie Forschung und Entwicklung, dass die Anzahl der weltweiten Forschungspublikationen zum Thema KI für den Zeitraum 2019 bis 2020 mit 34,5 Prozent nochmal stärker gestiegen ist als im Vorjahresbericht mit 19,6 Prozent. Im weltweiten Vergleich zeigt sich dabei weiterhin eine Vorreiterrolle der US-amerikanischen Forschungseinrichtungen mit 19,2 Prozent aller weltweiten Forschungsbeiträge in referierten Fachzeitschriften vor China (15,6 Prozent) und der Europäischen Union (17,2 Prozent). Ein weiteres interessantes Ergebnis in der Kategorie Wirtschaft ist die Tatsache, dass Brasilien noch vor Ländern wie Indien, Kanada und Deutschland (auf Platz 5) das stärkste Wachstum bei Stellenausschreibungen mit KI-Bezug aufweist. Weltweit zeigt sich dabei eine Wachstumsrate, die um 2,2 Prozent höher ist als in der Studie aus dem Jahr 2019.³⁹ In Bezug auf die weltweiten Investitionen in KI-Start-ups wird ein anhaltendes Wachstum ersichtlich. So sind die Investitionen gegenüber dem Vorjahr und der Corona-Pandemie zum Trotz erneut im Niveau gestiegen und zeigen eine Wachstumsrate von 9,3 Prozent. Ein neues Augenmerk legt die aktuelle Stanford-Studie auf die ethischen Herausforderungen und thematisiert u. a. die Entwicklungen von KI-Standards/Prinzipien und (u. a. rechtliche) Rahmenbedingungen. Ferner bietet die Studie mit dem sogenannten „AI Global Vibrancy Tool“⁴⁰ zudem die Option, einzelne Kennzahlen länderübergreifend zu vergleichen. Neben der besonderen Vielfalt der Indikatoren besticht die Stanford-Studie durch eine Diskussion der Messprobleme einzelner Datensätze und Indikatoren. Jedoch werden die einzelnen Indikatoren nicht miteinander in Beziehung gesetzt, wodurch der Blick für übergreifende Entwicklungen und insbesondere Zusammenhänge verloren geht. Im Gegensatz zur Studie 2019 weist die Neuauflage der Studie allerdings nun in engen Grenzen auf politische Handlungsfelder hin, ohne aber notwendige zukünftige Handlungsempfehlungen und Entwicklungspfade explizit aufzuzeigen.

Eine weitere umfassende Analyse zur Entwicklung und Messung von KI stellt eine Studie der Konrad-Adenauer-Stiftung (KAS) dar.⁴¹ In der Studie zeigen die Autoren eine Analyse aktueller globaler Entwicklungen im Bereich von KI in einem internationalen Ländervergleich, wobei der Fokus auf den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union liegt. Mit dem Ziel, die Diffusion von KI in Wirtschaft und Gesellschaft zu fördern, entwickeln die Autoren auf der Basis von vier Hauptkategorien (Partnerschaften, Governance, Kommerzialisierung sowie Talentförderung und Forschung) insgesamt 20 Handlungsempfehlungen zur Förderung einer Umsetzung der nationalen und der europäischen KI-Strategien in Europa. Ein Überblick über die Leistungsfähigkeit des KI-Innovationsökosystems verschiedener europäischer Länder (geordnet nach Clustern und gemessen am EU-Durchschnitt) gibt dabei Einblicke in Bezug auf

36 Für eine nationale Analyse zu Deutschland siehe unter anderem PAiCE, 2018; Stiftung Neue Verantwortung, 2019. Für ländervergleichende Untersuchungen siehe unter anderem Elsevier, 2018; Perrault et al., 2019, 2021; Groth/Straube, 2019a, 2019b, 2021.

37 Perrault et al., 2019, 2021.

38 Gegenüber der Studie 2019 weist die aktuelle Studie mit ethischen Herausforderungen und Diversität zwei neue Kategorien auf, während die Kategorien Konferenzen, autonome Systeme und öffentliche Wahrnehmung nun keine eigenständigen Kategorien mehr darstellen und zum Teil unter den bestehenden Kategorien subsummiert werden (Perrault et al., 2019, 2021).

39 Perrault et al., 2019, 2020.

40 vibrancy.aiindex.org.

41 Groth/Straube, 2021.

die Kategorien Kommerzialisierung, Forschung & Entwicklung, Daten sowie Talentförderung. Für Deutschland eruieren die Autoren dabei starke allgemeine Investitionen und Anwendungen, einschließlich einflussreicher Forschung, bei Verbesserungspotenzialen in Bezug auf digitale Kompetenzen.⁴² Auch wenn die einzelnen Kennzahlen interessante Einblicke in bestimmte Kategorien der KI geben, werden die Interdependenzen und gemeinsamen Entwicklungszusammenhänge nicht in Form eines Indexes im Zeitverlauf analysiert.

In einer vorangegangenen Studie vergleichen die Autoren der zuvor diskutierten KAS-Studie den Status quo von KI in zwölf Ländern, darunter Deutschland.⁴³ Hierzu nutzen die Autoren den Cambrian-KI-Index, der neben den zentralen KI-Voraussetzungen (Datenverfügbarkeit, Rechnerleistung, Humanressourcen) die Kategorien Forschung und Entwicklung (Allgemeine F&E, KI-relevante F&E) sowie Kommerzialisierung (Wissens- und Technologietransfer, Patente, KI-Start-ups, Robotik) zur Operationalisierung des Status quo von KI nutzt. Es wird deutlich, dass Deutschland in den genannten Kategorien zwar nicht zu den führenden KI-Nationen, wie USA und China, gehört, allerdings einen guten Platz im Mittelfeld der betrachteten zwölf Länder behaupten kann. Als zentrales Hemmnis betonen die Studienautoren, dass bisher „die mangelnde Durchlässigkeit zwischen Wissenschaft und Privatwirtschaft die skalierte Übersetzung der Forschung in kommerzielle Anwendungen“⁴⁴ verhindert hat.

Weitere Studien im Themenfeld KI beschäftigen sich mit den Entwicklungen und den Potenzialen von KI in einzelnen Kategorien. Im Gegensatz zu den vorstehenden Studien geben diese also keinen Einblick in die verschiedenen Wirkungskontexte, sondern können nur einen Blick auf einzelne KI-Kennzahlen bieten. Insgesamt lassen sich diese Studien dabei in drei Kategorien unterteilen: Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft.

Rahmenbedingungen

Unter den Rahmenbedingungen für KI wird in der Literatur zumeist die Infrastruktur, die zum Betreiben und zur Entwicklung von Systemen der KI notwendig ist, verstanden. So zeigen neueste Studien die Notwendigkeit der Regulierung, der Förderung von Transparenz und der Durchsetzung des Datenschutzes.⁴⁵ Auch in der Bundesregierung wird die Notwendigkeit der Bildung von Standards für KI betont, mit den Schwerpunkten Grundlagen, Ethik, Qualität, IT-Sicherheit, industrielle Automation, Mobilität und Logistik sowie KI in der Medizin.⁴⁶ Zu den Rahmenbedingungen zählen auch (wissenschaftliche) Publikationen mit KI-Bezug, zumal Grundlagenforschung aus Forschungseinrichtungen häufig KI-Anwendungen vorausgeht.⁴⁷ Deutschland zählt mit Blick auf die wissenschaftlichen Publikationen im Bereich KI dabei zu den führenden Nationen und belegt mit Blick auf die Anzahl wissenschaftlicher Publikationen zum Thema KI hinter China, USA, Japan und Großbritannien den 5. Platz.⁴⁸ Je nach Messgröße ordnen sich deutsche Forschungsinstitute im weltweiten Ranking auch auf den 6. Platz ein.⁴⁹ Zu den führenden deutschen Forschungseinrichtungen im Bereich KI zählen die Universität Tübingen, die Technische Universität München sowie das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Stuttgart.⁵⁰ 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.⁵¹ 28 Prozent der wissenschaftlichen Publikationen zu KI werden von europäischen Forschungseinrichtungen erstellt, wodurch Europa noch vor den USA und China den Spitzenplatz behaupten kann.⁵²

42 Groth/Straube, 2021, S. 68.

43 Groth/Straube, 2019a, 2019b.

44 Groth/Straube, 2019b, S. 6.

45 Kaspersky, 2020b.

46 Wahlster/Winterhalter, 2020.

47 Monjon/Waelbroeck, 2003.

48 Bundesregierung, 2019b.

49 Chuvpilo, 2020.

50 Ebenda.

51 PAiCE, 2018; EFI-Expertenkommission, 2018.

52 Bundesregierung, 2019b.

Wirtschaft

Wirtschaftswissenschaftliche Studien zur Messung von KI zielen primär auf die Potenziale von KI für die Volkswirtschaft ab. In diesem Zusammenhang weisen Studien auf ein erhebliches Entwicklungspotenzial von KI hin. So ist beispielsweise für die deutsche Volkswirtschaft innerhalb der nächsten fünf Jahre durch den Einsatz von KI mit einem zusätzlichen Wertschöpfungspotenzial im produzierenden Gewerbe in Höhe von 30 Milliarden Euro zu rechnen.⁵³ Weitere Studien zeigen, dass 47 Prozent der Unternehmen sich mit dem Thema KI noch nicht auseinandergesetzt haben, wodurch weitere ungenutzte Potenziale von KI ersichtlich werden. Gerade einmal etwas weniger als sechs Prozent der Unternehmen setzen einer weiteren Studie zufolge im Jahr 2019 KI ein, wobei vor allem große Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern in den Bereichen Software/IT-Dienste, Finanzdienstleistungen sowie Fahrzeugbau KI weiterführend nutzen.⁵⁴ Bei der Studie ist zu berücksichtigen, dass nur der aktive Einsatz von KI betrachtet wird und überwiegend unternehmensorientierte Dienstleistungen im Mittelpunkt der Befragung stehen. Die Anwendungsgebiete erstrecken sich dabei vor allem auf Produkte und Dienstleistungen (60 Prozent) und die Automatisierung von Prozessen (56 Prozent).⁵⁵ Andere Studien kommen zu dem Ergebnis, dass KI-Systeme im deutschen Mittelstand kaum verbreitet sind und sie gerade einmal von etwa vier Prozent der kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) genutzt werden.⁵⁶ Das zögerliche Verhalten bei den KMU spiegelt sich auch bei der Nutzung und Bereitschaft zum Teilen von Daten wider, welche die Entwicklung von KI begünstigen und fördern kann.⁵⁷

Gesellschaft

Studien, die in diese Kategorie fallen, stellen auf die Analyse der Wahrnehmung von KI in der Gesellschaft – unter anderem in spezifischen Kohorten (z. B. die Generation Z)⁵⁸ – ab. Diese Studien weisen auf eine sehr differenzierte Wahrnehmung von KI und Kenntnisse über KI hin.⁵⁹ So halten etwa 26 Prozent der 240 befragten Unternehmen KI für überschätzt, wobei sich diese eher skeptische Haltung gegenüber KI insbesondere im Verarbeitenden Gewerbe zeigt.⁶⁰

Gerade die Einschätzung von KI im Berufsleben ist dabei aber eher positiv zu bewerten.⁶¹ Das gilt vor allem für die Generation unter 31 Jahren, die KI im Bereich Wirtschaft, Forschung und Entwicklung positiv gegenüber eingestellt ist.⁶² Nichtsdestotrotz wird gleichermaßen die Bedeutung einer Regulierung von KI-Systemen sowie die Notwendigkeit von Transparenz hervorgehoben.⁶³ Auch mit Blick auf die Umwelt sieht eine Mehrheit von 60 Prozent KI-Systeme als effiziente Maßnahme, um den Klimawandel stärker aufhalten zu können.⁶⁴ Weitere Verbesserungspotenziale durch KI werden in den Bereichen des öffentlichen Nahverkehrs sowie der Gesundheitsversorgung gesehen.⁶⁵

Zusammenfassend zeigt sich ein sehr differenziertes Bild über KI in der Fachliteratur. Allen Studien gemeinsam ist die Betonung von drei besonderen Kategorien, die für eine umfassende Auseinandersetzung und Operationalisierung von KI und seiner Entwicklung elementar sind: Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft. Diese Kategorien bilden auch den Ausgangspunkt des KI-Monitors (Abbildung 3-1).

53 PAiCE, 2018.

54 Rammer, 2020.

55 Ebenda.

56 Zimmermann, 2021.

57 Wangermann, 2021.

58 Eine genaue Definition der Anfangs- und Endjahre der Generation Z ist in der Literatur umstritten. So wird der Beginn der Generation Z überwiegend zwischen 1990 und 2000 gesehen, während als Endjahr häufig das Jahr 2012 Verwendung findet (Dimock, 2019; McKinsey, 2018).

59 Kaspersky, 2020a; Arnold et al., 2020.

60 Sopra Steria, 2020, S. 26f.

61 Kaspersky, 2020d.

62 Kaspersky, 2020e.

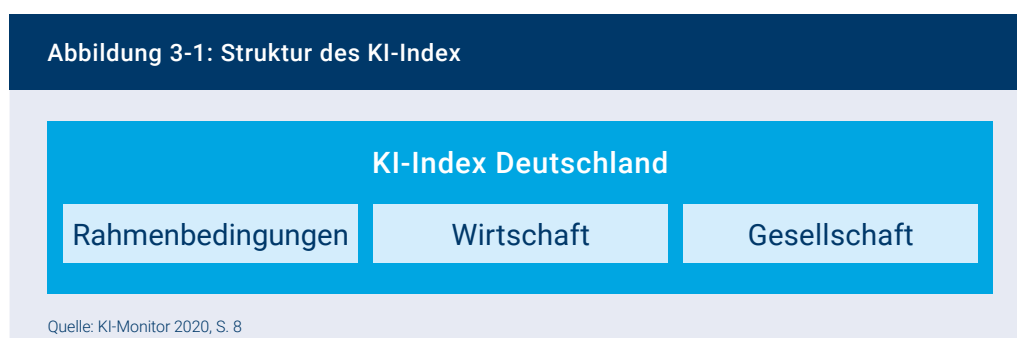
63 Kaspersky, 2020b.

64 Kaspersky, 2020c, S. 2.

65 Ebenda, S. 3.

3 Struktur und Bestandteile des KI-Index

Der KI-Monitor 2021 stellt die Fortschreibung des KI-Monitors des Jahres 2020 dar. Der KI-Monitor des Jahres 2020 hatte in erster Linie die Aufgabe, einen KI-Index zu entwickeln, der den Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland bewertet. Mit Hilfe der Fortschreibung des KI-Index im aktuellen Berichtsjahr 2021 kann somit zusätzlich die weitere Entwicklung über mehrere Jahre nachgezeichnet werden. Anhand der verwendeten Indikatoren, die drei Kategorien zugeordnet werden, lässt sich die Entwicklung zudem sehr kleinteilig beschreiben. Dadurch können entsprechend Handlungsbedarfe zielgenau identifiziert werden. Um die Vergleichbarkeit zum Vorjahr und damit die Aussagekraft der Ergebnisse des Index zu gewährleisten, werden weiterhin die zentralen Kategorien Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft verwendet (Abbildung 3-1), die im Folgenden kurz beschrieben werden.



In der Kategorie **Rahmenbedingungen** werden die Entwicklungen und Bedingungen in den Bereichen Infrastruktur sowie dem politischen Umfeld betrachtet. Zusätzlich werden ebenfalls das zur Verfügung stehende Know-how sowie die Interaktion zwischen Forschung und Unternehmen analysiert. Dadurch können Aussagen über den institutionellen Rahmen von KI getätigt werden, der die Entwicklungsmöglichkeiten stark beeinflussen kann. Der Vergleich mit dem vorhergehenden Bericht offenbart, inwieweit dies der Fall war.

In der Kategorie **Wirtschaft** wird untersucht, welche Bedeutung Unternehmen der KI zuordnen und inwieweit entsprechende Anwendungen bereits in Unternehmen umgesetzt werden. Die Nachfrage der Unternehmen nach KI-Experten wird ebenfalls erhoben. Durch die Betrachtung dieser Themen und deren Entwicklung im Vergleich zum Vorjahr kann tendenziell der Stand von KI-Anwendungen in Unternehmen näher betrachtet werden.

Die Kategorie **Gesellschaft** versucht die Bekanntheit von KI sowie die Befassung der Gesellschaft mit KI abzubilden. Dadurch soll die Akzeptanz, die ein wichtiger Faktor für die Implementierung von KI-Anwendungen ist, beleuchtet werden. Die Entwicklung im Vergleich zum Basisjahr 2019 und zum Jahr 2020 kann zudem Aufschluss darüber geben, wie sich die Akzeptanz im Zeitverlauf verändert hat.

Der Aussagegehalt der Kategorien und damit des Index als Ganzes beruht entscheidend auf der Auswahl der Indikatoren. Die Auswahlkriterien wurden bereits im Bericht des Jahres 2020⁶⁶ beschrieben, weshalb diese hier nur kurz dargestellt werden. Des Weiteren werden in diesem Bericht die Indikatoren, ihr Mehrwert sowie ihre Entwicklung jeweils einzeln beschrieben. Zunächst wird die Berechnung des Index erläutert. So lässt sich die Bedeutung der einzelnen Indikatoren, der Kategorien und das gesamte Vorgehen besser einordnen.

Für die Indexberechnung werden, wo nötig, möglich und sinnvoll, die Indikatoren auf den Wertebereich 0 bis 100 normalisiert, wobei 100 die maximal mögliche Ausprägung darstellt. Diese Normalisierung erfolgt, um Indikatoren mit verschiedenen Wertebereichen sowie absolutem Wachstum vergleichen zu können.

⁶⁶ Demary et al., 2020, S. 9.

Für die Berechnung des KI-Index werden die prozentualen Veränderungen der verwendeten Indikatoren (I) im Vergleich zum Basisjahr 2019 (Δ_I) berechnet. Im Vergleich mit den jeweiligen Werten des Vorjahres ergibt sich die Veränderung des jeweiligen Indikators (Δ_I^t) im Jahr t im Vergleich zum Vorjahr $t-1$. Diese Veränderungen der Indikatoren werden jeweils in den drei Kategorien Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft gleichgewichtet aufsummiert (Δ_K^t). Formell lässt sich dies folgendermaßen ausdrücken (mit n_K = Anzahl der Indikatoren je Kategorie):

$$\Delta_K^t = \frac{1}{n_K} \sum_{i=1}^{n_K} \Delta_{I_i}^t$$

Die Veränderungen der jeweiligen Kategorien Δ_K^t gehen wiederum gleichgewichtet in die Veränderung des Gesamtindex des Jahres t ein (Δ_{Index}^t). Für 2019 wurden der Gesamtindex (I_{2019}) sowie alle Kategorie-Indizes auf 100 normiert, um die weitere Entwicklung entsprechend im Vergleich zu diesem Basisjahr darstellen zu können. Generell gilt, dass der Gesamtindex des Jahres t , welcher mit bezeichnet I_t wird, sich aus dem Indexwert des Vorjahres I_{t-1} zuzüglich der Veränderung des Gesamtindex in diesem Jahr ergibt (Δ_{Index}^t). Der Indexwert des Jahres 2021 (I_{2021}) kann somit wie folgt berechnet werden:

$$I_{2021} = I_{2020} + \Delta_{Index}^{2021} = 100 + \Delta_{Index}^{2020} + \Delta_{Index}^{2021}$$

Der hintere Teil der Formel gibt wieder, dass dem Gesamtindex des Jahres 2019 der Wert 100 zugewiesen wurde und sich die Gesamtentwicklung seit 2021 in die Veränderung von 2019 auf 2020 sowie von 2020 auf 2021 aufspalten lässt.

Der KI-Index des aktuellen Jahres 2021 gibt somit an, wie sich der Stand der KI im Vergleich zum Basisjahr 2019 in Deutschland entwickelt hat. Zusätzlich kann durch den Vergleich der Indexwerte aus dem aktuellen Jahr mit dem Vorjahr 2020 der Beitrag des vergangenen Jahres zur Entwicklung der KI näher bestimmt werden. Dies kann ebenfalls für jede der drei Kategorien Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft und die darin enthaltenen Indikatoren durchgeführt werden, wodurch auf Ebene der Kategorien und Indikatoren die Entwicklung detailliert im Vergleich zum Basisjahr 2019 sowie zum Vorjahr nachgezeichnet werden kann. Im Folgenden werden zunächst die verwendeten Indikatoren kurz vorgestellt und ihre Entwicklung näher betrachtet.

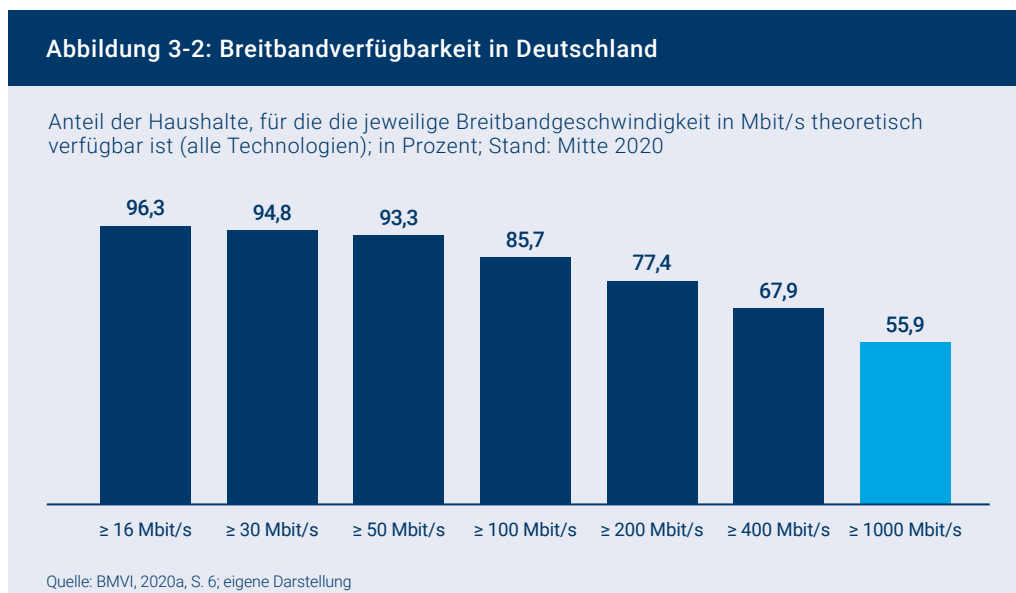
3.1 Kategorie Rahmenbedingungen

In dieser Kategorie werden die Rahmenbedingungen thematisiert, mit denen sich Wirtschaft und Gesellschaft im Kontext von KI konfrontiert sehen. Dabei ist der Rahmen breit gefasst und erstreckt sich über technische und politische Voraussetzungen bis zur Verfügbarkeit von Fachkräften mit KI-relevanten Kompetenzen auf dem Arbeitsmarkt sowie der Forschungsaktivität im KI-Umfeld. In gewisser Weise gelten die Rahmenbedingungen als Basis für eine erfolgreiche Anwendung von KI in Wirtschaft und Gesellschaft. Gleichermäßen verdeutlicht eine verstärkte und erfolgreiche Anwendung von KI die Notwendigkeit, die Rahmenbedingungen weiter auszubauen und das KI-Umfeld noch attraktiver zu gestalten. Insgesamt werden die Rahmenbedingungen mittels fünf Indikatoren bewertet.

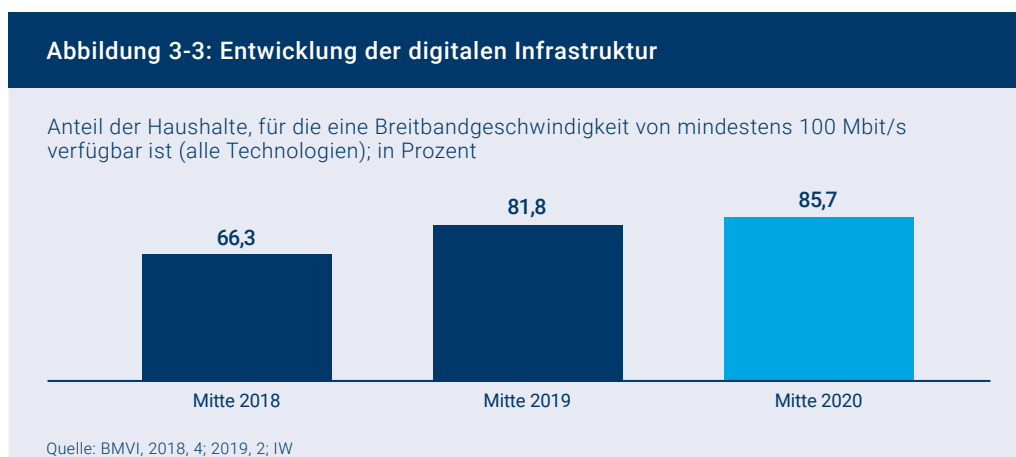
3.1.1 Digitale Infrastruktur

Ein flächendeckender Breitbandausbau mit hinreichend hohen Geschwindigkeiten ist elementar, damit Daten verzögerungsfrei und schnell erhoben, verarbeitet und übertragen werden können. Dies sind Eigenschaften, die für den Einsatz von KI in Unternehmen und Gesellschaft unabdingbar sind. Nur bei leistungsstarken Netzen können die meisten KI-Anwendungen verlässlich eingesetzt werden und reibungsfrei funktionieren. Damit ist die digitale Infrastruktur eine wesentliche technische Rahmenbedingung von KI, die deren Einsatz entweder ermöglichen und beflügeln oder aber ausbremsen kann.

Die Breitbandverfügbarkeit der Haushalte in Deutschland ist ein geeigneter Indikator, um diese technischen Rahmenbedingungen sowohl im gesellschaftlichen als auch im unternehmerischen Umfeld abzubilden. Der Grund dafür ist, dass viele Gebiete in Deutschland Mischgebiete sind, die gleichzeitig Unternehmen und private Haushalte beherbergen.⁶⁷ Die Verfügbarkeit schnellen Internets der Haushalte ist demnach auch eine gute Approximation der Breitbandverfügbarkeit von Unternehmen. Im Jahr 2020 war die Breitbandverfügbarkeit der Haushalte je nach Geschwindigkeit sehr unterschiedlich (Abbildung 3-2). Während bei knapp 86 Prozent der Haushalte zumindest theoretisch mindestens 100 Mbit pro Sekunde verfügbar sind, haben nur knapp 56 Prozent Zugang zu Gigabit-Netzen.



Im Vergleich zum Jahr 2019 hat die Verfügbarkeit von Breitband aller Geschwindigkeiten zugenommen, was den laufenden Netzausbau widerspiegelt.⁶⁸ Am deutlichsten fiel mit rund 22 Prozentpunkten der Zuwachs in der Geschwindigkeitsklasse von mindestens 1.000 Mbit/s aus. Dafür ist vor allem der Ausbau von TV-Kabelnetzen (CATV) auf Basis der DOCSIS 3.1-Technologie und der Ausbau von FTTB/H-Glasfasernetzen ursächlich.⁶⁹ In den KI-Index findet der prozentuale Anteil der Haushalte mit einer Breitbandverfügbarkeit der Geschwindigkeitsklasse über 100 Mbit/s Eingang. Auch in dieser Geschwindigkeitsklasse zeigt sich 2020 im Vergleich zu 2019 eine Verbesserung (Abbildung 3-3). Dafür ist vorwiegend der zunehmende Einsatz der Super-Vectoring-Technologie verantwortlich.⁷⁰



⁶⁷ Büchel et al., 2020, S. 7.

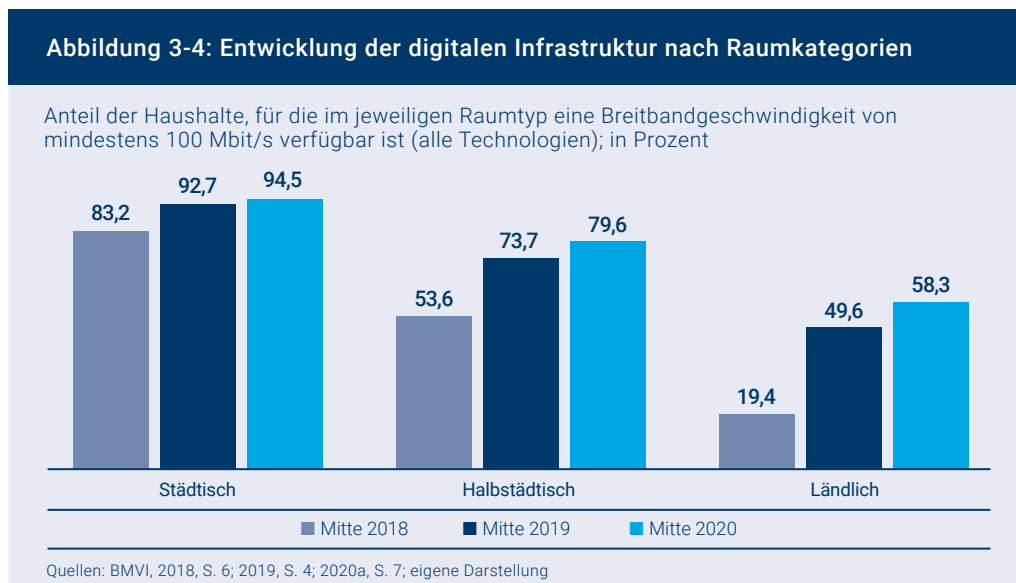
⁶⁸ BMVI, 2019, S. 2.

⁶⁹ BMVI, 2020b, S. 6.

⁷⁰ Ebenda, S. 6.

Nachdem die Breitbandverfügbarkeit im Zeitraum von 2018 bis 2019 um etwa 16 Prozentpunkte wuchs, hat sie sich von 2019 auf 2020 um rund 4 Prozentpunkte gesteigert. Zur Berechnung des KI-Index 2021 wird die prozentuale Veränderung der Breitbandverfügbarkeit am aktuellen Datenrand 2020 zum Basisjahr 2018 in Höhe von 29,3 Prozent herangezogen. Zwar wurde die Breitbandverfügbarkeit in den vergangenen zwei Jahren beträchtlich ausgebaut, allerdings geht es gerade in den ländlichen Räumen mit dem Ausbau nach wie vor in überschaubarem Tempo voran (Abbildung 3-4). In städtischen Regionen ist im Vergleich dazu mit rund 95 Prozent bereits für einen Großteil der Haushalte ein Breitbandnetz mit mindestens 100 Mbit/s verfügbar.

Die räumliche Disparität ist besonders deshalb besorgniserregend, weil KI flächendeckend und nicht nur punktuell in Unternehmen in Deutschland zum Einsatz kommen sollte. Viele industrielle Unternehmen befinden sich in ländlichen oder halbstädtischen Regionen. Es ist also für die Verbreitung der Nutzung von KI dringend notwendig, ebenso in diesen Regionen den Breitbandausbau zügig voranzutreiben. Zukünftig werden zudem die Anforderungen an das Breitbandnetz noch weiter steigen, was die Notwendigkeit eines zügigen Ausbaus verdeutlicht. Auch im gesellschaftlichen Umfeld sollten KI-Anwendungen unabhängig von unterschiedlichen Raumstrukturen reibungsfrei funktionieren. So können beispielsweise im Mobilitätssektor räumliche Unterschiede und aufgrund dessen eingeschränkte Anwendungsmöglichkeiten die gesamtheitliche Wirksamkeit von KI-Anwendungen stark einschränken. Auch im Hinblick auf die Verlässlichkeit und schließlich das gesellschaftliche Vertrauen in KI ist die Überwindung dieser Disparitäten von zentraler Bedeutung.

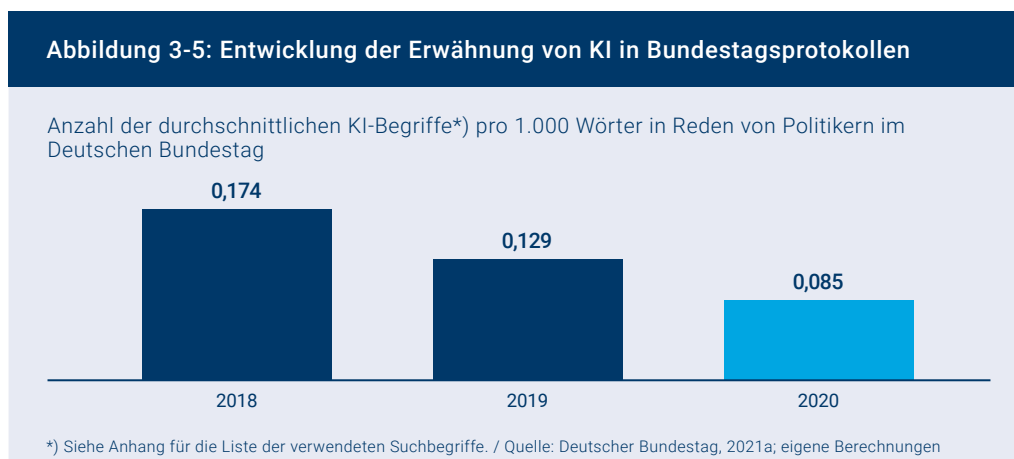


3.1.2 KI in Bundestagsprotokollen

Die Politik kann als entscheidende Einflussgröße auf die Rahmenbedingungen und somit die Entwicklung von KI in Deutschland wirken (vgl. Abschnitt 2.1). Sie kann nicht nur Anreize für Unternehmen zum Einsatz von KI schaffen, sondern ebenfalls gesetzgeberisch den politisch-rechtlichen Rahmen vorgeben. Die Festlegung des Rechtsrahmens ist gerade in der Frühphase, in der sich KI derzeit noch befindet und demnach im Angesicht der noch ungeklärten Rechtsfragen, von entscheidender Bedeutung. Die Politik kann somit einen direkten Einfluss auf Unternehmen ausüben, indem Rechtssicherheit geschaffen und Investitionsanreize in KI-Anwendungen gesetzt werden. Ebenfalls kann mit gezielten Förderungen ein entscheidender Beitrag geleistet werden, um die KI-Forschungslandschaft in Deutschland und die Schnittstelle zwischen Forschung und Wirtschaft zu stärken. Zudem kann auf politischer Ebene die Organisation der Aus- und Weiterbildung KI-relevanter Arbeitskräfte vorangetrieben werden. All dies setzt jedoch zunächst eine Beschäftigung mit KI in der Politik und eine Wahrnehmung der Vorteile sowie Chancen von KI für den Standort Deutschland voraus.

Die Intensität, mit der sich die politische Ebene mit dem Einsatz von KI beschäftigt, wird im KI-Monitor mithilfe der Anzahl an KI-relevanten Nennungen in Bundestagsprotokollen gemessen. Dazu werden alle Plenarprotokolle der Sitzungen des Deutschen Bundestages für die 19. Wahlperiode untersucht.⁷¹ Insgesamt sind davon 66 Plenarsitzungen mit 6.099 Reden im Jahr 2018, 65 Plenarsitzungen mit 6.976 Reden im Jahr 2019 und 64 Plenarsitzungen mit 7.204 Reden im Jahr 2020 betroffen.

Die Plenarprotokolle werden mittels einer automatisierten Stichwortsuche auf KI-Begriffe untersucht (siehe Anhang). Um aussagekräftigere Zahlen zu erhalten, wird der anschließend gebildete Anteil der KI-relevanten Nennungen an der Gesamtzahl aller Wörter pro Rede mit 1.000 multipliziert – also pro 1.000 Wörter ausgewiesen. Der schlussendliche Indikatorwert des jeweiligen Jahres bildet sich, indem die Anteile an KI-Nennungen pro 1.000 Wörter über alle Reden des jeweiligen Jahres gemittelt werden. Demnach treten 2018 durchschnittlich 0,17 KI-Begriffe je 1.000 Wörter in den jahreszugehörigen Reden im Bundestag auf. Im Jahr 2019 sind es 0,13 und 2020 nur noch 0,09 (Abbildung 3-5). Nach einem Rückgang dieses Indikators um etwa 26 Prozent im Zeitraum von 2018 bis 2019, verzeichnete das letzte Jahr einen weiteren Rückgang um rund 34 Prozent. In die Berechnung des KI-Index 2021 findet die prozentuale Abweichung von 2020 zum Basisjahr 2018 in Höhe von -51,1 Prozent Eingang.



3.1.3 Informatikabsolventen

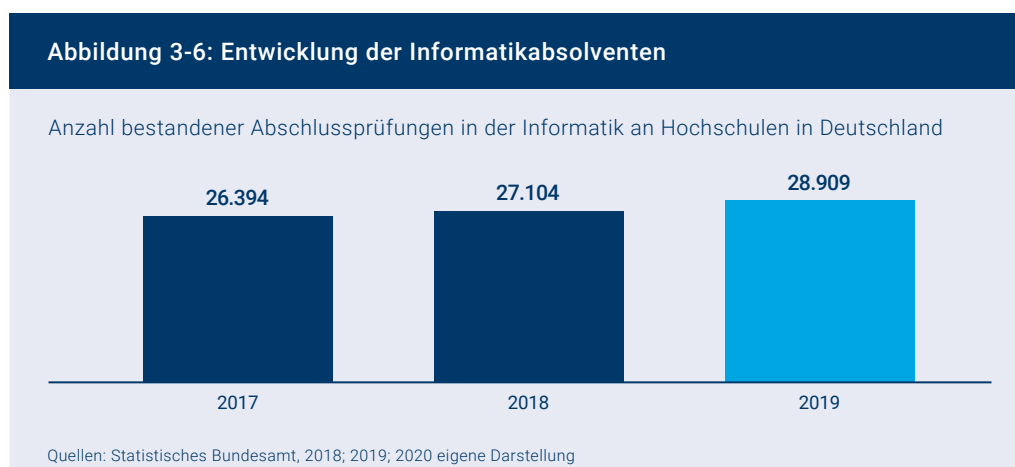
In einer repräsentativen Befragung unter 603 Unternehmen in Deutschland im Frühjahr 2021 stimmten 74 Prozent der Befragten der Aussage zu, dass an den Hochschulen mehr KI-Experten ausgebildet werden sollten.⁷² In derselben Befragung führten 49 Prozent der Unternehmen, für die KI-Anwendungen im Moment kein Thema sind, diesen Umstand unter anderem auf fehlende personelle Ressourcen zurück. Das fehlende Personal war damit diejenige Ursache, die am häufigsten genannt wurde. Diese aktuellen Befragungsergebnisse verdeutlichen, welchen Engpass fehlendes Know-how bei der Implementierung von Künstlicher Intelligenz in Deutschland zurzeit darstellt.

Spezielles Know-how wird insbesondere benötigt, um KI-Anwendungen zu programmieren und in Unternehmensprozesse, wie beispielsweise Produktionsabläufe, passgenau zu integrieren. Zusätzlich müssen KI-Anwendungen laufend beaufsichtigt werden, um zeitnah auf auftretende Probleme reagieren zu können. Schlussendlich sind Unternehmensprozesse im Zeitverlauf dynamisch, sodass KI-Anwendungen auch weiterentwickelt und auf die aktuellen Unternehmensbedarfe abgestimmt werden müssen, wenn beispielweise ein Produkt verändert oder neu eingeführt wird. Durch den Einsatz von digitalen Anwendungen können zudem neue Daten gesammelt werden, welche zur gezielten Weiterentwicklung von bestehenden sowie zur Entwicklung neuer KI-Anwendungen genutzt werden können. Auch hier kommt dem Fachpersonal eine Schlüsselrolle zu.

⁷¹ Deutscher Bundestag, 2021a.

⁷² Bitkom, 2021.

Wie im KI-Monitor des Jahres 2020 wird vor diesem Hintergrund die Angebotsseite des Arbeitsmarktes für KI-relevante Kompetenzen im KI-Monitor über die Anzahl an bestandenen Abschlussprüfungen im Fachbereich Informatik abgebildet. Dies ist insbesondere dadurch gerechtfertigt, dass KI-Kompetenzen aus Unternehmenssicht oftmals mit einem Studienabschluss aus den MINT-Fachrichtungen, insbesondere der Informatik, einhergehen. Dies ergab eine Untersuchung von 10.958 Stellenanzeigen in KI-relevanten Berufen im ersten Quartal 2020.⁷³ Wird in den Stellenanzeigen ein Abschluss vorausgesetzt, ist in 96 Prozent ein Studium erwünscht. Dabei werden allein in knapp 60 Prozent der Stellenanzeigen mit geforderter Fachrichtung Studienabsolventen aus dem Informatik-Bereich gesucht. Zudem veranschaulicht der Wunsch der ausschreibenden Unternehmen nach allgemeiner anstelle von spezifischer Berufserfahrung die Vielseitigkeit von KI-Kompetenzen: Die erlernten Fähigkeiten stehen im Vordergrund und können über verschiedene Branchen und Bereiche hinweg vielseitig eingesetzt werden.⁷⁴



Bei der Betrachtung der Anzahl an Informatikabsolventen – gemessen an der Anzahl an bestandenen Abschlussprüfungen im Fachbereich Informatik gemäß Angaben des Statistischen Bundesamts⁷⁵ – wird deutlich, dass sich die positive Entwicklung des KI-Monitors 2020 fortgesetzt hat (Abbildung 3-6). Gegen Ende des Jahres 2020 wurden vom Statistischen Bundesamt die Absolventenzahlen des Jahres 2019 bekanntgegeben.⁷⁶ Für das Jahr 2019 konnten 28.909 bestandene Abschlussprüfungen gemeldet werden. 2017 – das Basisjahr des KI-Monitors – waren es lediglich 26.394 und im Jahr 2018 27.104 bestandene Abschlussprüfungen. Somit ist die Anzahl bestandener Abschlussprüfungen von 2017 bis 2019 um rund 9,5 Prozent gewachsen. Dieser Wert wird zur Berechnung des KI-Index 2021 herangezogen. Rund 2,7 Prozentpunkte sind auf den Zuwachs von 2017 auf 2018 zurückzuführen und circa 6,8 Prozentpunkte auf den Zuwachs von 2018 auf 2019.

3.1.4 Wissenschaftliche KI-Publikationen

Eine weitere Rahmenbedingung für die Entwicklung der KI in Deutschland bildet die KI-Forschung in wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen. Gerade für hochtechnologische Innovationen stellt die Grundlagenforschung eine wesentliche Voraussetzung dar, die in der Regel in öffentlich finanzierten Forschungsinstitutionen erfolgt.⁷⁷ Besonders anwendungsorientierte KI-Lösungen basieren häufig auf Verfahren, die kurz zuvor im Rahmen allgemeiner Grundlagenforschung begründet wurden.⁷⁸ Vor diesem Hintergrund ermöglicht eine höhere Forschungsaktivität zum Thema KI in der Wissenschaft bessere Rahmenbedingungen für die Entstehung und damit auch für die Entwicklung von KI in Deutschland.

⁷³ Büchel/Mertens, 2021.

⁷⁴ Ebenda, S. 12-14.

⁷⁵ Statistisches Bundesamt, 2018; 2019; 2020.

⁷⁶ Statistisches Bundesamt, 2020.

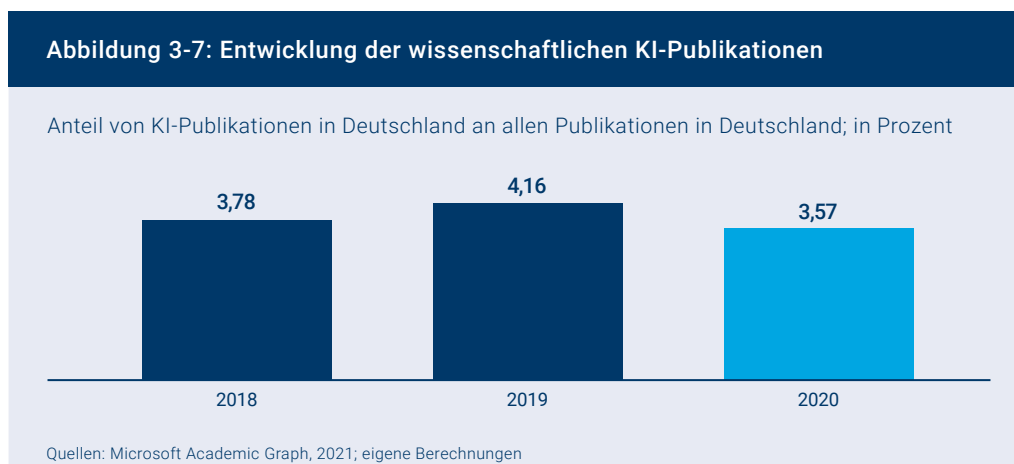
⁷⁷ Specht et al., 2002.

⁷⁸ Ebenda.

Die wissenschaftliche Forschungsleistung zum Thema KI wird anhand der Betrachtung der wissenschaftlichen Publikationen gemessen. Zur Identifikation der relevanten Forschungsbeiträge wird die Datenbank Microsoft Academic⁷⁹ verwendet. Jeder Beitrag in der Datenbank ist dabei jeweils einer thematischen Kategorie zugeordnet. Für den Indikator werden nur solche Publikationen berücksichtigt, die in der Datenbank der Kategorie „Artificial Intelligence“ zugeordnet sind und mindestens einen Autor einer deutschen Forschungseinrichtung ausweisen.

Für das Jahr 2020 können vor diesem Hintergrund insgesamt 7.126 KI-relevante Publikationen identifiziert werden. Im Jahr 2019 lag diese Gesamtzahl aller deutschen KI-Publikationen bei 6.748, während sie im Jahr 2018 noch 5.653 betrug. Um für die allgemeine Entwicklung der wissenschaftlichen Publikationen in der Datenbank zu kontrollieren, wird die Gesamtzahl aller deutschen KI-Publikationen zur Gesamtzahl aller deutschen wissenschaftlichen Forschungsbeiträge ins Verhältnis gesetzt. So wird die relative Bedeutung der KI-Forschung für die deutsche Forschungslandschaft nicht nur operationalisiert, sondern auch um mögliche Verzerrungen, wie beispielsweise Publikationstrends, bereinigt. In diesem Zusammenhang wird unmittelbar deutlich, dass die Gesamtheit aller deutschen Forschungsbeiträge ebenfalls kontinuierlich von 149.579 im Jahr 2018 und 162.044 im Jahr 2019 auf 199.602 im Jahr 2020 gestiegen ist.

Auf diese Weise wird schließlich die Entwicklung des Anteils von KI-Publikationen in Deutschland an allen wissenschaftlichen Publikationen in Deutschland in Prozent betrachtet. Während dieser Anteil 2019 noch bei 4,16 Prozent lag, sank er auf 3,57 Prozent im Jahr 2020 (Abbildung 3-7). So ist für den Zeitraum von 2019 bis 2020 eine Wachstumsrate von -14 Prozent zu konstatieren. Im Vorjahresbericht konnte noch eine Wachstumsrate von +10 Prozent beobachtet werden, weil der Anteil der deutschen KI-Publikationen an allen wissenschaftlichen Publikationen in Deutschland von 3,78 Prozent auf 4,16 Prozent stieg. Damit ergibt sich schließlich eine Wachstumsrate von 2020 gegenüber dem Jahr 2018 in Höhe von -5,5 Prozent, die in die Indexberechnung für den KI-Index 2021 einfließt.



3.1.5 Kooperationen zwischen KI-Forschung und Unternehmen

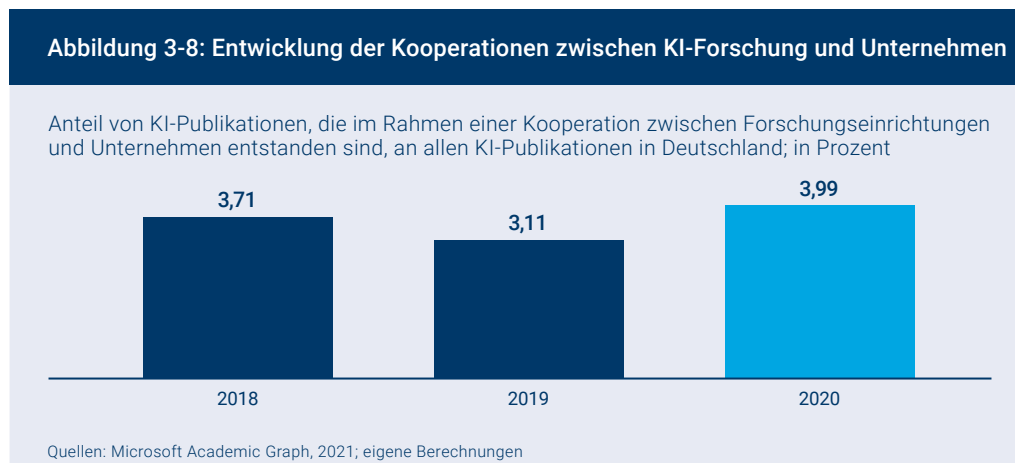
Eine wichtige Komponente für den Aufbau der notwendigen Kompetenzen zur Entwicklung von KI-Systemen sind Forschungsk Kooperationen zwischen (reinen) Forschungseinrichtungen wie beispielsweise Universitäten und Unternehmen, die ebenfalls den Rahmenbedingungen für KI zuzuordnen sind. In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, dass (universitäre) Forschungseinrichtungen und Unternehmen typischerweise über komplementäre Wissensressourcen verfügen, die in der Kombination gemeinsam nutzbar gemacht werden können. So wird unmittelbar aus dem Forschungsauftrag universitärer Einrichtungen deutlich, dass hier primär Grundlagenforschung im Fokus steht, während aus dem vordergründigen Wirtschaftlichkeitsgedanken in Unternehmen vielmehr die gewerbliche Anwendbarkeit und die Gewinnorientierung im Mittelpunkt stehen.⁸⁰

⁷⁹ Microsoft Academic, 2021.

⁸⁰ Specht et al., 2002.

Aus innovationsökonomischer Perspektive ist dabei die Bedeutung von so genannten Spillover-Effekten hervorzuheben.⁸¹ Vor diesem Hintergrund kommt es zu einem gegenseitigen Wissens- und Technologietransfer zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Die Bedeutung von Spillovern aus der Grundlagenforschung für unternehmerische Innovationen finden sich in zahlreichen Studien zur Erklärung von Innovations- und Wachstumsprozessen wieder.⁸² Weitere Studien betonen zudem die Relevanz der Zusammenarbeit von unternehmerischen und universitären Forschern, um komplementäre Kompetenzen zu verbinden und verschiedene Wissensressourcen aus der Grundlagenforschung für die angewandte Forschung nutzbar zu machen.⁸³ Je mehr Forschungseinrichtungen und Unternehmen zusammenarbeiten, desto besser ist dies für die Entwicklung der Rahmenbedingungen im Hinblick auf KI.

Der Indikator der Kooperationen zwischen KI-Forschung und Unternehmen verwendet die Anzahl der wissenschaftlichen KI-Publikationen in Deutschland, bei der jeweils mindestens eine Forschungseinrichtung und ein Unternehmen beteiligt sind.⁸⁴ Explizit werden aus dem Datensatz der wissenschaftlichen KI-Publikationen in Deutschland aus Kapitel 3.1.4 manuell alle beteiligten Institutionen herausgearbeitet, um jeweils Unternehmen oder Forschungseinrichtungen zu identifizieren. Schließlich führt eine Filterung der Publikationen nach solchen, die mindestens eine Forschungseinrichtung und mindestens ein Unternehmen implizieren, zur Identifikation von Kooperationsbeiträgen. Auch wenn nicht alle Forschungsk Kooperationen in eine solche (wissenschaftliche) Publikation münden, so bilden wissenschaftliche Publikationen die Kooperationsfähigkeit dennoch hinreichend ab.⁸⁵ Andere Arten der Kooperation, die beispielsweise zu gemeinsamen Patenten führen, spielen eine untergeordnete Rolle zur Messung der Kooperationsfähigkeit. Patente werden vermehrt von den Unternehmen zur Anmeldung gebracht, wobei Kooperationen mit Forschungseinrichtungen sicherlich auch hierzu beitragen, ohne als explizit anmeldende Institution in den Patentvolltexten deutlich zu werden.⁸⁶



Für die Jahre 2018 und 2019 wurden insgesamt jeweils 210 KI-Publikationen identifiziert, die im Rahmen einer Forschungs-Unternehmens-Kooperation entstanden sind. Für das Jahr 2020 lassen sich 284 solcher Publikationsbeiträge finden. Für den Eingang in den Index wird schließlich die jeweilige Menge der Kooperationsbeiträge in das Verhältnis zur Gesamtzahl an KI-Publikationen des jeweiligen Jahres in Deutschland (2018: 5.653; 2019: 6.748; 2020: 7.126) gesetzt, um wiederum für die allgemeine Entwicklung der wissenschaftlichen Publikationen im Datensatz zu kontrollieren. Der Anteil von kooperativen KI-Publikationen an allen KI-Publikationen in Deutschland betrug 2019 insgesamt 3,11 Prozent und stieg auf rund 4 Prozent im Jahr 2020 an (Abbildung 3-8). Vor diesem Hintergrund lässt sich eine Wachstumsrate von 2019 bis 2020 von 28,1 Prozent berechnen. Im Vorjahresbericht konnte noch ein negatives Wachstum von -16 Prozent

81 Haribi, 1997, S. 22.

82 Zum Beispiel Dasgupta/Stiglitz, 1980; Monjon/Waelbroeck, 2003.

83 Wang/Kong, 2019; Ahuja, 2000; Becker/Dietz, 2004.

84 Zur Identifikation der KI-Publikationen siehe Abschnitt 3.1.4.

85 Monjon/Waelbroeck, 2003.

86 Eom/Lee, 2010.

verzeichnet werden, da der Anteil von 3,71 Prozent im Jahr 2018 auf 3,11 Prozent im Jahr 2019 gesunken war. Im Vergleich zum Jahr 2018 ergibt sich damit 2020 eine Wachstumsrate von 7,3 Prozent, die in die Indexberechnung für den KI-Index im Erhebungsjahr 2021 einfließt.

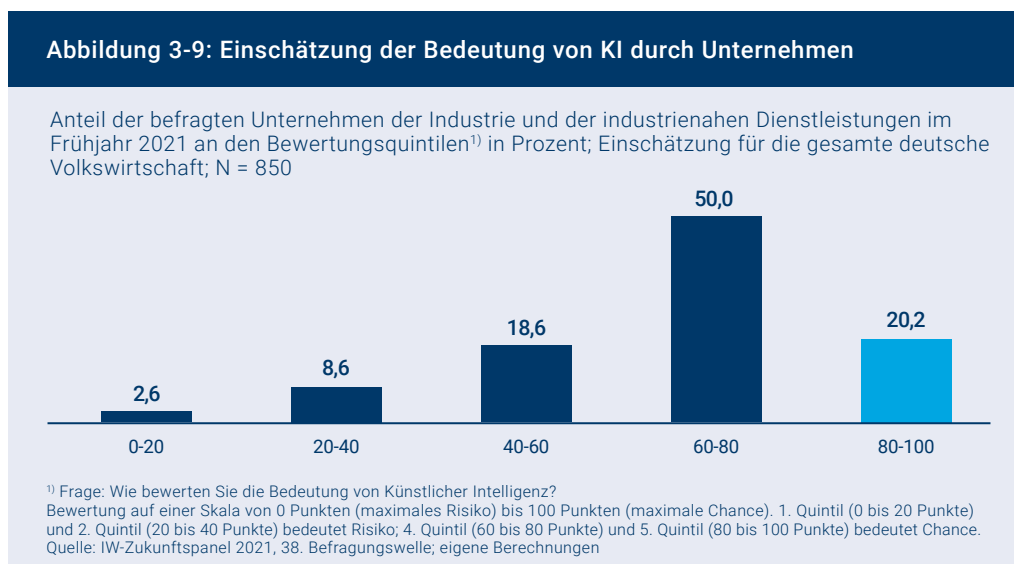
3.2 Kategorie Wirtschaft

In der Kategorie Wirtschaft liegt der Fokus auf der Wahrnehmung, Nutzung und Einschätzung von KI durch Unternehmen. Um die Beabsichtigung der KI-Nutzung abbilden zu können, wird ebenfalls die Nachfrage der Unternehmen auf dem Arbeitsmarkt nach Fachkräften in KI-relevanten Berufen genauer untersucht. Zudem ist in der Kategorie in Form der KI-Patentaktivität eine Kennzahl für die Innovationskraft der KI anwendenden Unternehmen enthalten. Insgesamt besteht die Kategorie Wirtschaft aus fünf Indikatoren.

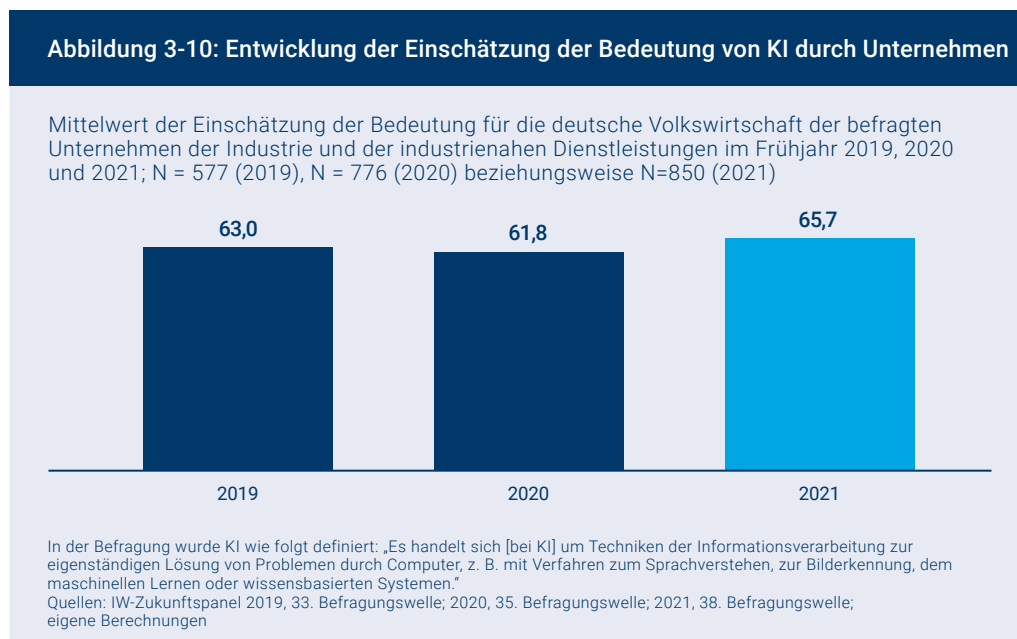
3.2.1 Einschätzung der Bedeutung von KI durch Unternehmen

Als Grundvoraussetzung zur Integration von KI im eigenen Produktionsprozess gilt, dass Unternehmen einen (potenziellen) Mehrwert in der Verwendung von KI erkennen. Nur wenn dies gegeben ist, ist zu erwarten, dass Unternehmen KI in ihren Produktionsprozessen einsetzen oder dies in Erwägung ziehen. Um die Einschätzung der Unternehmen zu offenbaren, wurde für den KI-Index erneut eine Unternehmensbefragung im Zuge des IW-Zukunftspanels der IW Consult durchgeführt.⁸⁷ Eine analoge Befragung wurde auch in den Jahren 2019 und 2020 durchgeführt, wodurch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse über die Zeit gewährleistet ist. Im Zuge dieser Befragung wurden Geschäftsführer von Industrieunternehmen und industrienahen Dienstleistungsunternehmen in Deutschland um ihre Einschätzung gebeten, wie sie die ökonomische Bedeutung von KI für Deutschland einschätzen. Die Antwortskala reichte hierbei von einem Wert von 0 für maximales Risiko bis hin zu einem Wert von 100 für maximale Chance.

Beim Blick auf die Verteilung der Antworten der befragten Unternehmen aus dem Jahr 2021 zeigt sich, dass die Einschätzung der Wirtschaft gegenüber KI sehr positiv ist (Abbildung 3-9). Insgesamt nehmen etwa elf Prozent der Unternehmen KI für den Wirtschaftsstandort Deutschland eher als eine Gefahr wahr (Werte kleiner als 40). Über 70 Prozent der Unternehmen hingegen sehen KI als Chance an (Werte größer als 60). Jedes fünfte Unternehmen verortet die Chancen von KI sogar in der höchstmöglichen Kategorie (Werte über 80). Im Vergleich zum Vorjahr kommt es damit zu zwei erfreulichen Entwicklungen: Der Anteil der Unternehmen, die KI als Risiko für die deutsche Volkswirtschaft sehen, ist leicht gesunken (von vierzehn Prozent im Jahr 2020 auf elf Prozent im Jahr 2021). Auf der anderen Seite ist der Anteil der Unternehmen, die KI als Chance sehen, von rund 60 Prozent im Jahr 2020 auf etwa 70 Prozent im Jahr 2021 gestiegen.



Diese Entwicklung der Antwortstruktur hin zu einer noch positiveren Einschätzung von KI für die deutsche Volkswirtschaft führt auch zu einem Anstieg bei der mittleren Einschätzung der Unternehmen (Abbildung 3-10): Im Jahr 2021 beträgt der Mittelwert der Antworten der befragten Unternehmen knapp 66 Punkte. Damit liegt dieser Wert im positiven Bereich von über 60 Punkten und ist zudem angestiegen – ausgehend von einem arithmetischen Mittel von rund 62 im Jahr 2020. Über die letzten drei Jahre betrachtet bedeutet dies, dass dieser Indikator des KI-Monitors im Vorjahresvergleich erstmalig eine positive Entwicklung gemacht hat und die Unternehmen die Chancen von KI für die deutsche Volkswirtschaft noch positiver einschätzen als ein Jahr zuvor. Für den KI-Index im Erhebungsjahr 2021 wird die prozentuale Veränderung des aktuellen Mittelwerts der Antworten der befragten Unternehmen aus dem Jahr 2021 zum Basisjahr 2019 in Höhe von gut 4 Prozent herangezogen.



3.2.2 Einsatz von KI in Unternehmen

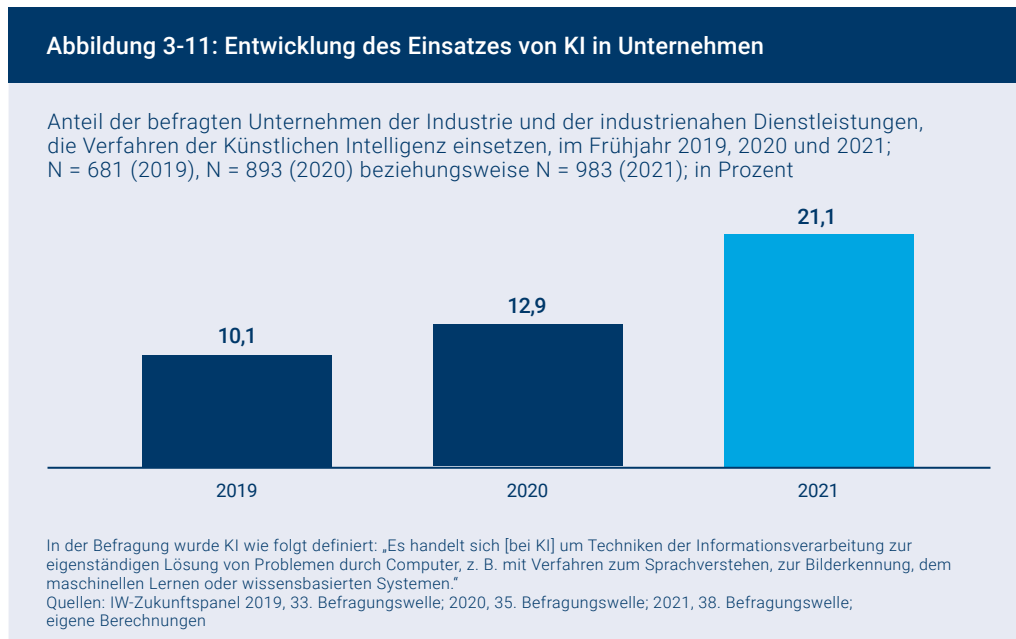
Um die Bedeutung von KI in den Unternehmen abzuschätzen, wird der Teil der Unternehmen bestimmt, der bereits KI im Produktionsprozess verwenden. Dabei wird nicht nur der Anteil der Unternehmen einbezogen, welcher die Nachfrager von KI-Systemen darstellt, indem beispielweise eine KI-basierte Dienstleistung eines anderen Unternehmens im eigenen Verfahren in Anspruch genommen wird. Sondern es werden auch Unternehmen erfasst, die intern KI-Systeme entwickeln, testen und anwenden und demnach auch eine Anbieterrolle für KI-Systeme einnehmen. Die Frage nach ihrem Einsatz von KI-Verfahren kann bei den befragten Unternehmen also sowohl angebots- als auch nachfrageseitige Aktivitäten abdecken.

Die Datenbasis für diesen Indikator wird ebenfalls mit der unter Abschnitt 3.2.1 erwähnten Befragung der deutschen Unternehmen erhoben. Bei derartigen Unternehmensbefragungen ergeben sich in der Frage der Nutzung von KI in Unternehmen je nach spezifischer Frage und dem gewählten Unternehmenssample potenziell große Unterschiede.⁸⁸ Um eine Entwicklung über die Zeit abzubilden, ist es daher besonders wichtig, jeweils einem gleichwertig repräsentativen Unternehmenssample die gleiche Frage zu stellen. Dies ist bei der Vorgehensweise im KI-Monitor gewährleistet.

Im Ergebnis der aktuellen Befragung zeigt sich, dass im Frühjahr 2021 gut 21 Prozent der befragten Unternehmen angaben, KI in ihrem Betrieb einzusetzen (Abbildung 3-11). Damit setzt sich der positive Entwicklungsprozess dieses Indikators mit einer beschleunigten Dynamik fort: Nachdem der Anteil der KI-einsetzenden Unternehmen im Erhebungszeitraum 2019 auf

⁸⁸ Für eine aktuelle Studie siehe beispielsweise Bitkom, 2021.

2020 von rund zehn Prozent auf knapp dreizehn Prozent angestiegen war, erhöhte sich der Wert im Frühjahr 2021 auf über ein Fünftel aller Unternehmen. Die Verwendung von KI in der Wirtschaft setzte sich dementsprechend weiter fort, was zu der positiven Einschätzung der Unternehmen mit Blick auf die Chancen, die in der Verwendung von KI gesehen werden, passt (siehe Kapitel 3.2.1). In die Berechnung des Indexwertes im KI-Monitor 2021 wird die prozentuale Veränderung des Anteils der befragten Unternehmen, die angeben, KI in ihrem Betrieb einzusetzen, zum Basisjahr 2019 in Höhe von 109 Prozent aufgenommen.



3.2.3 KI in Geschäftsberichten

Eine weitere Möglichkeit, die Wahrnehmung und Nutzung von KI in deutschen Unternehmen zu bestimmen, kann über die Verwendung der Begrifflichkeit KI in den Geschäftsberichten der DAX-30-Unternehmen erfolgen. Die DAX-30-Unternehmen sind zwar nicht repräsentativ für die deutsche Unternehmenslandschaft, sie haben jedoch durch ihre Größe und ihre Rolle in den ausgeprägten, verzweigten Wertschöpfungsketten eine besondere Bedeutung für die deutsche Wirtschaft und häufig eine Vorbildfunktion.⁸⁹ In den jährlich erscheinenden Geschäftsberichten wird neben den buchhalterischen Zahlen auch ausführlich über die allgemeine Situation, Herausforderungen, Potenziale und die strategische Ausrichtung berichtet. Wie häufig das Thema KI hierbei adressiert wird, gibt einen Einblick, wie relevant KI für die Geschäftsmodelle dieser Unternehmen ist.

Für die Analyse werden die Geschäftsberichte der Unternehmen herangezogen, die in dem jeweils betrachteten Jahr den DAX-30 bilden. Im KI-Monitor 2021 sind dies die Unternehmen, die diesem Aktienindex im Mai 2021 angehörten.⁹⁰ Die Geschäftsberichte aller dieser Unternehmen stehen online zur Verfügung. Dies bedeutet auch, dass sich die für die Berechnung des KI-Monitors verwendeten Unternehmen in den einzelnen Betrachtungsjahren unterscheiden. Mit Blick auf ihre Vorbildfunktion und ihren Einfluss auf die gesamte deutsche Volkswirtschaft ist dies ausdrücklich gewünscht.

Im aktuellen KI-Monitor gab es gegenüber dem Erhebungsjahr 2020 drei Veränderungen bei den enthaltenen Unternehmen: Für Wirecard und die Lufthansa, die 2020 aus dem DAX ausgeschieden, stiegen die Deutsche Wohnen und Delivery Hero in den DAX-30 auf. Zudem wurde im Frühjahr 2021 Beiersdorf durch Siemens Energy ersetzt.

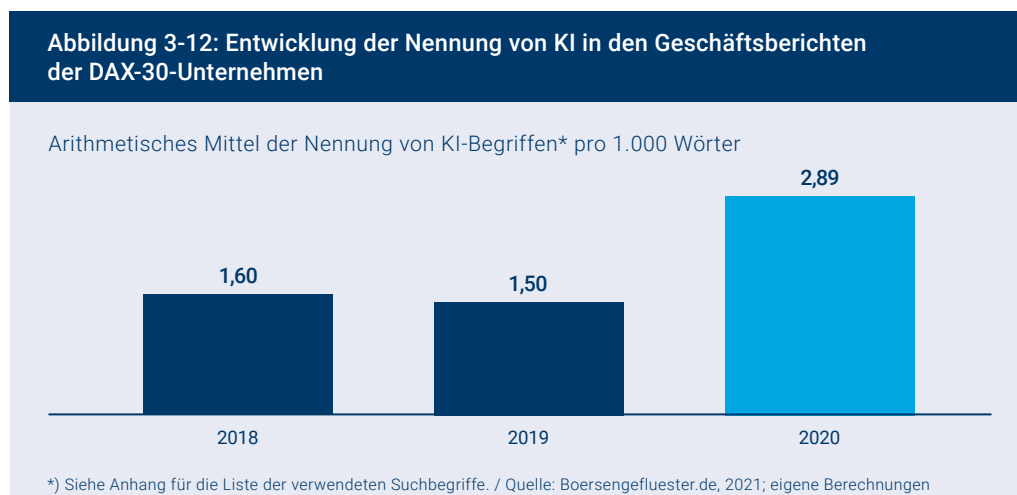
⁸⁹ Kilian/Hennings, 2011, S. 250.

⁹⁰ Für die aktuell im DAX-30 gelisteten Unternehmen siehe Boersengefluester.de, 2021.

Für die Analyse werden die Geschäftsberichte zunächst mittels optischer Zeichenerkennung, einem Verfahren der maschinellen Datenerfassung, eingelesen und in maschinenlesbaren Text umgewandelt. In den resultierenden Textdaten wird dann mit einer automatisierten Wörterbuchsuche nach KI-relevanten Stichwörtern gesucht (siehe Anhang). In einem weiteren Analyseschritt werden diese KI-Begriffe pro Geschäftsbericht gezählt und durch die gesamte Anzahl der im Bericht enthaltenen Wörter dividiert. Für eine bessere Lesbarkeit wird dieser Wert mit 1.000 multipliziert. Die Werte können folglich als Anzahl an KI-Begriffen pro 1.000 Wörter in den jeweiligen Geschäftsberichten interpretiert werden. Für den Indikator wird im Anschluss über die einzelnen Werte je Geschäftsbericht das arithmetische Mittel über alle Geschäftsberichte gebildet.

Die Anzahl an KI-Begriffen pro 1.000 Wörtern lag 2020 in den Geschäftsberichten der DAX-30-Unternehmen durchschnittlich bei 2,9 (siehe Abbildung 312). Gegenüber den Vorjahren ist hier also ein deutlicher Anstieg zu erkennen. Entgegen der plausiblen Annahme, dass die oben genannten Aufsteiger in den DAX-30 der Hauptgrund für diese Zunahme sind, zeigt ein detaillierter Blick in die Daten, dass die Entwicklung überwiegend von DAX-30-Unternehmen beeinflusst wird, die schon länger im DAX geführt werden. Auch wenn die Deutsche Wohnen und Delivery Hero KI ansprechen, weisen vor allem die Geschäftsberichte der Deutschen Telekom, SAP, Infineon und der Münchener Rück längere Textpassagen auf, in denen die Entwicklung und der Einsatz von KI sowie des Maschinellen Lernens in den jeweiligen Unternehmen erläutert werden. Den zweiten Hauptgrund für den Anstieg des Indikators im Jahr 2020 bilden die ausgedehnte Diskussion von KI und vor allem des autonomen Fahrens durch die Automobilunternehmen BMW, Daimler und VW.

Im Vergleich zum Indikatorwert von 2019 steigt der Wert des Jahres 2020 um fast 93 Prozent, im Vergleich zum Basisjahr um mehr als 80 Prozent. Letztere prozentuale Veränderung im Vergleich zum Basisjahr wird zur Berechnung des KI-Index 2021 herangezogen.



3.2.4 KI-Patentanmeldungen

Einen wichtigen Aspekt der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit eines Landes stellen Innovationen dar, schließlich gelten diese seit Josef Alois Schumpeters „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ als Hauptantriebskraft des wirtschaftlichen Wachstums.⁹¹ Technologische Innovationen werden dabei typischerweise durch Patente (neben weiteren immaterialgüterrechtlichen Schutzinstrumenten) geschützt.⁹² Hierzu ist eine Anmeldung beim (nationalen) Patentamt notwendig, das die Schutzfähigkeit einer technologischen Innovation auf der Basis von drei zentralen Voraussetzungen (Neuheit, erfinderische Tätigkeit und wirtschaftlich anwendbar) prüft und ein Patent erteilen kann.⁹³

⁹¹ Schumpeter, 1911.

⁹² Arrow, 1962.

⁹³ Scheufen, 2020, S. 112 ff.

Zur Messung von Innovationen im Bereich Künstlicher Intelligenz werden deshalb auch KI-Patentanmeldungen als Indikator für die Kategorie Wirtschaft mit einbezogen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass zumindest im kontinentaleuropäischen Raum der Patentierfähigkeit von KI-Technologien enge Grenzen gesetzt werden. So ist entgegen der Praxis im angelsächsischen Raum eine Patentanmeldung von Softwareinnovationen nur möglich, wenn diese die Voraussetzung der Technizität erfüllt. Daher ist beispielsweise das ABS-System patentierbar, weil es mit dem Mechanismus zur Verhinderung eines Blockierens der Räder einen technischen Effekt hervorruft. Da KI-Systeme in der Regel softwaregestützt sind, sind KI-Innovationen nur dann patentierbar, wenn auch hier ein technischer Effekt erkennbar und damit die Voraussetzung der Technizität erfüllt ist. Liegt hingegen keine Technizität vor, weil eine KI zum Beispiel aus bloßem Programmcode besteht, so ergibt sich ein Schutz vor allem durch das Urheberrecht.⁹⁴ Da im Gegensatz zum Patentrecht im Kontext des Urheberrechts allerdings keine Anmeldung erfolgt, – sondern die Schutzwirkung vielmehr selbstständig mit der Schaffung des urheberrechtlichen Werks entsteht⁹⁵ – gibt es kein Urheberrechtsregister, wodurch es keine Daten für rein softwaregestützte KI-Systeme gibt. Daher wird im Folgenden ausschließlich auf patentierbare KI-Systeme abgestellt.

Verschiedene Studien zeigen Möglichkeiten auf, wie KI-Technologien in den Patentanmeldungen identifiziert werden können.⁹⁶ Grundsätzlich gilt, dass bei Patentanmeldungen aufgrund der Pflicht zur Offenlegung der Patentinformation (§ 31 Abs. 2 Nr. 2 PatG) innerhalb von 18 Monaten ein zeitlicher Verzug auftritt. In den KI-Index 2021 gehen deshalb die Patentanmeldungen aus dem Jahr 2018 ein, welche den aktuellen Rand darstellen.

Für die Berechnung des Indikators werden hierzu zunächst potenzielle KI-Patentanmeldungen über die CPC-Klassifikation 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, im Sinne eines wissenschaftlich anerkannten Verzeichnisses, die zusammengehörige Technologien erkennt. So gehören beispielsweise Patente der CPC-Klasse G zu dem Bereich „Physics“. Weitere Unterteilungen (z. B. G06 = Computing; Calculating; Counting) ermöglichen schließlich, dass Patente einzelnen Technologien zugeordnet werden. Ein typisches Beispiel für eine KI-Technologie ist dabei die CPC-Klasse G06N (Computer Systems Based on Specific Computational Models). Entsprechende Unterkategorien, wie G06N 3/02 (...using neural network models) erlauben sogar konkretere Einordnungen der entsprechenden KI-Anwendung.

In den KI-Monitor gehen ausschließlich Patentanmeldungen deutscher Unternehmen ein, die Schutz in Deutschland (Deutsches Patent- und Markenamt), in (einzelnen) europäischen Staaten (European Patent Office) oder international (World Intellectual Property Organisation) ersuchen.⁹⁷ Insgesamt identifiziert die EPO-Studie (EPO, 2017) 401 CPC-Klassen, die potenziell KI-Technologien zugeordnet werden können. Für die Jahre 2016 (729), 2017 (894) und 2018 (1.067) können vor diesem Hintergrund insgesamt 2.690 potenzielle KI-Patentanmeldungen deutscher Unternehmen ermittelt werden. Da es sich bei den CPC-Klassen um KI-Technologien im weiteren Sinne handelt, werden die 2.690 potenziellen KI-Patentanmeldungen auf der Basis der Patent-Volltexte weitergehend betrachtet, um nur solche Patentanmeldungen zu zählen, die im engeren Sinne expliziten KI-Bezug aufweisen. Dies schließt solche Patentanmeldungen aus, in denen KI-Technologien zwar erwähnt werden, ohne aber der eigentliche Gegenstand der Anmeldung zu sein.

94 Dreier/Meyer-van Raay, 2011.

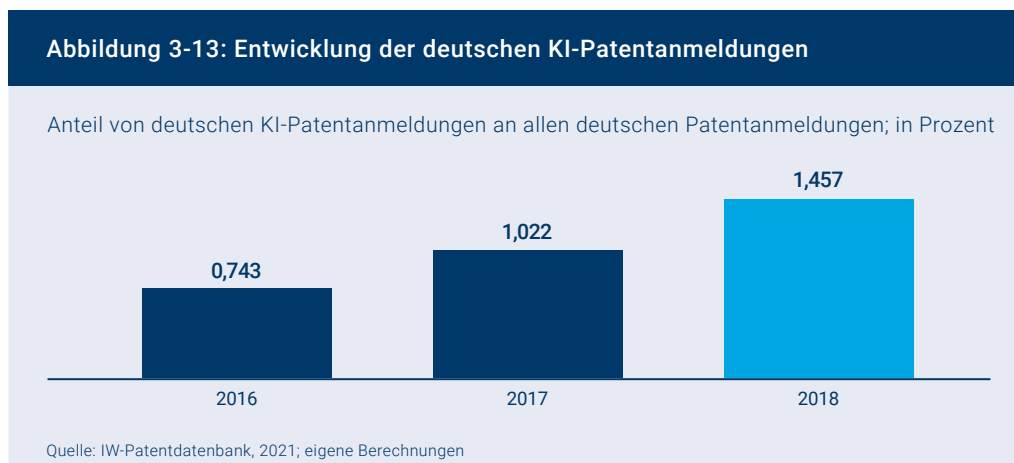
95 Scheufen, 2020, S. 221ff.

96 Europäisches Patent- und Markenamt – EPO, 2017; World Intellectual Property Organisation – WIPO, 2019.

97 Im Vergleich zum KI-Monitor 2020 (Demary et al., 2020) ist die Datenbasis um Patentanmeldungen des European Patent Office und der World Intellectual Property Organisation erweitert worden und spiegelt somit ein präziseres Bild der Patentaktivitäten der deutschen Unternehmen wider.

Technisch wird dieser Selektionsprozess in zwei Schritten durchgeführt: (1) Zunächst werden die PDF-Dokumente der Patent-Volltexte mit „Apache Tika“ in ein maschinenlesbares Textformat überführt.⁹⁸ (2) Anschließend wird ein regelbasierter Algorithmus genutzt, um die relevanten Patente auf der Basis eines eigens für diese Aufgabe definierten Wörterbuchs (siehe Anhang) zu identifizieren. Das heißt, wird mindestens ein Suchbegriff des Wörterbuchs im Volltext einer Patentanmeldung gefunden, so wird diese als KI-Patentanmeldung identifiziert. Um sicherzustellen, dass dieses Verfahren höchsten Qualitätsansprüchen genügt, wurde es schrittweise optimiert und validiert. Dazu wurden von Hand kodierte Daten aus den Jahren 2016 und 2017 verwendet. Auf diese Weise erkennt das hier verwendete Verfahren insgesamt etwa 95 Prozent der im Berichtsjahr 2020 als KI definierten Patentanmeldungen aus den Jahren 2016 und 2017. Eine manuelle Stichprobenkontrolle der nicht erkannten Patentanmeldungen mit potenziellem KI-Bezug zeigt, dass selbst manuell in der Regel kein expliziter KI-Bezug in dem entsprechenden Volltext erkennbar ist.

In den Index findet schließlich die relative Anzahl der (deutschen) Patentanmeldungen 2016, 2017 und 2018 Eingang. Hierzu werden jeweils die KI-Patentanmeldungen in einem bestimmten Jahr zu allen Patentanmeldungen dieses Jahres in Beziehung gesetzt – beides mit Blick auf die deutschen Unternehmen. 2016 lag die Anzahl der KI-Patentanmeldungen nach Durchführung des Selektionsprozesses bei 367, für 2017 bei 508 und für 2018 bei 738. Diese absoluten Werte wurden für den Index dann ins Verhältnis zu der Gesamtzahl aller deutschen Patentanmeldungen der jeweiligen Jahre – die 2016 bei 49.364, für 2017 bei 49.694 und für 2018 bei 50.659 lag – gesetzt.⁹⁹ Der Anteil von KI-Patentanmeldungen an allen deutschen Patenten lag 2016 bei 0,74 Prozent, 2017 bei 1,02 Prozent und 2018 bei 1,46 Prozent (Abbildung 3-13). Damit ergibt sich eine Wachstumsrate von 2017 zu 2018 in Höhe von rund 43 Prozent. Für den Gesamtzeitraum liegt die Wachstumsrate bei fast 96 Prozent, die in die Indexberechnung für den KI-Index im Erhebungsjahr 2021 einfließt.



3.2.5 KI in Stellenanzeigen

Ein weiterer Indikator für die Nutzung von KI in der deutschen Wirtschaft sind die Stellenausschreibungen der Unternehmen, in denen sie KI-Experten suchen.¹⁰⁰ Je mehr Stellen für KI-Jobs von deutschen Unternehmen ausgeschrieben werden, desto weiter fortgeschritten ist die Nutzung von KI in den Unternehmen – so die Annahme.

⁹⁸ <https://github.com/apache/tika>.

⁹⁹ Die genauen Patentanmeldezahlen eines Jahres für Deutschland können Nachkommastellen beinhalten, sodass die hier genannten Zahlen gerundete Werte darstellen. Der Hintergrund ist, dass Ko-Anmeldungen zwischen deutschen und ausländischen Anmeldern anteilig gerechnet werden. Das heißt, eine gemeinsame Patentanmeldung von einem deutschen und einem ausländischen Patentanmelder wird entsprechend mit einem Anteil von 0,5 berücksichtigt.

¹⁰⁰ Für eine Analyse der gesuchten KI-Kompetenzen der deutschen Wirtschaft in den KI-Stellenanzeigen siehe Büchel/Mertens, 2021.

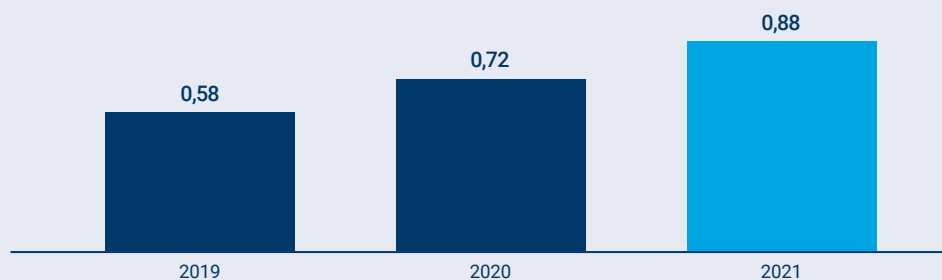
Um hierfür einen passenden Indikator zu erheben, wurden Online-Stellenanzeigen ausgewertet, die von der Firma Textkernel von zahlreichen Internetportalen extrahiert wurden.¹⁰¹ Um eine möglichst aktuelle Empirie zu haben, werden jeweils die Daten aus dem ersten Quartal der einzelnen Erhebungsjahre des KI-Monitors als Datenbasis herangezogen. Um Duplikate bereinigt enthält der verwendete Datensatz im ersten Quartal 2021 insgesamt 3,6 Millionen Stellenanzeigen. In den vorherigen Jahren lagen die entsprechenden Werte bei 3,0 Millionen (2020) beziehungsweise 3,3 Millionen Stellenanzeigen (2019).

Zur Identifikation der KI-Stellenausschreibungen wurde auf ein Wörterbuch (siehe Anhang) zurückgegriffen, welches KI-Jobbezeichnungen beinhaltet und für den KI-Monitor 2020 nach folgender Methode erstellt wurde:¹⁰² Das Wörterbuch wurde im ersten Schritt mit gängigen Bezeichnungen von KI-Berufen befüllt, die sich in der Literatur finden. Mit Hilfe dieser Bezeichnungen wurden in dem für das Jahr 2020 zur Verfügung stehenden Datensatz die Stellenausschreibungen mit KI-Bezug identifiziert. Aus den zugehörigen Volltexten dieser Stellenanzeigen wurden KI-spezifische Fähigkeiten extrahiert, mit deren Hilfe weitere KI-Jobbezeichnungen und die zugehörigen Stellenanzeigen in dem Datensatz identifiziert wurden. Dieser Prozess wurde mehrfach wiederholt und stetig manuell validiert. Um die Ergebnisse über die Zeit vergleichen zu können, wurde die auf diese Weise entwickelte Liste der KI-Stellenbezeichnungen aus dem Jahr 2020 zur Identifikation der KI-Stellenausschreibungen in den Jahren 2019, 2020 und 2021 verwendet.

Im Ergebnis konnten auf diese Weise für das erste Quartal 2021 bundesweit 32.018 Stellenausschreibungen identifiziert werden, die KI-Kompetenzen als Anforderung beinhalten. Bei insgesamt 3.618.411 Stellenanzeigen im ersten Quartal 2021 standen die KI-Stellenanzeigen für 0,88 Prozent aller ausgeschriebenen Stellen. Für die vorherigen Jahre lag die Anzahl der KI-Stellenanzeigen im 1. Quartal 2020 bei 21.608 (von insgesamt 3.010.533 Stellenanzeigen) und im 1. Quartal 2019 bei 18.934 (von insgesamt 3.247.811 Stellenanzeigen). Damit stieg der Anteil an Stellenausschreibungen, die KI-Kompetenzen beinhalten, von 0,58 Prozent im Jahr 2019, über 0,72 Prozent im Jahr 2020 auf 0,88 Prozent im Jahr 2021 stetig an (Abbildung 3-14). In Wachstumsraten ausgedrückt bedeutet dies eine Zunahme des Anteils der KI-Stellen innerhalb des letzten Jahres (2020 auf 2021) um 23 Prozent. Im Vergleich zu der Wachstumsrate von 23 Prozent, die sich im vorherigen Betrachtungszeitraum von 2019 auf 2020 beobachten ließ, zeigt dies eine weitere Dynamisierung des Bedarfs der deutschen Wirtschaft an KI-Stellen. In die Berechnung des KI-Index im Erhebungsjahr 2021 findet die prozentuale Veränderung von 2021 zum Basisjahr 2019 in Höhe von 52 Prozent Eingang.

Abbildung 3-14: Entwicklung von KI in Stellenanzeigen

Anteil an Stellenausschreibungen, die KI-Kompetenzen*) beinhalten, an allen ausgeschriebenen Stellen; in Prozent; jeweils erstes Quartal



*) Siehe Anhang für die Liste der verwendeten Suchbegriffe. / Quellen: Textkernel, 2021; IW, eigene Berechnungen

¹⁰¹ Textkernel, 2021.

¹⁰² Für eine detaillierte Darstellung der verwendeten Methode siehe Demary et al., 2020, S. 21.

3.3 Kategorie Gesellschaft

Die Gesellschaft stellt die dritte Säule einer erfolgreichen Entwicklung von KI in Deutschland dar. Gesellschaftliche Akzeptanz und Vertrauen in KI-Systeme können eine Hebelwirkung auf die Erfolgspotenziale von KI auslösen. Das setzt jedoch voraus, dass die Vorteile wie auch die Risiken komplexer KI-Systeme in der Breite der Gesellschaft zumindest zu einem gewissen Grad verstanden werden. Misstrauen und Abneigung kann nicht zuletzt auch aus Komplexität oder Informationslücken resultieren. Der Widerhall von KI in der Gesellschaft wird mit Hilfe von vier Indikatoren gemessen.

3.3.1 Bekanntheit von KI in der Gesellschaft

Die Akzeptanz von KI-Anwendungen in der Gesellschaft ist ein wichtiger Faktor für ihre Implementierung. Falls das Ansehen von KI in der Gesellschaft gering ist sowie die Bürgerinnen und Bürger Produkte und Dienstleistungen mit KI-Bezug ablehnen, dürften die Anwendungsfälle und Investitionen eher gering ausfallen. Ein genaues Verständnis von KI kann vor diesem Hintergrund Berührungspunkte mit KI verringern und so Investitionen und Anwendungen fördern. Eventuell kann durch die Beschäftigung der Bürgerinnen und Bürger mit KI auch eine erhöhte Nachfrage nach Anwendungen von KI entstehen, die wie ein Pull-Faktor bei der Implementierung wirkt.

Der KI-Monitor bildet die Bedeutung der Bekanntheit von KI in der Gesellschaft durch Befragungsergebnisse ab. Dazu wurde im vergangenen Erhebungsjahr eine Befragung der Initiative D21 herangezogen, die im Rahmen des D21-Digital-Index ein jährliches Lagebild der digitalen Gesellschaft in Deutschland erstellt.¹⁰³ Dabei beziffert sich der Bekanntheitsgrad von KI anhand des Anteils der Bürger, die den Begriff der Künstlichen Intelligenz erklären können oder in etwa wissen, was er bedeutet. In der aktuellen Auflage des D21-Digital-Index ist die Erhebung des prozentualen Bekanntheitsanteils von KI jedoch ausgesetzt.¹⁰⁴ Für den KI-Monitor 2021 lässt sich deshalb der relevante Wert, der den Bekanntheitsgrad von KI zum Datenstand 2020 widerspiegelt, nicht aus der D21-Befragung entnehmen.

Daher werden zusätzlich zwei Studien des Bundesverbands Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (Bitkom) herangezogen.¹⁰⁵ In zwei Erhebungswellen in den Jahren 2018 und 2020 wurden 1.007 beziehungsweise 1.004 Personen gefragt: „Haben Sie schon einmal von dem Begriff Künstliche Intelligenz gelesen oder gehört?“¹⁰⁶ Als mögliche Antwortmöglichkeiten wurden unter anderem vorgegeben:

- Ja, und ich weiß in etwa, was es bedeutet.
- Ja, und ich kann gut erklären, was man darunter versteht.
- Ja, und ich würde mich als Experten bezeichnen.

Da alle drei Antwortmöglichkeiten beinhalten, dass der Begriff KI bekannt ist und sogar erklärt werden kann, werden die Anteile dieser drei Antwortmöglichkeiten für den KI-Monitor aufaddiert. Gemäß den Studien des Bitkom betrug die Summe der betrachteten Antwortmöglichkeiten 70 Prozent im Jahr 2018¹⁰⁷ und 80 Prozent im Jahr 2020.¹⁰⁸

Aufgrund der Datenlücke für 2019, der Ungewissheit, ob die Bitkom-Befragung in gleichem Umfang auch im nächsten Jahr durchgeführt wird und weil die Bekanntheitsanteile in der Bitkom-Studie höher ausfallen, wird der Indikator im KI-Monitor nicht vollständig auf diese Zeitreihe umgestellt. Dafür spricht auch, dass der entsprechende Wert aus der D21-Befragung für das

¹⁰³ Initiative D21, 2020, S. 30.

¹⁰⁴ Initiative D21, 2021. Aufgrund einer methodischen Umstellung wird laut Initiative D21 auf Nachfrage der Autoren die Bekanntheit von KI zukünftig nicht mehr jährlich, sondern mit zweijährigem Abstand gemessen und veröffentlicht.

¹⁰⁵ Bitkom, 2018; 2020a; 2020b.

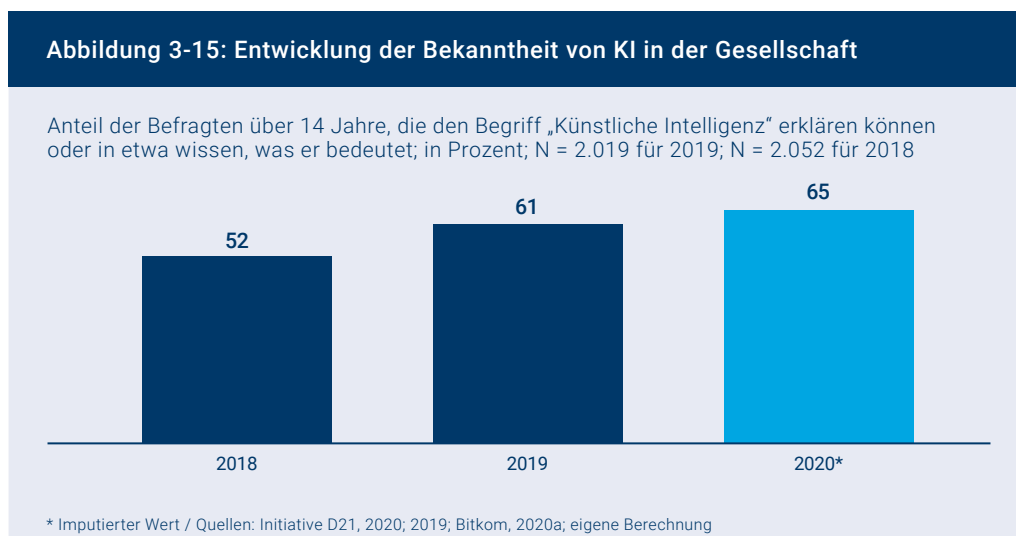
¹⁰⁶ Bitkom, 2018; 2020a.

¹⁰⁷ Bitkom, 2018, S. 3.

¹⁰⁸ Bitkom, 2020a, S. 2.

Jahr 2021 voraussichtlich wieder verfügbar ist und im KI-Monitor 2022 verwendet werden könnte. Vor diesem Hintergrund wird für den KI-Monitor weiterhin die Befragung der Initiative D21 herangezogen. Um die Lücke im Jahr 2020 zu füllen, wird anhand der Bitkom-Ergebnisse eine Wachstumsrate für den Bekanntheitsgrad von KI in der Gesellschaft geschätzt. Wenn angenommen wird, dass die Bekanntheit von KI von 2018 auf 2019 prozentual genauso stark gewachsen ist wie von 2019 auf 2020, dann resultiert aus der Zunahme von 70 auf 80 Prozent von 2018 auf 2020 eine jährliche Wachstumsrate von rund sieben Prozent.¹⁰⁹

Für den KI-Monitor werden die Ergebnisse des D21-Digital-Index für die Jahre 2018 und 2019 verwendet (Abbildung 3-15).¹¹⁰ Die Werte für das Jahr 2019 werden wie oben erläutert mit Hilfe der ermittelten jährlichen Wachstumsrate fortgeschrieben, um den Wert für 2020 zu erhalten. Somit wird der Bekanntheitsgrad von KI in der Gesellschaft im Jahr 2020 mit rund 65 Prozent angegeben. Gemäß der Initiative D21 betrug der Anteil 52 Prozent im Jahr 2018 und 61 Prozent im Jahr 2019. Anhand dieser Werte wird auch deutlich, dass die Übernahme des KI-Bekanntheitsgrades von 80 Prozent aus der Bitkom-Studie¹¹¹ mit Verzerrungen verbunden wäre und eine Fortschreibung der D21-Ergebnisse anhand der Wachstumsrate adäquatere Ergebnisse verspricht. Zudem wird die so ermittelte Bekanntheit für 2020 von 65 Prozent durch eine weitere Befragung der adesso SE bestätigt. In einer Befragung zu Beginn des Jahres 2020 wurden 1.000 Personen gefragt, inwieweit die Aussage „Ich weiß eigentlich gar nichts über das Thema KI.“ zutrifft.¹¹² Für 26 Prozent trifft diese Aussage nicht zu und für weitere 40 Prozent trifft sie eher nicht zu. Im Umkehrschluss verfügen diese 66 Prozent über Kenntnisse bezüglich KI. Zur Berechnung des KI-Index 2021 wird die prozentuale Abweichung des Bekanntheitsanteils am aktuellen Datenrand 2020 im Vergleich zum Basisjahr 2018 in Höhe von 25 Prozent herangezogen.



3.3.2 KI in den Printmedien

Eine hohe Bekanntheit allein reicht jedoch nicht aus, damit KI in der Breite der Gesellschaft akzeptiert und mitgetragen wird. Ist die gesellschaftliche Wahrnehmung von KI mehrheitlich negativ, kann es die Erfolgchancen von KI-Anwendungen in Wirtschaft und Gesellschaft schmälern. Deshalb ist es nicht nur entscheidend, dass KI in der öffentlichen Meinung thematisiert wird, sondern auch wie. Generell kann die Informationsbeschaffung und damit auch die Meinungsbildung in der Gesellschaft über verschiedene Kanäle wie beispielweise öffentliche Medien, das Internet oder den direkten Austausch mit anderen Menschen geschehen.

¹⁰⁹ Da sowohl in der Bitkom- als auch in der D21-Studie stets KI-Bekanntheitsanteile ohne Nachkommastellen verwendet werden, wird auch die jährlich konstante Wachstumsrate entsprechend ohne Nachkommastellen betrachtet und für weitere Berechnungen verwendet.

¹¹⁰ Initiative D21, 2019, 29; 2020, S. 30.

¹¹¹ Bitkom, 2020a, S. 2.

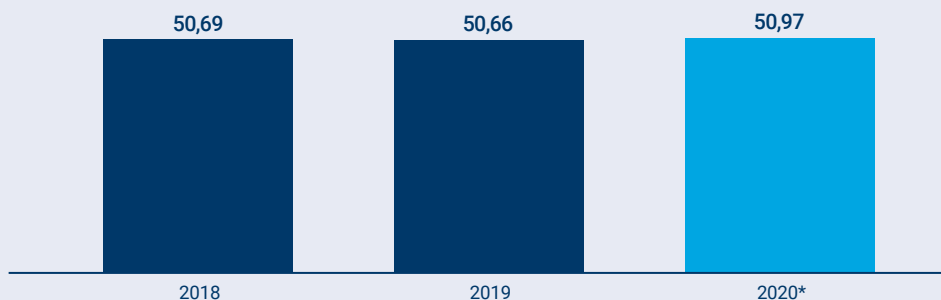
¹¹² adesso, 2020, S. 16.

Dabei haben Bürgerinnen und Bürger einerseits die Option, sich über gewisse Inhalte zu informieren und darauf aufbauend ihre Meinung zum Thema zu bilden, ohne direkte Interaktionsmöglichkeiten zu haben. Derartige Informationsbeschaffung geschieht meist offline über traditionelle Medienkanäle wie Printmedien, Radio oder Fernsehen. In Einzelfällen kann dies auch Onlinekanäle betreffen, beispielsweise wenn Zeitungsverlage ihre Artikel auch online zur Verfügung stellen. Eine besondere Rolle spielen in diesem Zusammenhang Printmedien, da sich breite Teile der Gesellschaft über Printmedien informieren und sich über dort gelesene Inhalte ihre Meinung zu Themen bilden.¹¹³ Gleichzeitig können dort vertretene Standpunkte die Meinungsbildung von Konsumenten beeinflussen, in gewisse Richtungen lenken oder ein Spiegelbild der aktuellen Meinungslage sein. Aus diesem Grund wird die Tonalität in den Printmedienartikeln mit KI-Bezug untersucht, um ein Abbild der Wahrnehmung zu KI in der Gesellschaft zeichnen zu können.

Hierzu werden die Onlineausgaben von drei der fünf aufschlagstärksten Zeitung in Deutschland (Bild, Die Welt und Handelsblatt) automatisiert nach KI-Stichworten durchsucht (siehe Anhang). Treten in einem Artikel mindestens zwei der KI-Suchbegriffe auf, weist dieser nach der angewendeten Definition einen KI-Bezug auf. Im Jahr 2020 konnten aus den insgesamt 141.470 Zeitungsartikeln 382 KI-Zeitungsartikel identifiziert werden. Diese Werte lagen für das Jahr 2018 bei 582 KI-Artikeln von insgesamt 137.135 Artikeln. Im Jahr 2019 gab es 550 KI-Artikel bei 136.821 Artikeln insgesamt. Daran anschließend wurde die Tonalität der KI-Zeitungsartikel mit einem Tonalitätswörterbuch als Anteil positiv gegenüber negativ konnotierten Wörtern berechnet.¹¹⁴ Umso mehr positiv behaftete Wörter im Verhältnis zu negativ behafteten Wörtern in einem KI-Zeitungsartikel vorliegen, desto positiver wird die Tonalität des KI-Zeitungsartikels eingeschätzt. Die Tonalitäten werden transformiert, sodass sich deren Werte auf einer Skala von 0 bis 100 befinden, wobei 50 gleichbedeutend mit einem neutral verfassten Zeitungsartikel, 0 für einen maximal negativ und 100 für einen maximal positiv verfassten Zeitungsartikel stehen. Abschließend wurde das arithmetische Mittel der Tonalitäten aller KI-Zeitungsartikel der jeweiligen Jahre berechnet. Die berechneten mittleren Tonalitäten zeigen, dass in Zeitungsartikeln sehr neutral mit einer marginal positiven Tendenz berichtet wird (Abbildung 3-16). Im Vergleich zu 2018 und 2019 wurde im Jahr 2020 leicht positiver über KI in Zeitungsartikeln berichtet. Zur Berechnung des Indexwertes im KI-Monitor 2021 wird die prozentuale Veränderung der mittleren Tonalität von 2020 zum Basisjahr 2018 in Höhe von 0,5 Prozent herangezogen.

Abbildung 3-16: Entwicklung der Berichterstattung über KI in den Printmedien

Mittlere Tonalität der Zeitungsartikel über Künstliche Intelligenz, transformiert auf den Wertebereich 0 bis 100; Werte zwischen 0 und 50 signalisieren eine negative Tonalität, Werte über 50 eine positive Tonalität



Quelle: Bild, Welt, Handelsblatt; eigene Berechnungen

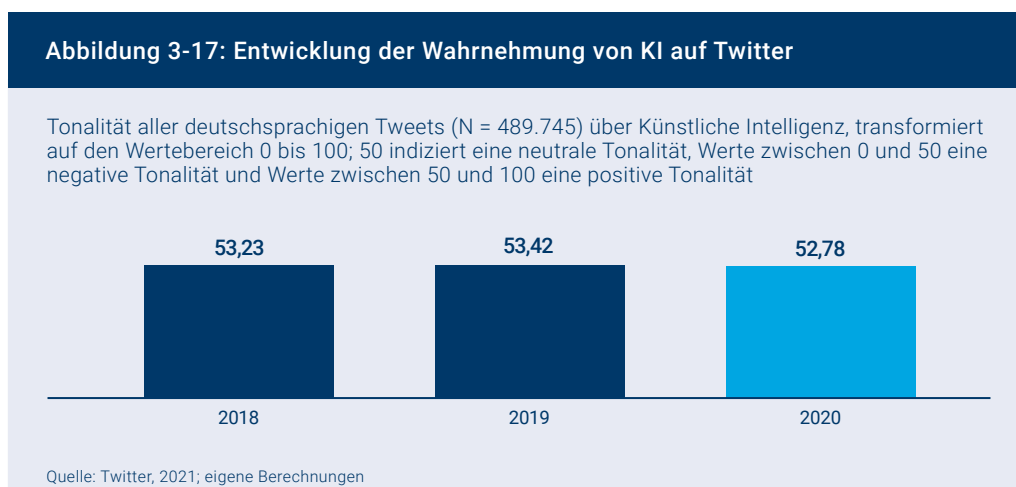
¹¹³ van der Wurff et al., 2018.

¹¹⁴ Remus et al., 2010.

3.3.3 KI auf Twitter

Im Gegensatz zu der eher passiven Informationsaufnahme über traditionelle Kanäle wie Printmedien können Bürgerinnen und Bürger über Onlinekanäle wie beispielsweise Twitter oder sonstige soziale Netzwerke auch aktiv an meinungsbildenden Diskussionen teilnehmen. Die in Tweets zu KI vermittelten Inhalte und die darin vertretenen Standpunkte können sie also nicht nur aufnehmen und für die eigene Meinungsbildung heranziehen, sondern zusätzlich auch darauf reagieren oder sich mit anderen Konsumenten kritisch darüber austauschen. Jede Nutzerin und jeder Nutzer kann tendenziell den eigenen Standpunkt zu KI-relevanten Themen teilen und in die Öffentlichkeit ausstrahlen. Natürlich besitzen einflussreichere Nutzerinnen und Nutzer wie etwa Politikerinnen und Politiker höhere Reichweiten. Dennoch kann theoretisch jede Nutzerin und jeder Nutzer auf einflussreiche Beiträge antworten oder mit einem Beitrag in Diskussionen eintreten. In gewisser Weise können Onlinekanäle deshalb als zusätzliches Sprachrohr der Bürgerinnen und Bürger gelten, welches die direkte Wahrnehmung in der Bevölkerung widerspiegelt. Im Gegensatz zum gegenseitigen gesellschaftlichen Austausch, der offline stattfindet, besitzt die Online-Kommunikation den Vorteil, dass sie quantifizier- und auswertbar ist.

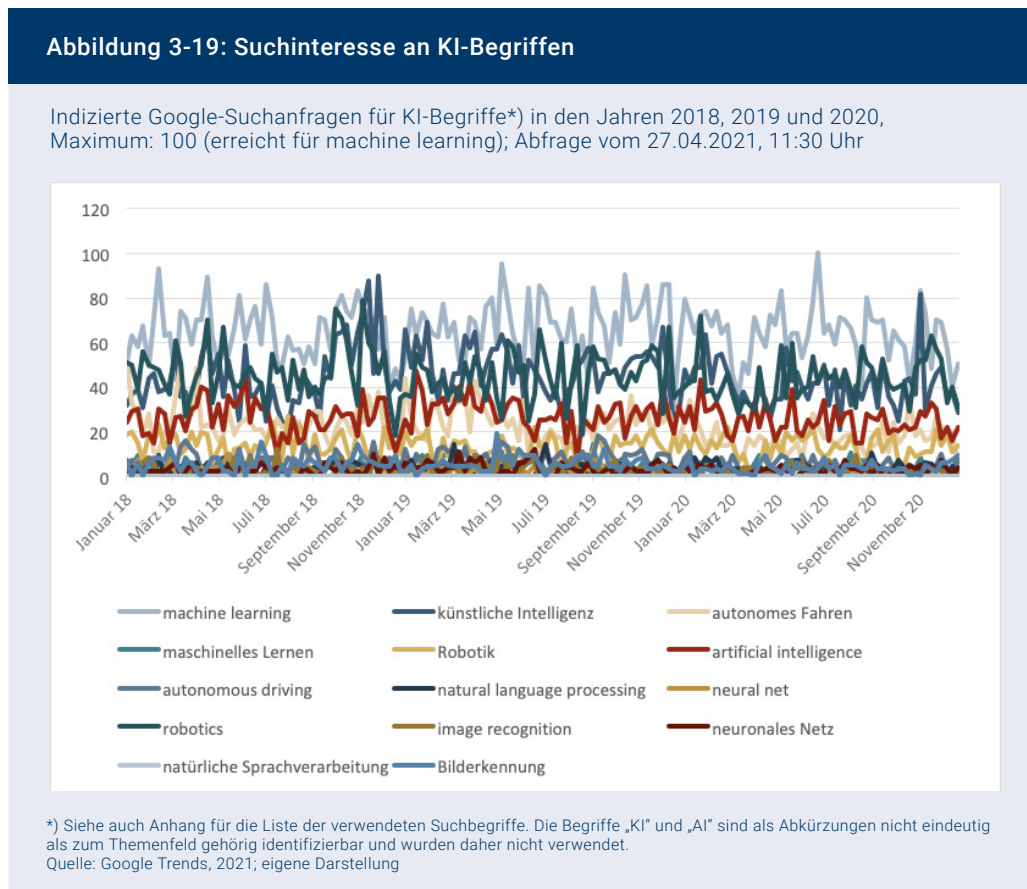
Auf Twitter können nicht nur Beiträge mit KI-Bezug identifiziert, sondern es kann auch festgestellt werden, ob die Inhalte eher positiv oder negativ konnotiert sind. Um die Tweets mit KI-Bezug zunächst identifizieren zu können, werden alle deutschsprachigen Tweets aus den Jahren 2018, 2019 und 2020 nach KI-Stichwörtern untersucht (siehe Anhang). Im Jahr 2018 wurden rund 170.000 Tweets mit KI-Bezug erstellt, im Jahr 2019 waren es etwa 166.000 und im Jahr 2020 circa 154.000.¹¹⁵ Im Anschluss wird pro Tweet mit Hilfe eines Tonalitätswörterbuchs analog zur Vorgehensweise der Printmedien (Abschnitt 3.3.2) der Anteil positiv behafteter Wörter im Vergleich zum Anteil negativ behafteter Wörter berechnet.¹¹⁶ Umso stärker der Anteil positiver Wörter den Anteil negativer Wörter in einem Tweet überwiegt, desto positiver wird die Tonalität des einzelnen Tweets bewertet. Die Tonalitätswerte werden auf eine Skala von 0 bis 100 transformiert, wobei 0 eine maximal negative, 100 eine maximal positive und 50 eine neutrale Tonalität indiziert. Schlussendlich wird aus den Tonalitäten der einzelnen KI-Tweets das arithmetische Mittel des jeweiligen Jahres ermittelt. Dabei zeigen sich in den untersuchten Jahren 2018, 2019 und 2020 durchschnittlich leicht positive Tonalitäten (Abbildung 3-17). Im Jahr 2020 nahm die Tonalität mit rund 52,8 leicht im Vergleich zu den Vorjahren mit 53,4 (2019) und 53,2 (2018) ab. In die Berechnung des KI-Index findet die prozentuale Veränderung der mittleren Tonalität von 2020 zum Basisjahr 2018 in Höhe von -0,8 Prozent Eingang.



¹¹⁵ Im Vergleich zum KI-Monitor im Erhebungsjahr 2020 weicht die Datenbasis für 2018 und 2019 leicht ab. Grund ist, dass zum damaligen Zeitpunkt die Daten mit dem „GetOldTweets3“-Framework in Python extrahiert wurden. Twitter löschte jedoch Mitte 2020 den Endpunkt, mit dem das Framework gearbeitet hat. Deshalb wurden die Daten im Erhebungsjahr 2021 für den Datenstand 2020 (und rückwirkend für 2019 und für 2018) mit einem neu aufgesetzten Framework extrahiert. Somit kann gewährleistet werden, dass vergleichbare Datensätze miteinander ins Verhältnis gesetzt werden. Bis auf diese Anpassung bleibt die Analyse unverändert. Insgesamt weichen die Gesamtzahl an Tweets mit KI-Bezug aus den Jahren 2018 und 2019 sowie die ermittelten Tonalitätswerte im Vergleich zum letztjährigen KI-Monitor nur geringfügig ab.

3.3.4 Google-Suchinteresse an KI

Informationen zu KI-relevanten Themen können über verschiedene Wege beschafft werden. Diese Kanäle erstrecken sich vom informellen Austausch bis zur gezielten Informationsbeschaffung über das Internet. Nicht zuletzt aufgrund ihrer Schnelligkeit und Benutzerfreundlichkeit sind Suchmaschinen unter den Online-Möglichkeiten oftmals die erste Wahl. Dabei können sie in Sekundenschnelle algorithmenbasiert Ergebnisse mit der höchsten Relevanz und Trefferwahrscheinlichkeit für die jeweilige Suchanfrage anzeigen. In Deutschland ist Google Quasi-Monopolist bei den Suchmaschinen.¹¹⁷ Zusätzlich bietet Google die Möglichkeit an, über seinen Dienst Google Trends Suchanfragen in bestimmten Zeiträumen und in bestimmten Regionen analysieren zu können.¹¹⁸ Das ermöglicht es, die Online-Informationsbeschaffung über Suchmaschinen zu KI-relevanten Suchbegriffen in Deutschland über die Zeit quantifizieren und in den KI-Index integrieren zu können.



Für den KI-Monitor wird mittels Google Trends das Suchinteresse an KI in Deutschland im Zeitraum von 2018 bis 2020 anhand einer Liste von KI-relevanten Suchbegriffen (siehe Anhang) untersucht. Dabei standardisiert Google Trends das Maximum an Suchanfragen in einer Woche im Gesamtzeitraum auf 100, das auf einen der jeweiligen Suchbegriffe entfällt. Untersucht wird der Gesamtzeitraum jeweils in Zeitintervallen von einer Woche. Insgesamt werden demnach für 156 Zeiträume (Wochen) von 2018 bis 2020 standardisierte Datenpunkte zu jedem der 14 KI-Suchbegriffe erhoben (Abbildung 3-18).

Die meisten Suchanfragen weist der Begriff machine learning in der Woche vom 21. bis 28. Juni 2020 auf. Da der Maximalwert bei der diesjährigen Abfrage in das Jahr 2020 fällt, wären die Werte zum Stand 2019 und 2018 aus der Vorjahresabfrage nicht unmittelbar vergleichbar zu den Werten der aktuellen Abfrage. Grund ist, dass im Vorjahr das Maximum, das im Jahr 2019 lag, entsprechend auf 100 gesetzt wurde und alle sonstigen Werte aus 2018 und

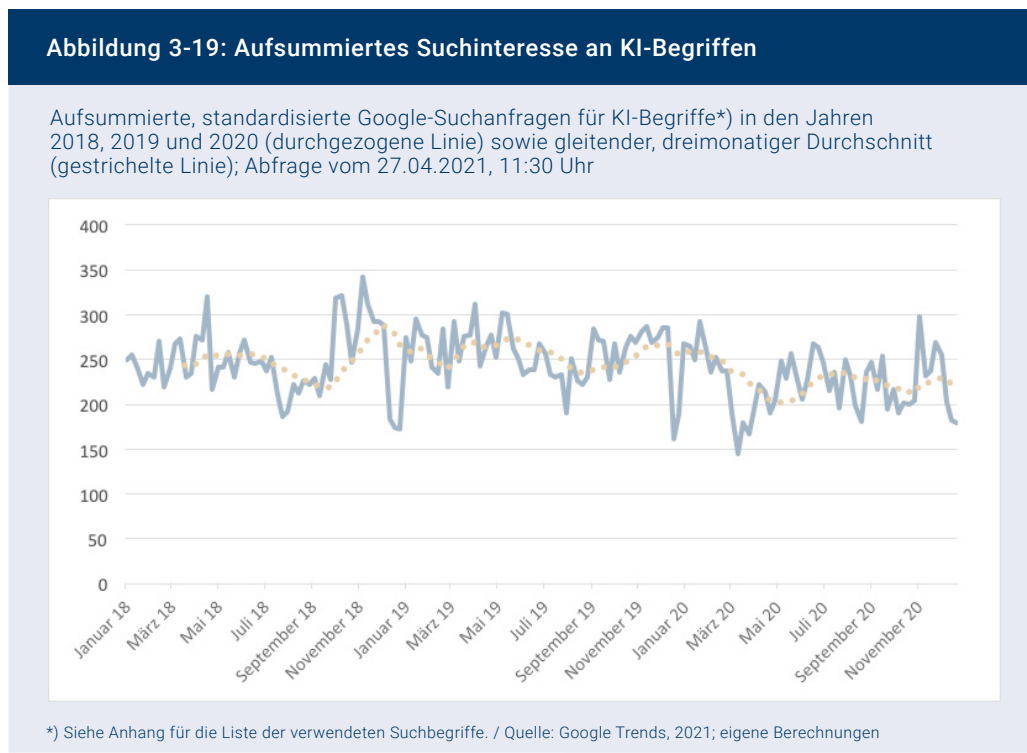
¹¹⁷ StatCounter, 2021.

¹¹⁸ Google Trends, 2021. Für weitere Studien, die Daten aus Google Trends erheben und verwenden, siehe beispielsweise OECD, 2020 oder Woloszko, 2020.

2019 an dieser Basis standardisiert sind. Die einzelnen 2018er- und 2019er-Werte wären also nicht vergleichbar mit den 2020er-Werten aus dem diesjährigen Erhebungsjahr, die sich an einem höheren Referenzwert orientieren. Somit lägen vor und ab 2020 zwei unterschiedliche Vorgehensweisen vor. Deshalb wurden in der diesjährigen Abfrage die Werte für 2018 und 2019 erneut erhoben und auf diese Weise ein über den Gesamtzeitraum einheitlicher Referenzwert gewählt. Demzufolge weichen die Werte für 2018 und 2019 aus der diesjährigen Erhebung zu den Vorjahreswerten leicht ab, auch wenn die dahinterliegenden Suchanfragen identisch sind.

Für den Indikator wird zunächst die Summe der standardisierten KI-Suchanfragen über alle 14 Begriffe für die einzelnen Wochenintervalle gebildet. Daraufhin werden aus den jeweils 52 Datenpunkten pro Jahr Jahresdurchschnitte für die einzelnen Zeiträume 2018, 2019 und 2020 berechnet. Da Google Trends bei verschiedenen Datenabfragen jeweils leicht unterschiedliche, aber stets repräsentative Stichproben zieht, wird die Datenabfrage analog zur Vorgehensweise im Vorjahr zehnmal zu leicht verschiedenen Zeitpunkten und unter Verwendung verschiedener Internetbrowser wiederholt.¹¹⁹ So lassen sich Mittelwerte zu den KI-Suchanfragen der einzelnen Jahre über die zehn Datenabfragen hinweg ermitteln und dem potenziell verzerrenden Effekt unterschiedlicher Stichproben wird entgegengewirkt. Schlussendlich erfolgt analog zur Erhebung im Vorjahr eine Min-Max-Normalisierung der Mittelwerte der einzelnen Jahre auf einer Skala von 0 bis 100.¹²⁰ Dies ermöglicht es, die Wachstumsraten der Google-Suchanfragen präziser mit den Wachstumsraten der anderen Indikatoren zu vergleichen, deren Werte beispielsweise in Prozent oder ähnlich vergleichbaren Skalen vorliegen.

Die Betrachtung der wöchentlichen Summe der standardisierten Suchanfragen für alle KI-Begriffe zeigt einen leichten Rückgang beim Suchinteresse zu KI-relevanten Begriffen im Jahr 2020 (Abbildung 3-19).

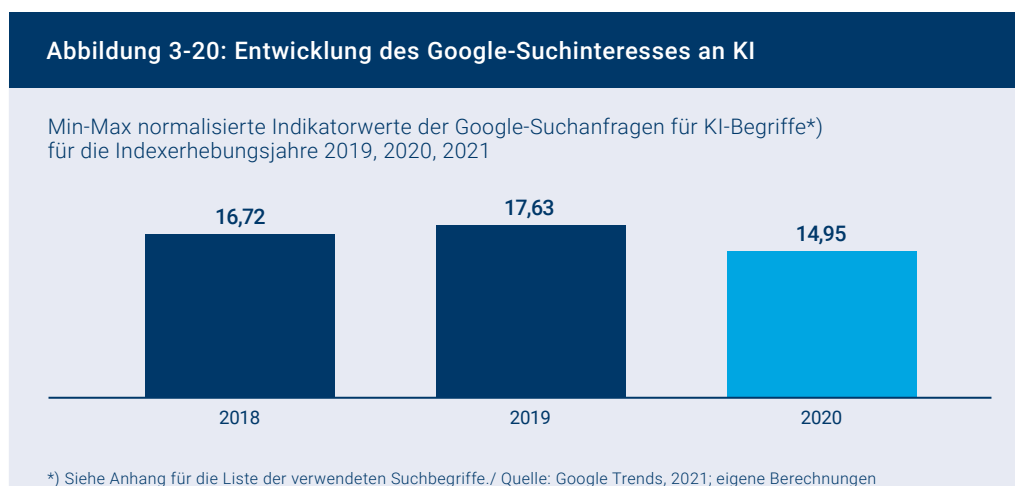


119 Demary et al., 2020, S. 26-29.
 120 Ebenda, 2020, S. 29.

Neben den jährlich auftretenden Abnahmen der Google-Suchanfragen nach KI-Begriffen während der Weihnachtszeit lässt sich vor allem im Frühjahr 2020, als die Corona-Pandemie in Deutschland ausgebrochen ist, ein Rückgang feststellen. Mit einem Wert von 145, der die Summe aller standardisierten Suchanfragen der 14 KI-Begriffe ausmacht, wird Mitte März 2020 der tiefste Wert im gesamten Zeitraum von 2018 bis 2020 erreicht. Die Vermutung liegt nahe, dass die Corona-Pandemie in diesem Zeitraum die gesamtgesellschaftliche Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat. Zum Vergleich: Mitte März 2019 lag der Wert bei 248 und Mitte März 2018 sogar bei 273. Im weiteren Verlauf des Jahres 2020 normalisierte sich das KI-Suchinteresse hingegen wieder und näherte sich den Vorjahreswerten an. Das Google-Suchinteresse an KI stieg gegen Ende der Jahre 2018 und 2020 an, jeweils zu den Zeitpunkten als die KI-Strategie der Bundesregierung¹²¹ und die Fortschreibung der KI-Strategie¹²² veröffentlicht wurden. Diese Publikationen brachten allem Anschein nach im Vorlauf sowie im unmittelbaren Nachgang ein gewachsenes Interesse an KI-relevanten Themen mit sich. Insgesamt stiegen die aufsummierten, standardisierten KI-Suchanfragen von 2018 auf 2019 dieser Datenabfrage zufolge im Jahresdurchschnitt von etwa 248 auf 257 und sanken im Jahr 2020 auf durchschnittlich 225.

Die zehnfache Iteration der Datenabfrage zeigt, dass es zwischen den einzelnen Abfragen nur zu minimalen Unterschieden in den ermittelten Jahresdurchschnitten kommt. Das unterstreicht die Validität der Datenbasis von Google Trends. Es liegen keine sprunghaften Abweichungen vor, wenn die Datenbasis zu leicht unterschiedlichen Zeitpunkten erhoben wird. Insbesondere ist bei allen Abfragen das relative Verhältnis der jeweiligen Jahreswerte zueinander auf sehr ähnlichem Niveau. Die jeweiligen Datenabfragen zeigen keine systematischen Unterschiede. Im Gesamtdurchschnitt aller zehn Abfragen steigt die Summe der indextierten Google-Suchanfragen zu KI-Begriffen von etwa 234 im Jahr 2018 auf rund 248 im Jahr 2019 an, woraufhin sie im Jahr 2020 auf 211 sinkt.

In den Indikator finden schlussendlich die Min-Max normalisierten Werte 16,72 für 2018, 17,63 für 2019 und 14,95 für 2020 Eingang (Abbildung 3-20). Für die Berechnung des KI-Index im Erhebungsjahr 2021 wird die prozentuale Abweichung von 2020 zum Basisjahr 2018 in Höhe von -10,6 Prozent verwendet.



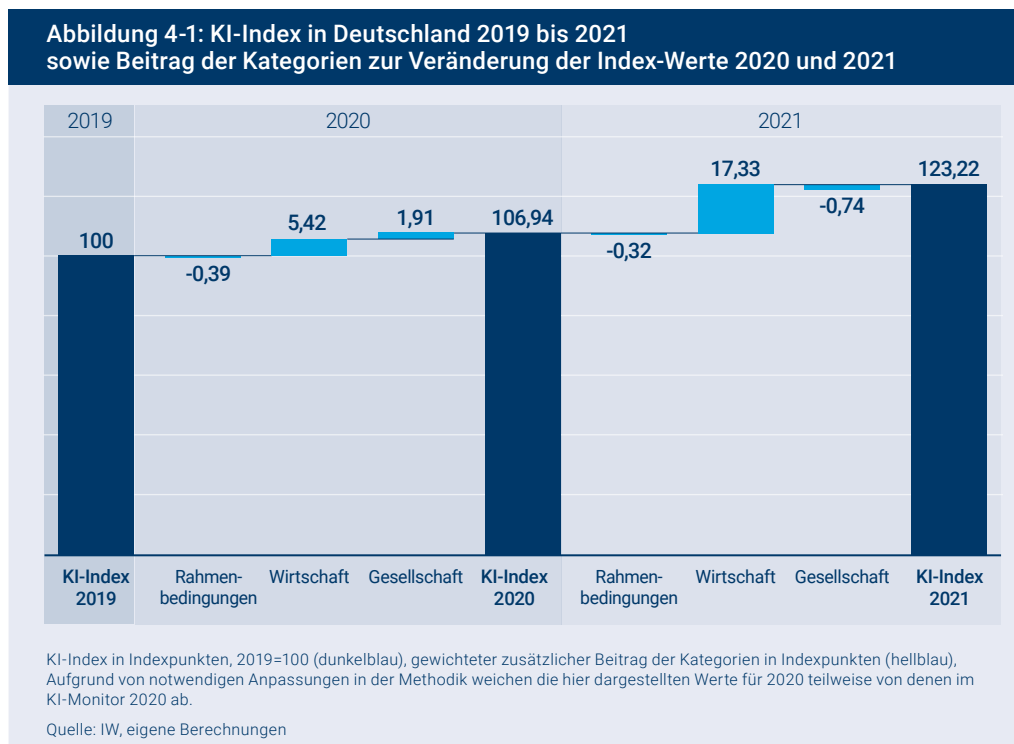
121 Bundesregierung, 2018.
122 Bundesregierung, 2020.

Ergebnisse des KI-Index

Basierend auf den Indikatoren der Kategorien Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft wird der KI-Index für das Jahr 2021 berechnet (Abbildung 41). Dieser zeigt die Veränderung im Vergleich zum Jahr 2019. Zudem wurde der Wert des KI-Index des Jahres 2020 dargestellt, um den Entwicklungspfad zu veranschaulichen. Es kann festgestellt werden:

Der KI-Index für das Jahr 2021 beträgt 123,22 Punkte. Im Vorjahr betrug der Wert noch 106,94. Im vergangenen Jahr ist der Index somit nochmals um rund 16 Prozentpunkte gestiegen.

Dieser Anstieg ist im Wesentlichen auf die Entwicklung in der Kategorie Wirtschaft zurückzuführen, die im vergangenen Jahr um mehr als 17 Indexpunkte zulegen konnte. Dies wird an den Beiträgen der drei Kategorien zu den KI-Indizes 2020 und 2021 deutlich, die ebenfalls in Abbildung 41 dargestellt sind. Im vergangenen Jahr haben die Kategorien Rahmenbedingungen und Gesellschaft einen leicht negativen Beitrag geleistet. Bei den Rahmenbedingungen stellt dies eine Verstetigung der Entwicklung dar, die bereits im KI-Monitor 2020 beobachtet werden konnte. Der Rückgang von 0,39 Punkten im KI-Monitor 2020 und der Rückgang von 0,32 im KI-Monitor 2021 addiert sich zu einem Gesamteffekt von -0,71 Indexpunkten für den KI-Index 2021 für diese Kategorie. In der Kategorie Gesellschaft konnte im KI-Index 2020 eine positive Entwicklung von 1,91 Punkten verzeichnet werden. Im KI-Index des Jahres 2021 ist eine leichte Abnahme um rund 0,74 Punkte zu beobachten. Dieser negative Beitrag konnte jedoch nicht den positiven Beitrag des vergangenen Jahres kompensieren, weshalb im Vergleich zum Jahr 2019 weiterhin eine positive Entwicklung von circa 1,18 Indexpunkten konstatiert werden kann. Für eine tiefergehende Diskussion der Entwicklung in Deutschland und die Ableitung von Handlungsempfehlungen werden die Veränderungen innerhalb der Kategorien im Folgenden eingehender analysiert.



4.1 Entwicklungen bei den Rahmenbedingungen

Wie bereits im KI-Monitor 2020 liefert die Kategorie Rahmenbedingungen auch im KI-Index 2021 als einzige Kategorie einen negativen Beitrag zum Gesamtindex (Abbildung 4-1). Im KI-Monitor 2020 verzeichnete die Kategorie im Vergleich zum Basisjahr 2019 eine Differenz von -1,16 Punkten (Tabelle 41). Dieser Wert hat sich in der laufenden Untersuchung verstetigt, weshalb beim Vergleich zwischen dem aktuellen Erhebungsjahr 2021 und dem Basisjahr 2019 nun eine Differenz von -2,12 Punkten zu Buche steht. Da die Kategorie Rahmenbedingungen lediglich eine von drei gleichwertigen Kategorien darstellt, wird die Veränderung durch drei geteilt und findet anschließend Eingang in den KI-Index. In den KI-Index 2021 geht diese Kategorie somit mit -0,71 ein. Im Vorjahr betrug der Beitrag noch -0,39.

Die nahezu Verdopplung des Rückgangs in der aktuellen Periode im Vergleich zum KI-Monitor 2020 verdeckt jedoch, dass diese Entwicklung im Wesentlichen auf einen von fünf Indikatoren zurückzuführen ist. Bei den anderen Indikatoren sind hingegen positive Entwicklungen zu beobachten. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse der einzelnen Indikatoren im Folgenden näher beleuchtet.

Tabelle 4-1: Veränderungen der Indikatoren in der Kategorie Rahmenbedingungen zwischen 2019 und 2021

	Indikatorwert 2019	Indikatorwert 2020	Indikatorwert 2021	Veränderung des Indikators zwischen 2019 & 2021	Gewichtete Veränderung im KI-Index 2021
Digitale Infrastruktur	66,3	81,8	85,7	+29,26	+5,85
KI in Bundestagsprotokollen	0,174	0,129	0,085	-51,15	-10,23
Informatikabsolventen	26.394	27.104	28.909	+9,53	+1,91
Wissenschaftliche KI-Publikationen	3,78	4,16	3,57	-5,53	-1,11
Kooperationen zwischen KI-Forschung und Unternehmen	3,71	3,11	3,99	+7,28	+1,46
	Summe:				-2,12
Gewichtung der Kategorie Rahmenbedingungen im KI-Index: 1/3	Wert für KI-Index:				-0,71

Quelle: IW, eigene Berechnungen

• Digitale Infrastruktur

Die Entwicklung bei der digitalen Infrastruktur, welche durch die Breitbandverfügbarkeit von Geschwindigkeiten über 100 Mbit/s approximiert wird, hat sich analog zum Vorjahr erneut positiv entwickelt. Im Vergleich zum Basisjahr hat sich die Breitbandverfügbarkeit um mehr als 29 Prozent verbessert. Diese Gesamtbetrachtung verdeckt jedoch, dass die Entwicklung im abgelaufenen Jahr nicht mit der beobachteten Entwicklung im KI-Monitor 2020 mithalten konnte (vgl. Abbildung 33). So stieg die Breitbandverfügbarkeit von 2018 auf 2019 bereits um mehr als 23 Prozent. Damit lieferte die Entwicklung von 2019 auf 2020 lediglich einen Beitrag von rund sechs Prozentpunkten. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Ausbau der Infrastruktur somit deutlich abgeschwächt. Für die Entwicklung der KI in Deutschland kann eine Infrastruktur, die nicht mit den an sie gestellten Anforderungen Schritt hält, ein gravierendes Hemmnis bedeuten. Der ungleiche Ausbau der Infrastruktur zwischen Raumkategorien (Abbildung 3-4) kann die flächendeckende Implementierung von KI ebenfalls behindern.

• KI in Bundestagsprotokollen

Die Erwähnung von KI in Bundestagsprotokollen ist der wesentliche Treiber für den negativen Effekt der Kategorie Rahmenbedingungen auf den KI-Index 2021. Im Vergleich zum Basisjahr 2018 wurde KI 2020 weniger als halb so oft in Bundestagsprotokollen thematisiert. Da dieser Indikator lediglich einer von fünf gleichwertigen Indikatoren ist, wurde der Rückgang um mehr als 51 Prozent durch fünf geteilt. Dennoch bleibt ein negativer Einfluss von mehr als zehn Punkten. Da drei der anderen vier Indikatoren einen positiven Beitrag leisten und ein weiterer leicht negativ ist, wird anhand des negativen Gesamtergebnisses von -2,12 deutlich, welchen großen Effekt der Indikator Bundestagsprotokolle auf das Ergebnis der Kategorie hat.

Sicherlich zählt im Jahr 2020 die Ausnahmesituation der Corona-Pandemie auf den niedrigen Wert der KI-Nennungen ein. Die Aufmerksamkeit des Bundestages wurde vermutlich oftmals auf die Bekämpfung der Pandemie und das sonstige Pandemiegeschehen gelenkt. Nichtsdestotrotz mildert dies nicht die Tatsache, dass KI die prägende Zukunftstechnologie sein wird, für die bislang noch kein umfassender politisch-rechtlicher Rahmen etabliert wurde. Es ist demnach wichtig, sich auf politischer Ebene weiterhin intensiv mit dem Thema KI zu beschäftigen. Die Fortschreibung der KI-Strategie¹²³ sowie die Aufnahme von KI in das Maßnahmenpaket der Bundesregierung zur Überwindung der Auswirkungen der Corona-Pandemie¹²⁴ offenbaren, dass das Thema KI auf Bundesebene weiterhin eine gewichtige Rolle spielt. Daher bleibt zu hoffen, dass die geringe Befassung mit KI im Bundestag lediglich auf die Pandemie zurückzuführen ist und die Politik sich der Wichtigkeit des Themas bewusst ist.

• Informatikabsolventen

Das für die Entwicklung und den Einsatz von KI zur Verfügung stehende Know-how, welches durch die Anzahl an bestandenen Abschlussprüfungen an Hochschulen im Fachbereich Informatik abgebildet wird, hat sich deutlich positiv entwickelt. Im Vergleich zum Indexjahr 2019 ist die Anzahl zum Indexjahr 2021 um rund 9,5 Prozent gewachsen. Im Vorjahr konnte lediglich ein Zuwachs von rund 2,7 Prozent beobachtet werden. Im aktuellen Betrachtungsjahr ist die Anzahl an bestandenen Abschlussprüfungen im Vergleich zum Vorjahr um rund 6,7 Prozent gewachsen. Entsprechend hat sich die Verfügbarkeit von KI-Know-how erheblich verbessert, wenn angenommen wird, dass mit jeder bestandenen Abschlussprüfung auch der Erwerb entsprechender Kompetenzen einhergeht. Da der aktuelle Indikator auf Zahlen des Jahres 2019 zurückgreift, können die Auswirkungen der Corona-Pandemie noch nicht abgebildet werden. Fehlende finanzielle Möglichkeiten in Folge des wirtschaftlichen Einbruchs und der Lockdown-Maßnahmen haben vermutlich dazu beigetragen, dass die Anzahl an Studienanfängern im Jahr 2020 insgesamt deutlich zurückgegangen ist.¹²⁵ Zwar wurden leicht mehr deutsche Studierende verzeichnet, jedoch ging die Anzahl ausländischer Studierender um mehr als 21 Prozent zurück. Da Deutschland auf den Zuzug ausländischer KI-Fachkräfte angewiesen ist und international im Wettbewerb um diese Fachkräfte steht¹²⁶, kann sich dieser Effekt negativ auf die zukünftige Verfügbarkeit von Know-how auswirken.

• Wissenschaftliche KI-Publikationen

Während im Vorjahr der Indikator wissenschaftliche KI-Publikationen noch einen positiven Beitrag zum KI-Index lieferte, musste für den aktuellen KI-Monitor 2021 ein Rückgang im Vergleich zum Basisjahr von rund 5,5 Prozent verzeichnet werden. Dieser Gesamtrückgang ist maßgeblich auf den Rückgang um mehr als 14 Prozent im aktuellen Jahr zurückzuführen. Da der Indikator das Verhältnis zwischen KI-Publikationen und allen Publikationen abbildet, bedeutet der Rückgang nicht, dass KI in der Forschung keine Rolle mehr spielt.

¹²³ Bundesregierung, 2020.

¹²⁴ BMBF, 2020.

¹²⁵ Statistisches Bundesamt, 2021.

¹²⁶ Bundesregierung, 2020, S. 8.

Denn die Anzahl an KI-Publikationen ist von 6.748 im Vorjahr auf 7.126 gestiegen (vgl. Abschnitt 3.1.4). Der Rückgang im Indikator verdeutlicht somit lediglich, dass die Anzahl an wissenschaftlichen Publikationen insgesamt stärker gestiegen ist als die Anzahl an KI-Publikationen. Im Vergleich zum Jahr 2018, wo lediglich 5.653 KI-Publikationen verzeichnet wurden, wird dennoch deutlich, dass der Anstieg an KI-Publikationen von 2018 auf 2019 wesentlich deutlicher war als von 2019 auf 2020. Ob dies ein anhaltender Trend ist, kann mittels weiterer Ausgaben des KI-Monitors analysiert werden.

• Kooperationen zwischen KI-Forschung und Unternehmen

Kooperationen zwischen Unternehmen und der Forschung leisten einen wichtigen Beitrag dafür, dass Innovationen aus der Forschungslandschaft auch tatsächlich in der Wirtschaft ankommen. Dies gilt insbesondere für KI, da diese Schlüsseltechnologie nur positiv wirken kann, wenn sie auch eingesetzt und entsprechend weiterentwickelt wird. Vor diesem Hintergrund kann die positive Entwicklung von mehr als sieben Prozent im Vergleich zum Index 2019 bei KI-Kooperationen nicht genug gewürdigt werden. Dieser Anstieg geht auf den Zuwachs um mehr als 28 Prozent im aktuellen Jahr im Vergleich zum vorhergehenden Jahr zurück. Eine Zunahme der Kooperationen zwischen Unternehmen und Forschung kann sich als entscheidender Katalysator für den breiten Einsatz von KI in Wirtschaft und Gesellschaft erweisen.

In der Kategorie Rahmenbedingungen haben sich im KI-Index 2021 im Vergleich zum KI-Index 2020 insbesondere die digitale Infrastruktur und die Kooperationen zwischen Forschung und Unternehmen deutlich positiv entwickelt. Auch bei den bestandenen Abschlussprüfungen im Fachbereich Informatik sind steigende Zahlen zu verzeichnen. Diese Faktoren deuten an, dass das vorhandene Know-how gestiegen ist und auch die Transmission von Erkenntnissen aus der Forschung in die Wirtschaft besser funktioniert. Dennoch ist insgesamt ein negativer Effekt auf den KI-Index 2021 zu verzeichnen. Dieser Effekt erklärt sich im Wesentlichen durch eine stark rückgängige Thematisierung von KI im Bundestag. Vor dem Hintergrund der Pandemie und der politischen Maßnahmen zur Förderung von KI liegt es nahe, dass daraus kein nachhaltig negativer Effekt auf die Etablierung von KI in Deutschland resultiert. Dennoch bestehen bei den Rahmenbedingungen weiterhin Verbesserungsmöglichkeiten, die in Kapitel 5 thematisiert werden.

4.2 Entwicklungen in der Wirtschaft

Die Unternehmen in Deutschland erweisen sich als Treiber der Entwicklung von KI in Deutschland (Abbildung 4-1). Trotz der Corona-Pandemie hat sich der Beitrag der Kategorie Wirtschaft zum KI-Index im Vergleich zum Vorjahr nochmal gesteigert. Während im KI-Monitor 2020 noch eine gewichtete Veränderung von mehr als 16 Prozentpunkten verzeichnet wurde, können im KI-Monitor 2021 mehr als 68 Prozentpunkte konstatiert werden (Tabelle 42:). Der Beitrag der Kategorie hat sich im vergangenen Jahr somit mehr als vervierfacht. Da die Kategorie Wirtschaft lediglich eine von drei gleichwertigen Kategorien darstellt, wird die Veränderung nochmals durch drei geteilt. Damit trägt die Wirtschaft fast 23 Indexpunkte zum KI-Index 2021 bei. Diese erfreuliche Entwicklung ist auf alle verwendeten Indikatoren zurückzuführen. Im Folgenden werden die Entwicklungen bei den einzelnen Indikatoren eingehender beleuchtet.

Tabelle 4-2: Veränderungen der Indikatoren in der Kategorie Wirtschaft zwischen 2019 und 2021

Die fünf Indikatoren innerhalb der Kategorie werden jeweils mit 1/5 gewichtet, Angaben in Prozent

	Indikatorwert 2019	Indikatorwert 2020	Indikatorwert 2021	Veränderung des Indikators zwischen 2019 & 2021	Gewichtete Veränderung im KI-Index 2021
Einschätzung der Bedeutung von KI durch Unternehmen	63,0	61,8	65,7	+4,29	+0,86
Einsatz von KI in Unternehmen	10,1	12,9	21,1	+108,91	+21,78
KI in Geschäftsberichten	1,60	1,50	2,89	+80,43	+16,09
KI-Patentanmeldungen	0,743	1,022	1,457	+95,94	+19,19
KI in Stellenanzeigen	0,58	0,72	0,88	+51,72	+10,34
	Summe:				+68,26
Gewichtung der Kategorie Wirtschaft im KI-Index: 1/3	Wert für KI-Index:				+22,75

Aufgrund von notwendigen Anpassungen in der Methodik weichen die hier dargestellten Werte für 2020 teilweise von denen im KI-Monitor 2020 ab.

Quelle: IW; eigene Berechnungen

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

In der aktuellen Befragung von Unternehmen für den KI-Monitor 2021 konnte trotz Pandemie ein merklicher Anstieg der Bewertung durch die Unternehmen verzeichnet werden. Auf einer Skala von 0 (maximales Risiko) bis 100 (maximale Chance) lag der Mittelwert im Jahr 2021 bei nahezu 66. Im Vorjahr betrug der Wert noch rund 62 und im Jahr 2019 63. Somit sieht die Mehrheit der Unternehmen in Deutschland KI als Chance für den Standort Deutschland. Die Tendenz bei der Bewertung von KI in Unternehmen in Bezug auf Chancen und Risiken tendiert also zunehmend in Richtung Chance. Im Vorjahr betrug der Rückgang bei der Einschätzung rund zwei Prozent. Im aktuellen Jahr steht im Vergleich zum Basisjahr eine Zunahme um mehr als vier Prozent zu Buche. Diese Gesamtzunahme ist auf ein Wachstum um mehr als sechs Prozent im aktuellen Jahr im Vergleich zum Vorjahr zurückzuführen.

• **Einsatz von KI in Unternehmen**

Im Vergleich zum Befragungsjahr 2019 hat sich die Nutzung im Jahr 2021 mehr als verdoppelt. Im Jahr 2019 gaben noch rund 10 Prozent der befragten Unternehmen an, dass sie KI einsetzen. Ein Jahr später waren es nahezu 13 Prozent. Von 2020 auf 2021 stieg der Anteil an Unternehmen, die KI einsetzen, auf mehr als 21 Prozent. Die Chancen, die die Unternehmen in der Anwendung von KI sehen (vgl. Abschnitt 3.2.1), haben sich somit auch positiv auf den Einsatz in den Unternehmen ausgewirkt. Mittlerweile weist der Indikator im Vergleich zum Basisjahr eine Zunahme um rund 109 Prozent auf. Im Vorjahr betrug das Wachstum rund 28 Prozent. Im Vergleich zum aktuellen Jahr kann nochmals eine Zunahme um nahezu 64 Prozent verzeichnet werden.

- **KI in Geschäftsberichten**

Die Thematisierung von KI in den DAX-30-Geschäftsberichten hat sich im vergangenen Jahr sehr positiv entwickelt und konnte den leichten Rückgang um rund sechs Prozent im Jahr 2019 mehr als kompensieren. Im Vergleich zum Basisjahr setzen sich die DAX-30-Unternehmen in den Berichten zum Jahr 2020 – trotz Corona-Pandemie – 1,8-mal so häufig mit KI auseinander. Diese Gesamtzunahme ist auf das Wachstum von fast 93 Prozent im abgelaufenen Jahr zurückzuführen. Von der Thematisierung von KI können der Einsatz von KI und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen profitieren, da Handlungsbedarfe offenbar werden. Vor diesem Hintergrund ist es erfreulich, dass die positive Entwicklung auf mehrere Unternehmen aus unterschiedlichsten Branchen zurückgeführt werden kann (vgl. Abschnitt 3.2.3). Dies verdeutlicht, dass KI in allen Branchen ein Thema ist, beziehungsweise sein wird.

- **KI-Patentanmeldungen**

Trotz der begrenzten Patentierfähigkeit von KI-Technologien im kontinentaleuropäischen Raum kann im KI-Monitor 2021 eine steigende Patenttätigkeit deutscher Unternehmen festgestellt werden. Für das Jahr 2016 konnten 367 KI-Patente identifiziert werden. Ein Jahr später waren es bereits 508 und für 2018 wurden 738 gezählt. Im betrachteten Zeitraum hat sich die Anzahl somit verdoppelt. Dies gilt ebenfalls für den Anteil an KI-Patenten an allen Patenten. Der Anteil von KI-Patentanmeldungen an allen deutschen Patenten lag 2016 bei 0,74 Prozent, 2017 bei 1,02 Prozent und 2018 bei 1,46 Prozent. Im Vergleich zum Basisjahr ist der Indikator um rund 96 Prozent gestiegen. Im Vorjahr konnte bereits eine Zunahme um rund 38 Prozent verzeichnet werden. Im aktuellen KI-Index ist der Indikator im Vergleich zum Vorjahr nochmal um fast 43 Prozent gestiegen. Da mit einer gestiegenen Anzahl an Patenten auch die Wahrscheinlichkeit steigt, dass darunter zukunftsweisende Technologien zu finden sind, die den Standort Deutschland im internationalen Wettbewerb stärken, ist diese Entwicklung sehr zu begrüßen.

- **KI in Stellenanzeigen**

Je mehr Stellen für KI-Jobs von den deutschen Unternehmen ausgeschrieben werden, desto eher sind sich die Unternehmen der Potenziale bewusst und desto stärker ist der Wunsch, diese Potenziale zu heben, indem entsprechendes Know-how im Unternehmen akkumuliert wird. Im KI-Monitor kann ein steigender Anteil der Stellenausschreibungen, die KI-Kompetenzen beinhalten, verzeichnet werden: Während es 2019 lediglich rund 0,6 Prozent waren, lag der Anteil 2020 bei über 0,7 Prozent und 2020 bei nahezu 0,9 Prozent aller Stellenausschreibungen. Damit betrug das Wachstum im letzten Jahr rund 24 Prozent. Der Anteil an Stellenanzeigen ist seit 2019 insgesamt um mehr als 51 Prozent gestiegen.

Die deutsche Wirtschaft ist analog zum KI-Index 2020 auch im KI-Index 2021 der Treiber der Entwicklung von KI in Deutschland. Dazu tragen alle Indikatoren positiv bei. Im Vergleich zum Basisjahr haben sich die Patentanmeldungen und der Einsatz von KI verdoppelt. Die Thematisierung in Geschäftsberichten hat ebenfalls um mehr als 80 Prozent zugenommen. Die Nachfrage nach KI-Fachkräften in den Unternehmen ist auch stark gewachsen. Diese Entwicklungen können unter anderem dadurch erklärt werden, dass die Mehrheit der Unternehmen mehr Chancen als Risiken im Einsatz von KI sieht. Die Bedeutung von KI für die Unternehmen insgesamt hat somit deutlich zugenommen. Da bei den betrachteten Indikatoren noch zum Teil erhebliches Entwicklungspotenzial besteht, kann erwartet werden, dass die Bedeutung auch weiterhin wächst.

4.3 Entwicklungen in der Gesellschaft

Die Gesellschaft ist ein zentraler Akteur für den Einsatz von Anwendungen der Künstlichen Intelligenz. Nur wenn die Bürgerinnen und Bürger diesen Anwendungen offen gegenüberstehen und sie eventuell sogar nachfragen, kann KI ihr volles Potenzial entfalten. Vor diesem Hintergrund ist es erfreulich, dass die Kategorie Gesellschaft im Vergleich zum Jahr 2019 weiterhin einen positiven Beitrag zum KI-Index liefert. Es muss jedoch erwähnt werden, dass dieser Beitrag im KI-Index 2020 größer war (Tabelle 43). Im KI-Monitor 2020 konnte eine positive Entwicklung im Vergleich zum Basisjahr 2019 von 5,75 Basispunkten verzeichnet werden. Im KI-Index 2021 liegt der Wert jedoch nur bei 3,54. Da die Kategorie Gesellschaft lediglich eine von drei gleichwertigen Kategorien darstellt, wird die Veränderung durch drei geteilt und findet anschließend Eingang in den KI-Index. Somit trägt die Kategorie Gesellschaft 1,18 Indexpunkte zum KI-Index 2021 bei. Im Vorjahr waren es noch 1,91 Indexpunkte. Dieser Rückgang um nahezu 0,7 Indexpunkte (Abbildung 41) ist allerdings maßgeblich auf den Indikator Google-Suchinteresse zurückzuführen, bei dem ein Effekt durch die Corona-Pandemie sehr wahrscheinlich eine große Rolle spielt. Zur Erläuterung dieses Effekts werden die Entwicklungen in den Indikatoren im Folgenden kurz näher beleuchtet.

Tabelle 4-3: Veränderungen der Indikatoren in der Kategorie Gesellschaft zwischen 2019 und 2021

Die vier Indikatoren innerhalb der Kategorie werden jeweils mit 1/4 gewichtet, Angaben in Prozent

	Indikatorwert 2019	Indikatorwert 2020	Indikatorwert 2021	Veränderung des Indikators zwischen 2019 & 2021	Gewichtete Veränderung im KI-Index 2021
Bekanntheit von KI in der Gesellschaft	52	61	65	+25,00	+6,25
KI in den Printmedien	50,69	50,66	50,97	+0,54	+0,14
KI auf Twitter	53,23	53,42	52,78	-0,85	-0,21
Google-Suchinteresse an KI	16,72	17,63	14,95	-10,57	-2,64
	Summe:				+3,54
Gewichtung der Kategorie Gesellschaft im KI-Index: 1/3	Wert für KI-Index:				+1,18

Aufgrund von notwendigen Anpassungen in der Methodik weichen die hier dargestellten Werte für 2020 teilweise von denen im KI-Monitor 2020 ab.

Quelle: IW; eigene Berechnungen

- **Bekanntheit von KI in der Gesellschaft**

Alle Studien, die das Wissen über KI in der Bevölkerung untersuchen, deuten darauf hin, dass der Anteil an informierten Bürgerinnen und Bürgern zugenommen hat (vgl. Abschnitt 3.3.1). Im Vergleich zum Basisjahr ist die Bekanntheit von KI um 25 Prozent auf zuletzt 65 Prozent gestiegen. Sieben Prozentpunkte dieses Effekts sind dabei auf die Entwicklungen im Jahr 2020 zurückzuführen. Somit hat sich die positive Entwicklung zwar abgeschwächt, dennoch verfügen nahezu 2/3 der Bürgerinnen und Bürger nach eigenen Angaben über Grundlagenwissen zum Thema KI. Diese Abnahme des Zuwachses kann jedoch auch auf die Pandemie zurückzuführen sein, da diese auch zu weniger Suchanfragen nach KI-Begriffen geführt hat (vgl. Abschnitt 3.3.4).

- **KI in den Printmedien**

Printmedien erreichen große Teile der Gesellschaft und ihre Inhalte können somit die Meinungsbildung von Konsumentinnen und Konsumenten beeinflussen und gleichzeitig selbst ein Spiegelbild der aktuellen Meinungslage sein. Die Tonalität in den Printmedienartikeln mit KI-Bezug kann somit Aufschluss über die Wahrnehmung von KI in der Gesellschaft geben. Anhand der untersuchten Artikel und der Daten wurde deutlich, dass das Thema KI in den Printmedien weiterhin eher neutral gesehen wird (Abbildung 3-16). Jedoch ist im Vergleich zu 2019 eine leichte Zunahme um circa ein halbes Prozent zu beobachten. Im Vorjahr wurde noch ein minimaler Rückgang verzeichnet. Der Indikator deutet somit darauf hin, dass die Akzeptanz von KI tendenziell weiter gestiegen ist.

- **KI auf Twitter**

Die Diskussion auf Twitter hat die Vorteile, einerseits ein breites Spektrum der Diskussion über KI abzudecken und andererseits quantifizierbar zu sein. Anhand der Analyse von Twitter Tweets konnte keine große Veränderung beobachtet werden. Weiterhin wird das Thema eher neutral diskutiert (vgl. Abbildung 3-17). Dennoch ist im Vergleich zu 2019 ein Rückgang um rund ein Prozent zu verzeichnen. Im Vorjahr konnte noch eine leichte Zunahme beobachtet werden.¹²⁷ Die geringen Veränderungen verdeutlichen, dass sich die Akzeptanz von KI in der (digitalen) Bevölkerungsgruppe nur langsam verändert.

- **Google-Suchinteresse an KI**

Während das Google-Suchinteresse 2019 im Vergleich zu 2018 noch um rund 5,4 Prozent gewachsen ist, musste 2020 ein Rückgang verzeichnet werden. Im Vergleich zu den Suchanfragen des Jahres 2018 betrug der Rückgang rund 10,6 Prozent und im Vergleich zum Jahr 2019 sogar 15,2 Prozent.¹²⁸ Dieser Rückgang ist jedoch insbesondere auf einen Rückgang des Suchinteresses zu Beginn der Corona-Pandemie in Deutschland zurückzuführen (vgl. Abschnitt 3.3.4). Tatsächlich konnte im Jahr 2020 sogar ein neues Maximum an Suchanfragen beim am häufigsten gesuchten Begriff *machine learning* verzeichnet werden. Das Interesse an KI und der Wunsch, sich dahingehend zu informieren, sind somit weiter vorhanden. Die Pandemie wirkte hier lediglich als Dämpfer, weshalb eine Zunahme des Suchinteresses in den folgenden Jahren zu erwarten ist.

In der Kategorie Gesellschaft hat sich im KI-Index 2021 im Vergleich zum KI-Index 2020 insbesondere die Bekanntheit von KI positiv entwickelt. Die Tonalität in Printmedienartikeln und in Diskussionen auf Twitter hat sich nur marginal verändert. Das Suchinteresse nach KI auf Google hat jedoch deutlich nachgelassen. Dieser letzte Effekt ist aber insbesondere auf die Auswirkungen der Corona-Pandemie zurückzuführen. In Deutschland wird das Thema KI nach wie vor sachlich diskutiert und das Wissen bezüglich KI in der Gesellschaft wächst weiterhin.

¹²⁷ Werte weichen zum KI-Monitor 2020 leicht ab. Vergleiche Abschnitt 3.3.3.

¹²⁸ Werte weichen zum KI-Monitor 2020 leicht ab. Vergleiche Abschnitt 3.3.4.

5 Handlungsempfehlungen

Im KI-Monitor 2020 wurden bereits Handlungsempfehlungen ausgesprochen. In Anbetracht der Entwicklungen seit der Veröffentlichung des KI-Monitors 2020 wurden diese kritisch überprüft und um neue Handlungsempfehlungen ergänzt. Analog zur Strukturierung des KI-Index wurden die Handlungsempfehlungen auf die drei Kategorien Rahmenbedingungen, Wirtschaft und Gesellschaft aufgeteilt.

5.1 Rahmenbedingungen

In der Kategorie Rahmenbedingungen werden Handlungsempfehlungen zu den Themenfeldern digitale Infrastruktur, Politik, Humankapital und Forschung adressiert. Gerade die heterogenen Ergebnisse in den einzelnen Indikatoren der vier Komponenten unterstreicht die Notwendigkeit von gezielten Maßnahmen, um Stärken auszubauen und Schwächen zu verringern. Denn die Rahmenbedingungen von KI in Deutschland sollten ganzheitlich positiv ausgestaltet sein, damit sich das volle Potenzial von KI für Wirtschaft und Gesellschaft entfalten kann.

Digitale Infrastruktur

Die Entwicklung der digitalen Infrastruktur, approximiert durch den Anteil der Haushalte mit einer verfügbaren Breitbandgeschwindigkeit von mindestens 100 Mbit/s (vgl. Abschnitt 3.1.1), weist zwar eine positive Entwicklung auf. Diese bleibt jedoch noch hinter ihren Möglichkeiten zurück. Von den aktuell rund 12 Milliarden Euro, die im Bundesförderprogramm Breitbandausbau zur Verfügung stehen, sind derzeit zwar rund 8,2 Milliarden Euro in über 2.150 Ausbauprojekten gebunden.¹²⁹ Das heißt jedoch nicht, dass diese 8,2 Milliarden Euro auch tatsächlich an Förderprojekte abgeflossen sind, geschweige denn verbaut wurden. Bis zum Ende des Jahres 2020 sind gerade einmal Mittel in Höhe von rund einer Milliarde Euro abgeflossen – etwa 8 Prozent der zur Verfügung stehenden Fördersumme.¹³⁰ Zum Zeitpunkt Juli 2020 waren Mittel in Höhe von 6,6 Milliarden Euro an Förderbescheide gebunden und es wurden etwa 570 Millionen Euro tatsächlich ausgezahlt.¹³¹ Der Verzug zwischen verfügbaren und abgeflossenen Fördermitteln setzt sich also nicht nur fort, sondern die Auszahlungen kommen ebenfalls nicht mit der Geschwindigkeit der Neubewilligungen hinterher. Um die Umsetzung bereits bewilligter Projekte zu verbessern, können folgende Maßnahmen hilfreich sein:

- **Bürokratische Hürden abbauen und Kapazitäten bei umsetzenden Stellen schaffen**

Grund für den schleppenden Breitbandausbau sind unter anderem hohe bürokratische Hürden, die den Prozess zwischen Bewilligung und Baubeginn verlangsamen.¹³² Die Bundesregierung ergriff zur Beschleunigung der Breitbandausbauprojekte mehrere Maßnahmen¹³³ wie beispielsweise die Durchführung von 169 Workshops zum Thema Breitbandausbau.¹³⁴ Abgesehen davon, dass sich der Mehrwert dieser Maßnahmen für einen beschleunigten Breitbandausbau erst noch zeigen muss, reichen die derzeitigen Bemühungen jedoch nicht aus, um die notwendige Geschwindigkeit eines zielführenden Breitbandausbaus zu erreichen – gerade da nun neben weißen auch graue Flecken förderungsbefähigt sind.¹³⁵

¹²⁹ BMVI, 2021a.

¹³⁰ Deutscher Bundestag, 2021b, S. 2.

¹³¹ Deutscher Bundestag, 2020a, S. 1.

¹³² Dabei nimmt seit 2018 bereits der Schritt vor der Bewilligung – also von der Beantragung der Förderung bis zur Entscheidung zum Förderantrag – durchschnittlich etwa 82 Kalendertage in Anspruch (Deutscher Bundestag, 2021b, S. 4).

¹³³ Die Maßnahmen umfassen die Einrichtung von Lotsenstellen beim Projektträger zur individuellen Betreuung von Antragstellern, die Bereitstellung eines Mustervertrags (Ausbauvertrag mit Telekommunikationsunternehmen) zur Verkürzung der Vertragsverhandlungen, Gespräche mit der Deutschen Bahn AG zur Beschleunigung von Genehmigungsverfahren (Bahnquerungen beim Breitbandausbau) und kostenfreie Workshops zum Thema Breitbandausbau für potentielle Antragsteller (Vermittlung von Fachwissen) zur effizienten Projektumsetzung. Deutscher Bundestag, 2020a, S. 8.

¹³⁴ Deutscher Bundestag, 2021b, S. 8.

¹³⁵ BMVI, 2021b.

Daher gilt es, das Antragsverfahren für Fördergelder zu entschlacken und die anschließenden bürokratischen Prozesse zu beschleunigen.¹³⁶ Ein Ansatzpunkt wäre, die oftmals geringen **Personalkapazitäten in den Kommunalverwaltungen aufzustocken** sowie aufwendige **Planungs- und Genehmigungsverfahren zu vereinfachen**.¹³⁷ Eine Hebelwirkung auf die Kapazitäten der Baubranche könnten **alternative, innovative Verlegetechniken** ausüben.

- **Rechenkapazitäten ausbauen und Vorreiterrolle beim Quantencomputing einnehmen**

Zu einer leistungsstarken digitalen Infrastruktur zählt nicht nur die Breitbandversorgung, sondern ebenso der Ausbau von Rechenkapazitäten, gerade im Bereich des Quantencomputings. Für KI-Anwendungen können Quantencomputer besonders wichtig sein: Denn derzeit wächst der Rechenaufwand für die Weiterentwicklung von KI deutlich schneller als die verfügbare Rechenleistung über klassische Rechner.¹³⁸ Quantencomputer können daher als KI-Beschleuniger wirken, da sie riesige Datenmengen schneller verarbeiten und somit die Rechenkapazität steigern sowie KI leistungsfähiger machen können. Deshalb ist es für den Standort Deutschland wichtig, bei der Entwicklung von Quantencomputern im internationalen Vergleich aufzuholen und perspektivisch eine Vorreiterrolle einzunehmen, um nicht in Abhängigkeit von anderen Ländern zu geraten. In Deutschland wird die Quantentechnologie zukünftig mit zwei Milliarden Euro gefördert und insbesondere der Bau von mindestens zwei Quantencomputern anvisiert.¹³⁹ Damit belegt Deutschland bei der öffentlichen Förderung von Quantencomputing absolut betrachtet im internationalen Vergleich den zweiten Platz, hinter China und noch vor den USA.¹⁴⁰

- **Technologische Souveränität in der Mikroelektronik erlangen**

Die aktuelle weltweite Chipknappheit verdeutlicht die wirtschaftliche Abhängigkeit Deutschlands und Europas von Drittstaaten bei industriell kritischen Rohstoffen und Vorprodukten wie etwa Halbleitern.¹⁴¹ Beispielsweise mussten infolgedessen deutsche Automobilhersteller ihre Produktion stoppen und ganze Werke lahmlegen.¹⁴² Aus diesem Grund bedarf es einer gezielten Initiative, um zukünftig die Versorgung von leistungsstarken Chips zu gewährleisten, die gerade für KI-Anwendungen einen zentralen Bestandteil ausmachen. Insbesondere sollte der zunehmenden Abhängigkeit vom Ausland entgegengewirkt werden, da der Halbleiterbedarf zukünftig noch steigen wird. Um in Zukunft mehr Versorgungssouveränität in Europa zu erlangen, wird auf europäischer Ebene das Ziel verfolgt, bis 2030 mindestens 20 Prozent der weltweiten Halbleiterproduktion in Europa stattfinden zu lassen.¹⁴³ Dazu sollten geeignete Maßnahmen erarbeitet und zeitnah umgesetzt sowie einer Erfolgskontrolle unterzogen werden.

- **Vertrauenswürdige Dateninfrastruktur schaffen und Anwendungsfälle realisieren**

Das Vorhandensein einer sicheren und europäisch vernetzten Cloud-Infrastruktur, wie im Rahmen von GAIA-X¹⁴⁴ angestrebt, kann nicht zuletzt Datensouveränität für Unternehmen und somit Anreize zum gemeinsamen Datenteilen schaffen – ein Faktor, der für zukünftige KI-Anwendungen von enormer Bedeutung sein und die Zukunftsfähigkeit von KI in Europa beeinflussen kann. Daher gilt es, die Kommunikation zu der Initiative grundlegend zu verbessern, mit dem Ziel, mehr Akteure aus Wirtschaft, Gesellschaft und Politik einzubinden und von der Vorteilhaftigkeit gegenseitigen Datenaustauschs unter Wahrung von Datensouveränität und europäischer Werte zu überzeugen. Dabei kann die Realisierung erster Anwendungsfälle hilfreich sein, insbesondere um auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zu involvieren.

¹³⁶ Der derzeitige Prozess von der Antragsstellung bis zur finalen Auszahlung besteht aus sieben Schritten. BMVI, 2021b.

¹³⁷ Balzi, 2021.

¹³⁸ Paschke/Tcholtchev, 2021, S. 5.

¹³⁹ BMBF, 2020.

¹⁴⁰ McKinsey, 2020, S. 5.

¹⁴¹ BDI, 2021.

¹⁴² Macho et al., 2021.

¹⁴³ Eckner/Mortsiefer, 2021.

¹⁴⁴ BMWi, 2021b.

Politik

Die Politik beschäftigte sich im vergangenen Jahr auf deutscher und europäischer Ebene intensiv mit KI, wie die Fortschreibung der KI-Strategie der Bundesregierung und der Regulierungsvorschlag für KI der Europäischen Kommission verdeutlichen (siehe Abschnitt 2.1). Gleichzeitig zeigen die Indexergebnisse, dass die Beschäftigung mit KI-relevanten Themen im Bundestag deutlich rückläufig war.

- **In der Regulierung Zurückhaltung üben, ohne Flickenteppich zu erzeugen**

Zentrale Rechtsfragen der KI in Bezug auf Entwicklung und Einsatz sind weitestgehend noch unklar und sollten umgehend geklärt werden. Der Regulierungsvorschlag der Europäischen Kommission macht erste Vorschläge beispielsweise zum Umgang mit sogenannten hochriskanten KI-Anwendungen. Ein einheitliches europäisches Vorgehen ist zu begrüßen, um innerhalb der Europäischen Union einheitliche Bedingungen zu schaffen und eine Vielzahl an unterschiedlichen Rahmenbedingungen für KI zu vermeiden. Dabei sollte jedoch darauf geachtet werden, die Potenziale von KI nicht durch eine vorschnelle Regulierung zu beschränken. Wettbewerbsfähige deutsche und europäische KI erfordert Freiräume für Innovation, welche durch strikte Rahmenbedingungen behindert werden können. So gilt es zum Beispiel, die Definition der so genannten Hoch-Risiko-KI-Systeme erheblich zu schärfen, um Innovationen nicht auszubremsen. Bei neuen Regulierungsmaßnahmen sollte die Politik zurückhaltend sein und allenfalls nachweisliche Lücken der bestehenden Regulierung schließen. Dabei sollten stets die Anwendungen einer KI-Technologie in den Blick genommen werden, statt die Technologie selbst umfassend zu regulieren. Dies gilt neben der europäischen auch auf deutscher Ebene.

- **Rechtssicherheit im Datenumgang für Unternehmen herstellen**

Einer Unternehmensbefragung zu Hemmnissen der Datennutzung zufolge gelten Datenschutzfragen, Sorgen vor unautorisierten Zugriffen Dritter auf Firmendaten sowie rechtliche Fragen der Datennutzung als meistgenannte Hemmnisse, noch vor der Verfügbarkeit von spezifischen Fachkräften oder technischen Hürden.¹⁴⁵ Die Priorisierung der Hemmnisse unterstreicht den Handlungsbedarf, der weiterhin besteht, damit Unternehmen ein vertrauenswürdiges Umfeld zur Datennutzung und zum Datenteilen wahrnehmen. Dabei besteht dieser Bedarf nicht notwendigerweise in der Ausgestaltung eines neuen Rechtsrahmens, sondern oftmals auch nur in der Kommunikation und Information über den bestehenden Rechtsrahmen. So unterliegen Datentausch-Geschäfte dem Vertragsrecht. Gerade für KMU ist jedoch die Ausgestaltung derartiger Verträge oft Neuland und zudem potenziell mit erheblichem Ressourcenaufwand verbunden. Hier können Verbesserungen erzielt werden, indem Unterstützung für solche Unternehmensgruppen angeboten wird. In diesem Zusammenhang könnten vor allem dispositive Normen im Kontext des Vertragsrechts zu einer Senkung der Transaktionskosten beitragen und damit die Datennutzung fördern.¹⁴⁶

- **Staat sollte beim Einsatz von KI vorangehen**

Die Politik kann die Entwicklung von KI direkt beeinflussen, indem der Staat selbst als Nachfrager und Nutzer von KI-Anwendungen agiert. Beispielsweise kann KI zur Verbesserung der Verwaltungsabläufe eingesetzt werden und diese effizienter gestalten. Dabei verbindet der Staat zwei positive Effekte für die Entwicklung von KI in Deutschland: Indem spezifische KI-Anwendungen selbst angewendet werden, sendet der Staat ein vertrauenswürdiges Signal in Wirtschaft und Gesellschaft. Gleichzeitig agiert er als bedeutender Nachfrager, dessen Nachfrage nicht nur als Pull-Faktor für die Entwicklung entsprechender Anwendungen fungiert. Es werden auch Innovationsanreize für neue KI-Unternehmen geschaffen.

¹⁴⁵ Röhl, et al., 2021, S. 41.

¹⁴⁶ Fries/Scheufen, 2019.

Know-how

Im Bereich des Humankapitals zeigt sich eine positive Entwicklung, denn die Anzahl an Informatikabsolventen und demnach potenziellen KI-Fachkräften nimmt zu. Gleichzeitig wächst jedoch auch der Fachkräftengpass in IT-Berufen deutlich an.¹⁴⁷ Verschiedene Handlungsoptionen können dazu beitragen, der angespannten Fachkräftesituation entgegenzuwirken und die Verfügbarkeit von KI-Know-how zu verbessern.

• **Lehrpläne der allgemeinbildenden Schulen anpassen**

Um der angespannten Fachkräftesituation in Deutschland nachhaltig entgegenzuwirken, ist es wichtig, KI-Inhalte bereits in den Lehrplänen der allgemeinbildenden Schulen zu verankern und somit Interesse an KI-Themen zu wecken. Dabei wird nicht nur die allgemeine Informationslage zu Potenzialen von KI verbessert, die Jugendlichen können zudem die KI-Fachkräfte von morgen werden. Es ist denkbar, dass frühzeitiges Wissen über KI-Anwendungen dazu führt, dass Jugendliche sich für KI-relevante Studiengänge interessieren oder eine KI-Laufbahn in Forschung oder Wirtschaft anstreben. Die Bundesregierung versucht, dafür mit dem bundesweit geförderten MINT-Aktionsplan, systematisch Jugendliche für MINT-Themen zu begeistern.¹⁴⁸ Das Vorhaben der Bundesregierung ist wichtig und richtig, denn erlerntes Wissen aus MINT-Fachrichtungen zählt zu den KI-Kompetenzen, die Arbeitgeber derzeit in Deutschland nachfragen.¹⁴⁹ Grundsätzlich sollten die Bundesländer jedoch darüber hinaus das Schulfach Informatik ausbauen. Bei der Bildung sollten ebenfalls Grundkenntnisse der Datenwirtschaft vermittelt werden. Dies beinhalten unter anderem die Notwendigkeit und die Potenziale des Datenteilens.

• **Verfügbarkeit von KI-relevanten Studiengängen erhöhen**

Für eine Verbesserung der Fachkräftesituation sollten das Hochschulsystem gestärkt und die Kompetenzen vermittelt werden, die im Arbeitsumfeld beim Einsatz von KI oder in der Forschung vonnöten sind. Dafür ist insbesondere eine schnelle Besetzung der versprochenen 100 KI-Professuren hilfreich (siehe Handlungsempfehlung im Themenfeld Forschung). Eine Analyse von aktuellen KI-relevanten Stellenanzeigen unterstreicht die Bedeutung des Hochschulsystems. Denn in den Stellenanzeigen mit gefordertem Abschluss wird in 96 Prozent der Fälle ein Studium gefordert.¹⁵⁰ KI-Kompetenzen sind vielfältig, da auf Arbeitgeberseite eine gewisse Flexibilität unter den datenaffinen MINT-Fachrichtungen vorliegt¹⁵¹ und branchenspezifische Berufserfahrung oftmals nicht notwendig ist.¹⁵² Es zeigt, dass den vermittelten KI-Konzepten und technischen Fähigkeiten eine hohe Bedeutung zukommen. Instrumente, um die Absolventenanzahl in KI-relevanten Studiengängen zu erhöhen, könnten der vermehrte Einsatz von Stipendien oder von gezielten Informationsveranstaltungen bei angehenden Studierenden oder Schülerinnen und Schülern sein, welche die erfolgreich anmutenden Karrierepfade in KI-Berufen aufzeigen.

Forschung

Für die Entwicklung neuer und Weiterentwicklung bestehender KI-Anwendungen ist eine ausgeprägte Forschungslandschaft für KI in Deutschland sowie eine enge Verzahnung mit Wirtschaft und Gesellschaft enorm wichtig. Die diesbezüglichen Ergebnisse im KI-Index zeigen ein geteiltes Bild: Die Entwicklung der relativen KI-Forschungsaktivität ist rückläufig, während die Kooperation zwischen Unternehmen und der KI-Forschung an Zulauf gewinnt. Daraus lassen sich folgende Handlungsoptionen ableiten:

¹⁴⁷ Anger et al., 2020.

¹⁴⁸ Bundesregierung, 2020, S. 12.

¹⁴⁹ Büchel/Mertens, 2021, S. 11-12.

¹⁵⁰ Ebenda, S. 9-10.

¹⁵¹ Ebenda, S. 11-12.

¹⁵² Ebenda, S. 12-14.

- **Vorhandene KI-Fördergelder zielgerecht verteilen**

Es ist wichtig, dass das Fördervolumen des Bundes in KI bis 2025 von drei auf fünf Milliarden Euro erhöht wurde.¹⁵³ Gleichzeitig sollte gewährleistet sein, dass die Fördergelder auch vollumfänglich von den Ministerien abgerufen werden und den vorgesehenen Adressaten zukommen. 2020 waren 215 Millionen Euro verfügbar, von denen die Ministerien nur 137 Millionen Euro abriefen.¹⁵⁴ Grund sei die Corona-Pandemie, weshalb Projekte noch nicht oder nur verzögert angeschoben werden konnten sowie Ressourcenengpässe bei fachlich hochqualifiziertem Personal. Es gilt, der ausbremsenden Wirkung zügig entgegenzuwirken, damit bereits vorliegende Fördergelder nicht ungenutzt bleiben.

- **Zusätzliche KI-Professuren zeitnah besetzen**

In der KI-Strategie der Bundesregierung sind 100 zusätzliche KI-Professuren bis 2025 vorgesehen.¹⁵⁵ Dies ist aus zwei Gesichtspunkten wichtig, um die KI-Forschungslandschaft in Deutschland zu stärken: Einerseits kann aufstrebenden KI-Talenten aus der Wissenschaft eine attraktive akademische Perspektive in Deutschland geboten werden, sodass sie nicht zu einer Abwanderung ins Ausland tendieren. Andererseits können Anreize geschaffen werden, um international tätige KI-Expertinnen und Experten nach Deutschland zu locken oder bereits abgewanderte deutsche KI-Talente zurückzuholen. Dafür werden über die Alexander von Humboldt-Stiftung 30 der 100 KI-Professuren an international renommierte Wissenschaftler vergeben, wovon bislang zwei Professuren besetzt sind.¹⁵⁶ Im Oktober 2020 gab die Bundesregierung an, zum damaligen Zeitpunkt 26 KI-Professuren besetzt zu haben, wovon 15 auf Professuren mit KI-Bezug im Tenure-Track-Programm entfallen.¹⁵⁷ Nun gilt es, zügig attraktive Anreize auszugestalten, sodass die restlichen Professuren zeitnah ausgeschrieben und besetzt werden, denn aufgrund der angespannten Fachkräftesituation werben auch andere Akteure wie Unternehmen um aufstrebende KI-Talente.¹⁵⁸ Zu diesen Anreizen zählen unter anderem entsprechende finanzielle Rahmenbedingungen und weitreichende Forschungsfreiräume. Wichtig ist zudem, darauf zu achten, dass tatsächlich neue KI-Professuren geschaffen werden und keine reine Umverteilung von bereits besetzten Professuren stattfindet.

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

Damit der Einsatz von KI schnell und effektiv gelingt, sollten die KI-Grundlagenforschung und reale Anwendungsfälle eng miteinander verzahnt sein. Eine zentrale Rolle können dabei Reallabore spielen, die KI in realen Anwendungssituationen erproben: Sie ermöglichen den Innovationstransfer zwischen Forschung und Wirtschaft und können gleichzeitig den rechtlichen Rahmen evaluieren und weiterentwickeln. Beispielsweise förderte das BMVI mit 10,9 Millionen Euro ein Reallabor in Kelheim (Bayern), das in Realsituationen den Einsatz von KI im Bereich des autonomen Fahrens im öffentlichen Nahverkehr erprobt und zukünftig als skalierbare Blaupause für andere Städte und Landkreise dienen soll.¹⁵⁹ Es gilt, zukünftig Reallabore zügig und sektorübergreifend zu realisieren. Gleichzeitig sollten auch Unternehmen stärker mit Akteuren aus der Forschung vernetzt werden, sodass die Anwendung von KI reibungsfreier gelingt und von Synergieeffekten profitiert werden kann.

5.2 Wirtschaft

Die Indexergebnisse zeigen eine deutlich positive Entwicklung von KI im unternehmerischen Umfeld: KI wird inzwischen allgemein häufiger eingesetzt, positiver wahrgenommen und es

¹⁵³ BMBF, 2020.

¹⁵⁴ Álvarez, 2021.

¹⁵⁵ Bundesregierung, 2020, S. 10-11.

¹⁵⁶ Deutscher Bundestag, 2020b, S. 7, S. 11-12; Bitkom, 2020c, S. 7-8.

¹⁵⁷ Insgesamt wurden folgenden KI-Professuren aus verschiedenen BMBF-Fördermaßnahmen nach Verabschiedung der KI-Strategie im November 2018 besetzt: Zwei Alexander von Humboldt-Professuren für KI, 15 Professuren mit KI-Bezug im Tenure-Track-Programm, drei Heisenberg-Professuren mit KI-Bezug, drei Professuren mit KI-Bezug im Rahmen der Exzellenzcluster der Exzellenzstrategie, eine KI-Professur am Weizenbaum-Institut sowie zwei gemeinsam mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen neu berufene Professuren mit Schwerpunkt KI. Deutscher Bundestag, 2020d, S. 173-175.

¹⁵⁸ Peters, 2021.

¹⁵⁹ BMVI, 2021c.

werden mehr innovative KI-Anwendungen entwickelt und entsprechende Patentschutzwirkungen angestrebt als noch im vergangenen Jahr. Außerdem fragen Unternehmen vermehrt Arbeitskräfte in KI-relevanten Berufen nach. Dennoch existieren weiterhin Hürden für den Einsatz von KI, die es zu überwinden gilt. Gründe sind beispielsweise der weitreichende Mangel an Personal mit KI-relevanten Kompetenzen oder diverse Hemmnisse der Nutzung von KI in Unternehmen. Explizit werden folgende Handlungsoptionen empfohlen, um den positiven Trend von KI im unternehmerischen Umfeld auch in Zukunft fortsetzen zu können:

- **Eigene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter weiterbilden**

Um den steigenden Bedarf an KI-Fachkräften in Unternehmen zu decken, ist es angesichts der in den letzten Jahren wachsenden Fachkräftelücke in Digitalisierungsberufen¹⁶⁰ wichtig, eigenes Personal entsprechend weiterzubilden. Die angespannte Fachkräftesituation wird durch einen weiteren Umstand noch verschärft: Deutschland besitzt im internationalen Vergleich einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Arbeitsplätzen, die zukünftig von einer Automatisierung betroffen sind.¹⁶¹ Zwar liegt die Weiterbildungsbereitschaft in Deutschland auf einem überdurchschnittlich hohen Niveau, jedoch zeigen sich mitunter auch die höchsten Ungleichheiten zwischen verschiedenen Qualifikationsniveaus, Gehaltsstufen oder Unternehmensgrößenklassen.¹⁶² Insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen ist die Bereitschaft zur Weiterbildung eigener IT-Anwender und -Fachkräfte sowie die Beschäftigung eigener IT-Fachkräfte geringer ausgeprägt.¹⁶³ Daher könnten gerade in KMUs gezielte Weiterbildungen den Einsatz von KI besonders wirksam erleichtern, indem beispielsweise Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer die für KI notwendige Datenkompetenz vermittelt wird. Gleichzeitig sollte die Vernetzung von Unternehmen mit Forschungseinrichtungen gefördert werden. Allgemein ist es wichtig, dass relevante Weiterbildungsprogramme für Unternehmen sichtbar werden, beispielsweise mittels einer Verknüpfung mit den Weiterbildungs- und Qualifizierungsprogrammen der Bundesagentur für Arbeit. Zudem sollten Weiterbildungen durch staatliche Anreize unterstützt werden. Einen Anfang bildet ein im September 2020 erschienenes Förderprogramm, das mittels finanzieller Zuschüsse KMUs dazu motivieren soll, mehr in digitale Technologien wie KI sowie in die Qualifizierung ihrer Beschäftigten zu investieren.¹⁶⁴ Jedoch verlangsamen derzeit hohe bürokratische Hürden¹⁶⁵ den Auszahlungsprozess: Im Jahr 2020 sind gerade einmal 5 Prozent der vorgesehenen Gelder abgeflossen, 95 Prozent verbleiben als Ausgabereste.¹⁶⁶

- **Datenverfügbarkeit in den Unternehmen steigern und Datenhemmnisse abbauen**

Ein wesentlicher Faktor für die KI-Nutzung in Unternehmen ist eine hohe Datenverfügbarkeit. Dabei gilt es, Unternehmen für die Potenziale eigener Daten zu sensibilisieren. Gleichzeitig sollten Anreize zum Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg geschaffen werden. So können unternehmensübergreifende Datenpools gebildet werden, die gerade für KI-Anwendungen eine zentrale Rolle spielen. Hier kann die Politik mit GAIA-X¹⁶⁷ einen wertvollen Impuls setzen, der nun in die konkrete Anwendung überführt werden muss. Insbesondere gilt es, das Vertrauen der Unternehmen beim Datenaustausch zu stärken, die Etablierung von Standards zum Datenaustausch zu unterstützen und Rechtssicherheit bei der Datennutzung zu schaffen. Denn gerade einmal jedes zehnte Unternehmen in Deutschland ist bereit, andere Unternehmen an den selbst gewonnenen Daten teilhaben zu lassen.¹⁶⁸ Gar 77 Prozent geben einen unklaren Nutzen eines Datenaustauschs als hemmenden Grund zur Datennutzung an.¹⁶⁹

160 Büchel et al., 2021, S. 72-74.

161 OECD, 2021, S. 14.

162 Ebenda.

163 Büchel et al., 2021, S. 33-38.

164 BMWi, 2021a.

165 Oder, 2021.

166 Deutscher Bundestag, 2021c, S. 27.

167 BMWi, 2021b.

168 Röhl, et al., 2021, S. 46.

169 Ebenda, S. 41.

- **Anwendungsmöglichkeiten von KI aufzeigen**

Unternehmen sollten dabei unterstützt werden, potenzielle KI-Anwendungsfälle zu identifizieren und entsprechende Projekte umzusetzen. Zudem kann eine spezifische Beratung die Implementierung einer passenden KI-Lösung im Unternehmen vereinfachen und beschleunigen. Dabei gilt es, gerade Mittelständler mit Realisierungspartnern zu vernetzen. Einen Ansatzpunkt bilden dabei die regional verteilten Mittelstand-4.0-Kompetenzzentren, die auf Mittelstand sowie Handwerk eine informative und sensibilisierende Wirkung für die technologischen und wirtschaftlichen Potenziale von KI ausüben sollen.¹⁷⁰ Die gestiegene Nutzung von KI (Abschnitt 3.2.2) verdeutlicht, dass KI zunehmend Anwendung in Unternehmen der Industrie und der industrienahen Dienstleistungen findet. Dennoch ist der KI-Nutzungsanteil noch ausbaufähig. Denn derzeit setzen erst rund 21 Prozent der Unternehmen Verfahren der Künstlichen Intelligenz ein, wenngleich mehr als 70 Prozent der Unternehmen KI als Chance ansehen. Ein Erklärungsgrund kann deshalb sein, dass die Unternehmen noch keinen für ihre Bedarfe passenden KI-Anwendungsfall identifiziert haben. In der Fortschreibung der KI-Strategie sind dafür mehrere Maßnahmen wie Anwendungszentren und Erweiterungen des KI-Trainer-Programms vorgesehen sowie die Förderung von anwendungsorientierten Use-Cases für den Mittelstand.¹⁷¹ Dies ist zu begrüßen und sollte zügig in die Umsetzung geführt werden.

- **Start-ups stärken**

Unternehmensgründungen sowie Ausgründungen aus der Wissenschaft mit KI-Bezug sollten gefördert werden, sodass die KI-Start-up-Landschaft in Deutschland gestärkt wird. Gerade in den für Unternehmen oftmals finanziell angespannten Zeiten der Corona-Pandemie ist es umso wichtiger, unterstützende Rahmenbedingungen bereitzustellen. Denn das Wachstum der Anzahl an KI-Start-ups in Deutschland ist rückläufig: Die Wachstumsrate sank von 62 Prozent im Jahr 2020 auf 15 Prozent im Jahr 2021.¹⁷² Dabei sind Berlin und München nicht nur die deutschen Start-up-Hotspots allgemein, sondern auch Leuchttürme der deutschen KI-Landschaft: Etwa 41 Prozent der insgesamt 278 deutschen KI-Start-ups sind in Berlin und etwa 22 Prozent in München ansässig.¹⁷³ Die Fortschreibung der KI-Strategie sieht vor, gezielte KI-Schwerpunkte bei den bestehenden Förderprogrammen zu Ausgründungen aus der Wirtschaft (EXIST) und internationalen Start-up-Förderungen (German Accelerator) zu implementieren.¹⁷⁴ Insbesondere sollte darauf geachtet werden, dass die Instrumente des sich im Aufbau befindenden und mit 10 Milliarden Euro unterstützten „Zukunftsfonds“ auch für KI-Start-ups geeignet sind – ähnlich zum geplanten „Deep Tech Fonds“ für Langfristfinanzierungen, in denen eine Investition in eine zukunftsfähige Schlüsseltechnologie wie unter anderem KI als Kriterium gilt, der jedoch mit einer Milliarde Euro ein vergleichsweise geringeres Volumen aufweist.¹⁷⁵

5.3 Gesellschaft

Die Indexergebnisse in der Kategorie Gesellschaft zeigen ein geteiltes Bild: Zwar steigt die allgemeine Bekanntheit von KI in der Gesellschaft, jedoch nimmt das Suchinteresse an KI über Onlinekanäle ab. Die Tonalität auf Twitter zeigt sich leicht negativer, während sie in Printmedien leicht ansteigt. In beiden Indikatoren ist die Diskussion neutral. Ein allgemeiner Trend pro KI lässt sich demnach nicht feststellen. Folgende Handlungsempfehlungen können dazu beitragen, die gesellschaftliche Wahrnehmung von KI zu fördern und positiv zu beeinflussen:

170 BMWi, 2021c.

171 Bundesregierung, 2020, S. 31.

172 UnternehmerTUM, 2021a.

173 UnternehmerTUM, 2021b.

174 Bundesregierung, 2020, S. 31.

175 BMWi, 2021d.

- **Transparenz von KI verbessern**

Forschung zu erklärbarer KI steckt noch in den Kinderschuhen.¹⁷⁶ Dabei geht es um Analysewerkzeuge, die im Nachhinein angewandt werden, um Entscheidungen zu erklären. Ein KI-Modell ist erklärbar, wenn es möglich ist, einer Zielperson eine verständliche Begründung aktiv bereitzustellen, die es ihr ermöglicht, das Ergebnis eines KI-Modells nachzuvollziehen. Dabei zählen zu den am wenigsten erklärbaren KI-Modellen einer Studie zufolge vor allem Black-Box-Modelle wie neuronale Netze.¹⁷⁷ Jedoch wird die Nutzung von Black-Box-Modellen zukünftig intensiviert werden, wonach ein Aufholbedarf in der Forschung zu erklärbarer KI umso dringlicher wird. Die Politik lässt derzeit klare regulatorische Vorgaben zu Anforderungen an die Erklärbarkeit von KI-Anwendungen vermissen.¹⁷⁸ Zudem ist unklar, in welchem Ausmaß Erklärbarkeit für eine individuelle Zulassung oder Zertifizierung eines KI-gestützten Systems in Deutschland und Europa erforderlich ist. Dabei spielt die Vertrauenswürdigkeit eine zentrale Rolle, damit KI in eine breite Anwendung kommt. Forschungsfortschritte und Rechtssicherheit könnten daher eine Hebelwirkung entfalten. Gleichzeitig muss jedoch sichergestellt werden, dass Vorgaben nur da gemacht werden, wo sie dringend notwendig sind, um Innovationsaktivitäten nicht unattraktiv werden zu lassen.

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

Ethik-Label für KI-Systeme können unterstützend wirken, um KI zu entmystifizieren und zu einer höheren Akzeptanz in der Gesellschaft beizutragen. Denn Selbstverpflichtungen der Unternehmen können nicht zuletzt Vertrauen in KI schaffen. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) und die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) entwickelten dafür im Auftrag des BMWi die Normungsroadmap KI als Basis für ein nachfolgendes Umsetzungsprogramm zur Einleitung konkreter Normungsvorhaben.¹⁷⁹ Ähnlich zum Regulierungsvorschlag der Europäischen Kommission (Abschnitt 2.1) wird darin eine Risikoeinstufung von KI-Anwendungen empfohlen, die prüft, ob selbstlernende KI-Systeme über Menschen, deren Besitz oder Zugang zu knappen Ressourcen entscheiden und ungeplante Probleme in der KI individuelle Grundrechte oder demokratische Werte gefährden könnten.¹⁸⁰ Ein Ethik-Label für KI sollte jedoch freiwillig sein und bleiben, um gerade Start-ups in dem Bereich nicht mit unnötiger Bürokratie zu belasten. Unternehmen könnten mit einem freiwilligen Label den Kundinnen und Kunden ein Signal geben, dass ihre KI-Anwendung einem bestimmten Standard entspricht. Es besteht für die KI-entwickelnden Unternehmen der Anreiz, ein solches Label verwenden zu können, um über ein solches Signal Kundinnen und Kunden zu gewinnen.

- **Zertifizierung für hochriskante KI-Systeme einführen**

Gleichzeitig können Zertifizierungen hochriskanter KI-Systeme wichtige und verlässliche Qualitätssignale für beteiligte Akteure aus Wirtschaft und Gesellschaft senden und Vertrauen schaffen. Dabei gilt es, Überregulierung zu vermeiden, sodass keine ausbremsende, sondern vielmehr eine beflügelnde Wirkung auf Innovationen entsteht. Auch der Regulierungsvorschlag der Europäischen Kommission sieht Zertifizierungen für hochriskante KI-Anwendungen vor.¹⁸¹ Nun gilt es, Zertifizierungen für KI-Anwendungen zügig und praxisnah auszugestalten und dann umzusetzen. Dafür müssen zunächst Bewertungsmaßstäbe definiert werden, auf Basis derer Zertifizierungen von KI-Systemen durchgeführt werden können. Ein wichtiger erster Schritt kann daher sein, passende sicherheitskritische Use-Cases für bestimmte KI-Systeme zu identifizieren, um darauf aufbauend technische Richtlinien abzuleiten und anschließend Standards zu entwickeln.¹⁸²

176 Kraus et al., 2021.

177 Ebenda.

178 Moraht, 2021.

179 DIN/DKE, 2020; Bundesregierung, 2020, S. 21.

180 DIN/DKE, 2020, S. 4.

181 Europäische Kommission, 2021c, S. 63ff.

182 BSI/HHI/TÜV, 2021.

- **Zivilgesellschaft beim Thema KI einbeziehen**

Letztlich ist es notwendig, die Zivilgesellschaft einzubinden, um die Entwicklung von KI gemeinsam mit Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft begleiten und vorantreiben zu können. Die KI-Strategie der Bundesregierung sieht dafür den Ausbau einer Plattform für gemeinwohlorientierte KI vor.¹⁸³ Darauf können sich potenzielle Projektpartner aus Zivilgesellschaft, Bildungseinrichtungen, Wissenschaft, Verwaltung, KMU, KI-Entwickler und Start-ups vernetzen und Kenntnisse, Erfahrungen und Bedürfnisse miteinander austauschen. Eine derartige Plattform sollte in der neuen Legislatur der Bundesregierung entwickelt, umgesetzt und begleitend evaluiert werden, um ihre Praxistauglichkeit und Zieleffizienz gewährleisten zu können.

6 Fazit

KI ist eine der Schlüsseltechnologien für die Wirtschaft, mit der in Zukunft enorme Effizienzgewinne sowie technologischer Fortschritt verbunden sein werden. Gleichzeitig ist KI aber auch hochgradig gesellschaftsrelevant. Dies unterstreicht die Bedeutung und das Bedürfnis, nicht nur adäquate Rahmenbedingungen für einen wirkungsvollen Einsatz von KI zu setzen. Gleichwohl gilt es auch, die Entwicklungen in der wirtschaftlichen Anwendung und der gesellschaftlichen Akzeptanz der neuen Technologie zu begleiten, zu beobachten und negative Entwicklungen frühestmöglich zu erkennen, um intervenieren zu können. Deutschland kann sich nur dann zu einem der führenden KI-Standorte entwickeln, wenn der Erfolg von KI im Dreiklang aus Rahmenbedingungen, Transfer in die Wirtschaft und gesellschaftlicher Akzeptanz verstanden und entsprechend gemeinsam angegangen wird.

Analog zur erstmaligen Erhebung des KI-Monitors erweisen sich im KI-Index 2021 abermals die Rahmenbedingungen als Bremse der ganzheitlich positiven Entwicklung von KI in Deutschland. Dabei setzt sich vor allem der Trend einer geringeren Thematisierung von KI-relevanten Inhalten in Bundestagsdebatten fort und schmälert die Fortschritte bei der digitalen Infrastruktur und beim Humankapital. Die Anwendung in der Wirtschaft verspürt dagegen enorme Zugewinne: Nicht nur der Einsatz von KI in Unternehmen, sondern auch die Innovationskraft gemessen an KI-affinen Patentanmeldungen sowie die Nachfrage nach KI-Fachkräften steigt an. Der Widerhall von KI in der Gesellschaft lässt hingegen weitreichend positive Entwicklungen vermissen, wenngleich das Ergebnis insgesamt auch dank einer gestiegenen Bekanntheit leicht positiv ausfällt.

Insgesamt existieren neben einer erfreulichen Entwicklung von KI noch Handlungsfelder, die weiterhin bestehende Herausforderungen wie die angespannte Fachkräftesituation oder Hemmnisse zur Nutzung von KI in Wirtschaft und Gesellschaft entkräften und dringend notwendiges Vertrauen schaffen sowie die Potenziale von KI vermitteln können.

Auf politischer Ebene haben die Europäische Kommission mit ihrem Regulierungsvorschlag zu KI und die Bundesregierung mit der Fortschreibung der KI-Strategie zwei wichtige Pfeiler errichtet. Diese sollten als Ausgangspunkt gesehen und so weiterentwickelt werden, dass die Balance zwischen Freiraum für Innovationen und festen Vorgaben für Rechtssicherheit gewahrt wird. Denn nur dann können sich die angestrebte vertrauensschaffende Wirkung auf Wirtschaft und Gesellschaft vollends entfalten und die Potenziale von KI umfassend gehoben werden, damit Deutschland und die gesamte Europäische Union zur führenden Region bei vertrauensvoller KI werden können.

¹⁸³ Bundesregierung, 2020, S. 27.

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 in den Printmedien (3.3.2)

KI auf Twitter (3.3.3)

Google-Suchinteresse an KI (3.3.4)

Zur Bestimmung der verwendeten KI-Begriffe werden standardisierte Listen von Suchwörtern verwendet, die nachfolgend aufgeführt sind. Ausgangspunkt für die Bestimmung der Suchwörter ist eine Taxonomie von so genannten KI-Skill-Begriffen.¹⁸⁴ 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 -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

¹⁸⁴ Burning Glass, 2020.

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[s]
- robot
- (face|image|character|speech|video|text) & (recognition|generation)
- direction recognition
- (gesichts|bild|zeichen|sprach|video|text|richtungen) & (erkennung|generierung)
- object & (detection|localization|classification)
- objekt & (erkennung|lokalisierung|klassifizierung)
- machine translation
- maschinelle übersetzung
- künstliche intelligenz
- autonome fahr
- maschinelle lern
- neuronale netz
- natürliche sprachverarbeitung
- autonome roboter
- deep learning
- fuzzy logik
- trainingsdaten
- trainier daten
- ki
- nlp
- ml
- cnn
- lstm
- fourier transformation
- algorithm
- maximum likelihood
- navigation & (system|einrichtung|vorrichtung)
- bilderfassung
- fahrerassistenzsystem
- routen berechnung
- virtual reality
- datenverarbeitung
- ambient assisted living
- vollautomatisiert
- assistenz system
- früh erkennung
- programmcode
- (detektion|erfassen) von objekten

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

Literaturverzeichnis

adesso, 2020, KI – eine Bestandsaufnahme, Report 2020, <https://ki.adesso.de/ki-de/oeffentliche-downloads/ki-eine-bestandsaufnahme-2020.pdf> [26.4.2020]

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

Álvarez, Sonja, 2021, Ministerien lassen KI-Millionen liegen, <https://www.wiwo.de/politik/deutschland/kuenstliche-intelligenz-ministerien-lassen-ki-millionen-liegen-/26999574.html> [6.5.2021]

Anger, Christina / Kohlisch, Enno / Koppel, Oliver / Plünnecke, Axel, 2020, MINT-Herbstreport 2020. MINT-Engpässe und Corona-Pandemie: kurzfristige Effekte und langfristige Herausforderungen, Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall, Köln

Arnold, Norbert / Frieß, Hans-Jürgen / Roose, Jochen / Werkmann, Caroline, 2020, Künstliche Intelligenz in Einstellungen und Nutzung bei unterschiedlichen Milieus in Deutschland, Konrad-Adenauer-Stiftung (Hrsg.), <https://www.kas.de/documents/252038/7995358/K%C3%BCnstliche+Intelligenz+in+Einstellungen+und+Nutzung+bei+unterschiedlichen+Milieus+in+Deutschland.pdf/16362baf-4af0-5276-a1d6-7df4513093e3?version=1.0&t=1605514371601> [27.4.2021]

Arrow, Kenneth J., 1962, Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, in: Nelson, Richard (Hrsg.), The Rate and Direction of Inventive Activity, Princeton, S. 605–625

Balzli, Beat, 2021, Schulden für die Politshow, <https://www.wiwo.de/politik/deutschland/balzi-direkt-schulden-fuer-die-politshow/27141678.html> [3.5.2021]

BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., 2021, EU braucht dringend eine aktive Industriestrategie, <https://bdi.eu/artikel/news/eu-braucht-dringend-eine-aktive-industriestrategie/> [21.6.2021]

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

Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien, 2018, Künstliche Intelligenz, Von der Strategie zum Handeln, https://www.bitkom.org/sites/default/files/2018-12/Bitkom%20Charts%20K%C3%BCnstliche%20Intelligenz%2005%2012%202018_final.pdf [23.4.2021]

Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien, 2020a, Künstliche Intelligenz, https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-09/bitkom-charts-kuenstliche-intelligenz-28-09-2020_final.pdf [9.3.2021]

Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien, 2020b, Die Menschen wollen KI – und haben auch Angst vor ihr, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Die-Menschen-wollen-KI-und-haben-auch-Angst-vor-ihr> [9.3.2021]

Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien, 2020c, KI-Forschung in Deutschland – Der schwere Weg zu 100 neuen KI-Professuren, Berlin

Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien, 2021, Künstliche Intelligenz kommt in Unternehmen allmählich voran, <https://www.bitkom-research.de/de/pressemitteilung/kuenstliche-intelligenz-kommt-unternehmen-allmaehlich-voran> [3.5.2021]

Boersengefluester.de, 2021, <https://boersengefluester.de/download-der-dax-geschäftsberichte-von-2007-bis-2018/> [27.5.2021]

BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2020, Für ein zukunftsfähiges Innovationsland Deutschland, Maßnahmen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Überwindung der Folgen der Covid-19-Pandemie, https://www.bmbf.de/files/090_20_Faktenblatt_Konjunkturpaket.pdf [6.5.2021]

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

BMVI, 2020a, Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2020), Erhebung der atene KOM im Auftrag des BMVI, Berlin

BMVI, 2020b, Bericht zum Breitbandatlas Teil 1: Ergebnisse (Stand Mitte 2020), Berlin

BMVI, 2021a, Bund veröffentlicht aktuelle Breitband-Zahlen. Breitbandausbau weiter auf Kurs, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/034-scheuer-zahlen-breitbandausbau.html> [5.5.2021]

BMVI, 2021b, Die Breitbandförderung des Bundes. Neuauflage: Das Graue-Flecken-Förderprogramm, <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Breitbandfoerderung/breitbandfoerderung.html> [5.5.2021]

BMVI, 2021c, BMVI fördert drei KI-Mobilitätsprojekte mit über 11 Millionen Euro, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/30-scheuer-foerderung-ki-mobilitaetsprojekte.html> [6.5.2021]

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021a, „Digital Jetzt“ – Neue Förderung für die Digitalisierung des Mittelstands, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/digital-jetzt.html> [18.5.2021]

BMWi, 2021b, GAIA-X. Eine vernetzte Datenstruktur für ein europäisches digitales Ökosystem, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html> [18.5.2021]

BMWi, 2021c, Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren unterstützen vor Ort, <https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand-4-0/mittelstand-40-kompetenzzentren.html> [18.5.2021]

BMWi, 2021d, Zukunftsfonds startet – Bundesregierung stärkt die Start-up-Finanzierung in Deutschland, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/03/20210324-zukunftsfonds-startet-bundesregierung-staerkt-die-start-up-finazierung-in-deutschland.html> [18.5.2021]

BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik / HHI - Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik Heinrich-Hertz-Institut / TÜV - Verband der TÜV e. V., 2021, Towards Auditable AI Systems, Current status and future directions, Whitepaper May 2021, https://www.hhi.fraunhofer.de/fileadmin/News/2021/White_Paper/20210504_Whitepaper__Towards_Auditable_AI_Systems_-_Current_status_and_future_directions__final.pdf [6.5.2021]

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]

Büchel, Jan / Demary, Vera / Engels, Barbara / Goecke, Henry / Rusche, Christian, 2020, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi): Methodik des Digitalisierungsindex, <https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-download-methodik-des-digitalisierungsindex.pdf> [4.12.2020]

Büchel, Jan / Mertens, Armin, 2021, KI-Bedarfe der Wirtschaft am Standort Deutschland. Eine Analyse von Stellenanzeigen für KI-Berufe, Studie im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Köln

Büchel, Jan / Demary, Vera / Goecke, Henry / Rusche, Christian, 2021, Digitalisierungsindex 2020 – Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Köln

Bundesregierung, 2018, Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung, November 2018, o. O.

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 [14.5.2020]

Bundesregierung, 2020, Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Fortschreibung 2020, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/strategie-kuenstliche-intelligenz-fortschreibung-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=10 [29.4.2021]

Chuvpilo, Gleb, 2020, AI Research Rankings 2020: Can the United States Stay Ahead of China?, <https://chuvpilo.medium.com/ai-research-rankings-2020-can-the-united-states-stay-ahead-of-china-61cf14b1216> [21.4.2021]

Dasgupta, Partha / Stiglitz, Joseph, 1980, Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity, *Economic Journal*, 90. Jg., Nr. 358, S. 266–293

Demary, Vera / Engels, Barbara / Goecke, Henry / Koppel, Oliver / Mertens, Armin / Rusche, Christian / Scheufen, Marc / Wendt, Jan, 2020, KI-Monitor, Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland, Gutachten im Auftrag des Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW), Berlin

Deutscher Bundestag, 2018, Antrag der Fraktionen CDU/CSU, SPD, FDP und DIE LINKE. Einsetzung einer Enquete-Kommission „Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale“, Drucksache 19/2978, Berlin

Deutscher Bundestag, 2020a, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Margit Stumpp, Oliver Krischer, Sven-Christian Kindler, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/20240 – Abrufe beim Bundesförderprogramm Breitbandausbau, <https://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/19/211/1921141.pdf> [3.5.2021]

Deutscher Bundestag, 2020b, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Mario Brandenburg (Südpfalz), Dr. Thomas Sattelberger, Katja Suding, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP – Drucksache 19/23380 – Zwei Jahre KI-Strategie der Bundesregierung – Stand der Umsetzung, <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/242/1924243.pdf> [6.5.2021]

Deutscher Bundestag, 2020c, Unterrichtung der Enquete-Kommission Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale, Bericht der Enquete-Kommission Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale, Drucksache 19/23700, Berlin

Deutscher Bundestag, 2020d, Schriftliche Fragen mit den in der Woche vom 12. Oktober 2020 eingegangenen Antworten der Bundesregierung – Drucksache 19/23454, <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/19/234/1923454.pdf> [6.5.2021]

Deutscher Bundestag, 2021a, Open Data, <https://www.bundestag.de/services/opendata> [8.4.2020]

Deutscher Bundestag, 2021b, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Margit Stumpp, Sven-Christian Kindler, Dieter Janecek, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/27234 – Abrufe beim Bundesförderprogramm Breitbandausbau, <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/283/1928307.pdf> [3.5.2021]

Deutscher Bundestag, 2021c, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dieter Janecek, Dr. Anna Christmann, Anja Hajduk, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/26505 – Digitalpolitischer Bundeshaushalt 2021, <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/266/1926651.pdf> [21.5.2021]

Dimock, Michael, 2019, Defining Generation: Where Millennials End and Generation Z Begins, <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2019/01/17/where-millennials-end-and-generation-z-begins/> [21.4.2021]

DIN – DIN e. V. / DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, 2020, Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), <https://www.din.de/resource/blob/772438/6b5ac6680543eff9fe372603514be3e6/normungsroadmap-ki-data.pdf> [6.5.2021]

Dreier, Thomas / Meyer-van Raay, Oliver, 2011, Computerrecht, in: Schulte, Martin / Schröder, Rainer (Hrsg.): Handbuch des Technikrechts, Berlin

Eckner, Constantin / Mortsiefer, Henrik, 2021, EU-Chip-Strategie: Masterplan oder Milliardengrab? <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/eu-chip-strategie-masterplan-oder-milliardengrab#:~:text=Die%20EU%20will%20in%20der,werben%2C%20f%C3%BCrchten%20Experten%20ein%20Milliardengrab> [5.5.2021]

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 [14.5.2020]

Elsevier, 2018, Artificial Intelligence: How knowledge is created, transferred, and used, <https://www.elsevier.com/?a=827872> [18.5.2020]

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, 2018a, European Commission communication on the Strategy for Artificial Intelligence in Europe, COM(2018) 237, Brüssel

Europäische Kommission, 2018b, European Commission Communication Coordinated Plan on Artificial Intelligence, COM(2018) 795 final, Brüssel

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 [22.5.2020]

Europäische Kommission, 2021a, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Fostering a European approach to Artificial Intelligence, COM(2021) 205 final, Brüssel

Europäische Kommission, 2021b, Annex to Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Fostering a European approach to Artificial Intelligence, Coordinated plan on Artificial Intelligence 2021 Review, COM(2021) 205 final, Annex, Brüssel

Europäische Kommission, 2021c, Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain Union Legislative Acts, COM(2021) 206 final, Brüssel

Fries, Martin / Scheufen, Marc, 2019, Märkte für Maschinendaten: Eine rechtliche und rechtsökonomische Standortbestimmung, in: Multimedia und Recht (MMR), 22. Jg., Nr. 11, S. 721–726

Google Trends, 2021, Interesse im zeitlichen Verlauf, <https://trends.google.de/trends/explore?date=today%205-y&geo=DE&q=K%C3%BCnstliche%20Intelligenz> [29.4.2021]

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]

Groth, Olaf / Straube, Tobias, 2021, Analyse aktueller globaler Entwicklungen im Bereich KI mit einem Fokus auf Europa, Konrad-Adenauer-Stiftung, <https://www.kas.de/documents/252038/11055681/Analyse+aktueller+globaler+Entwicklungen+im+Bereich+KI+mit+einem+Fokus+auf+Europa.pdf/99f84ba2-c142-03b3-f76e-ba399c8d131b?> [28.4.2021]

Haribi, Najib, 1997, Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene: ein Überblick, ZEW-Diskussionspapier Nr. 97-02, Mannheim

Initiative D21, 2019, D21 DIGITAL INDEX 2018/2019 – Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft, https://initiated21.de/app/uploads/2019/01/d21_index2018_2019.pdf [9.3.2021]

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 [9.3.2021]

Initiative D21, 2021, D21 DIGITAL INDEX 2020/2021 - Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft, https://initiated21.de/app/uploads/2021/02/d21-digital-index-2020_2021.pdf [9.3.2021]

Kaspersky, 2020a, Künstliche Intelligenz: Nutzung, Wissen und Wahrnehmung der 16- bis 30-Jährigen in Deutschland, Teil 1 der Kaspersky-Report-Serie über die Generation KI, 01.04.2020, https://media.kasperskydaily.com/wp-content/uploads/sites/96/2020/04/06102953/K_Kurzreport_GenerationKI_1_Nutzung_Wissen_Wahrnehmung_AM20200402.pdf [28.4.2021]

Kaspersky, 2020b, Künstliche Intelligenz im Spannungsfeld von Datenschutz, Regulierung und Cybersicherheit: Was die Politik vorhat und wie die jungen Menschen in Deutschland über KI denken, Teil 6 der Kaspersky-Report-Serie über die Generation KI, Dezember 2020, https://media.kasperskydaily.com/wp-content/uploads/sites/96/2020/12/09082955/K_Kurzreport_GenerationKI_6_Datenschutz-Regulierung-und-Cybersicherheit_final.pdf [28.4.2021]

Kaspersky, 2020c, Wie die Generation Z und Millennials den Einsatz Künstlicher Intelligenz im Klimaschutz und in der Smart City beurteilen, Teil 2 der Kaspersky-Report-Serie über die Generation KI, April 2020, https://media.kasperskydaily.com/wp-content/uploads/sites/96/2020/04/20141351/K_Kurzreport_GenerationKI_2_KlimaundSmartCity.pdf?utm_source=facebook&utm_medium=social&utm_campaign=de_generation-ki_mr0089&utm_content=sm-post&utm_term=de_facebook_organic_g89zzhkzwtarpxx [28.4.2021]

Kaspersky, 2020d, Schöne neue Jobwelt? Arbeit 5.0: Wie die Deutschen unter 31 den Einsatz Künstlicher Intelligenz in der Arbeitswelt von morgen beurteilen, Teil 5 der Kaspersky-Report-Serie über die Generation KI, 07.09.2020, https://media.kasperskydaily.com/wp-content/uploads/sites/96/2020/09/07085315/K_Kurzreport_GenerationKI_5_Neue_Jobwelt_final-1.pdf [28.4.2021]

Kaspersky, 2020e, Wie Künstliche Intelligenz in der Zukunft unsere Welt verändern könnte, Teil 5 der Kaspersky-Report-Serie über die Generation KI, 10.11.2020, https://media.kasperskydaily.com/wp-content/uploads/sites/96/2020/10/30131733/K_Kurzreport_GenerationKI_5_KI-und-die-Zukunft_final.pdf [28.4.2021]

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

Kraus / Tom, Ganschow / Lene, Eisenträger / Marlene, Wischmann / Steffen, 2021, Erklärbare KI. Anforderungen, Anwendungsfälle und Lösungen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm „Künstliche Intelligenz als Treiber für volkswirtschaftlich relevante Ökosysteme“, Berlin

Lichtblau, Karl / Neligan, Adriana (Hrsg.), 2009, Das IW-Zukunftspanel. Ziele, Methoden, Themen und Ergebnisse, Köln

Macho, Andreas / Reimann, Annina / Seiwert, Martin / Wettach, Silke, 2021, Goldene Chips. Die Chipkrise verändert die Spielregeln der Autoindustrie, <https://www.wiwo.de/my/unternehmen/it/goldene-chips-die-chipkrise-veraendert-die-spielregeln-der-autoindustrie/27141904.html?ticket=ST-1687869-Zbk4bqay5ehEgtP0kheJ-ap3> [5.5.2021]

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

- McKinsey**, 2018, True Gen: Generation Z and its Implications for Companies, <https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/true-gen-generation-z-and-its-implications-for-companies> [21.4.2021]
- McKinsey**, 2020, McKinsey Quantum Computing Monitor. Facts & Figures, https://www.mckinsey.com/de/~ /media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2020/2020-12-13%20-%20quantum%20computing%20monitor/mckinsey_quantum%20computing%20monitor.pdf [5.5.2021]
- Microsoft Academic**, 2021, <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/microsoft-academic-graph/> [5.5.2021]
- 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
- Moraht, Frederike** 2021, Erklärbare KI noch in den Kinderschuhen, <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/erklaeerbare-ki-noch-in-den-kinderschuhen> [6.5.2021]
- Norvig, Peter / Russel, Stuart**, 2010, *Artificial Intelligence, A modern approach*, Pearson Education, Upper Saddle River
- Oder, Lisa**, 2021, Digital irgendwann?, <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/digital-irgendwann#:~:text=von%20Lisa%20Oder&text=Das%20F%C3%B6rderprogramm%20%E2%80%9EDigital%20jetzt%E2%80%9C%20soll,einigen%20Unternehmen%20f%C3%BCr%20viel%20Frustr> [21.5.2021]
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development**, 2020, The role of online platforms in weathering the COVID-19 shock, https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=1059_1059964-bt6y866qim&title=The-role-of-online-platforms-in-weathering-the-COVID-19-shock [29.4.2021]
- OECD**, 2021, *Continuing Education and Training in Germany, Getting Skills Right*, OECD Publishing, Paris
- 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 [14.5.2020]
- Paschke, Adrian / Tcholtchev, Nikolay**, 2021, *Quantencomputing und Künstliche Intelligenz – Anwendungen*, Konrad-Adenauer-Stiftung (Hrsg.), <https://www.kas.de/documents/252038/11055681/Quantencomputing+Teil+2+-+K%C3%BCnstliche+Intelligenz+und+Quantencomputing.pdf/69b6b08c-65da-96df-283d-bf40999bf103?version=1.1&t=1618928274105> [18.5.2021]
- Perrault, Raymond / 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 [28.4.2021]

Perrault, Raymond / Clark, Jack / Brynjolfsson, Erik / Etchemendy, John / Ganguli, Deep / Grosz, Barbara / Lyons, Terah / Manyika, James / Niebles, Juan Carlos / Sellitto, Michael / Shoham, Yoav / Zhang, Daniel / Mishra, Saurabh, 2021, Artificial Intelligence Index Report 2021, https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf [28.4.2021]

Peters, Jan, 2021, „Es fehlen Leute, die KI verstehen“, Interview mit Claudia Scholz, in: Handelsblatt, Nr. 95, 19.5.2021, S. 10, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/kuenstliche-intelligenz-forscher-jan-peters-es-fehlen-leute-in-deutschland-die-ki-verstehen/27200410.html> [22.6.2021]

Rammer, Christian, 2020, Auf künstliche Intelligenz kommt es an: Beitrag von KI zur Innovationsleistung und Performance der deutschen Wirtschaft, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/230963/1/1749083965.pdf> [28.4.2021]

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 [20.5.2021]

Röhl, Klaus-Heiner / Bolwin, Lennart / Hüttl, Paula, 2021, Datenwirtschaft in Deutschland – Wo stehen die Unternehmen in der Datennutzung und was sind ihre größten Hemmnisse? Gutachten im Auftrag des Bundesverbands der deutschen Industrie e.V. (BDI), Köln

Scheufen, Marc, 2020, Angewandte Mikroökonomie und Wirtschaftspolitik: Mit einer Einführung in die ökonomische Analyse des Rechts, Berlin

Schumpeter, Joseph Alois, 1911, Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, Neuauflage von Röpke, Jochen / Stiller, Olaf (Hrsg.), 2006, Berlin

Specht, Günther / Beckman, Christoph / Amelingmeyer, Jenny, 2002, F&E-Management – Kompetenz im Innovationsmanagement, Stuttgart

Sopra Steria, 2020, Potentialanalyse Reality Check Digitalisierung, <https://www.soprasteria.de/newsroom/publikationen/details/potenzialanalyse-reality-check-digitalisierung> [27.4.2021]

StatCounter, 2021, Search Engine Market Share Germany, <https://gs.statcounter.com/search-engine-market-share/all/germany#monthly-202011-202011-bar> [27.4.2021]

Statistisches Bundesamt, 2018, Bildung und Kultur, Prüfungen an Hochschulen, Fachserie 11 Reihe 4.2, Wiesbaden

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

Statistisches Bundesamt, 2020, Bildung und Kultur, Prüfungen an Hochschulen, Fachserie 11 Reihe 4.2, Wiesbaden

Statistisches Bundesamt, 2021, 21 % weniger ausländische Studienanfängerinnen und -anfänger im Corona-Jahr 2020, Pressemitteilung Nr. 133 vom 17. März 2021, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/03/PD21_133_213.html [11.5.2021]

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 [14.5.2020]

Süddeutsche Zeitung, 2021, Warum die Bänder in der Autoindustrie stillstehen, <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/chipmangel-autoindustrie-1.5272966> [4.5.2021]

Textkernel, 2021, Textkernel Jobdatenbank, <https://www.textkernel.com/de/solution/jobfeed/> [10.6.2021]

Twitter, 2021, twitter.com [8.4.2020]

UnternehmerTUM, 2021a, Start-up-Landkarte von appliedAI: Deutsche KI-Start-ups überzeugen mit Qualität, <https://www.unternehmertum.de/themen/ai/appliedai-landkarte-ki-start-ups-qualitaet> [3.5.2021]

UnternehmerTUM, 2021b, AI Startup Landscape 2021, https://www.appliedai.de/hub/2021-ai-german-startup-landscape?utm_source=C%26D_AI+Verteiler_M%C3%A4rz+2021&utm_campaign=5292e231fb-EMAIL_CAMPAIGN_2018_08_28_02_16_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_94309e6aaf-5292e231fb- [3.5.2021]

Wahlster, Wolfgang / Winterhalter, Christoph, 2020, Deutsche Normierungsroadmap Künstliche Intelligenz, <https://www.dke.de/resource/blob/2008010/0c29125fa99ac4c897e2809c8ab343ff/nr-ki-deutsch---download-data.pdf> [21.4.2021]

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

Wangemann, Tobias, 2021, KI in KMU: Daten nutzen und teilen, Konrad-Adenauer-Stiftung, *Analysen & Argumente*, Nr. 433, <https://www.kas.de/documents/252038/11055681/KI+in+KMU+%E2%80%93+Daten+teilen+%28.PDF%29.pdf/b03c22c5-1723-69f5-08ea-7ac5c46e30ad?version=1.0&t=1618078092114> [27.4.2021]

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

Woloszko, Nicolas, 2020, Tracking activity in real time with Google Trends, OECD Economics Department Working Papers No. 1634

WEF – World Economic Forum, 2018, Harnessing Artificial Intelligence for the Earth, http://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf [30.4.2021]

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

Zimmermann, Volker, 2021, Künstliche Intelligenz: Hohe Wachstumschancen, aber geringe Verbreitung im Mittelstand, <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2021/Fokus-Nr.-318-Februar-2021-KI.pdf> [27.4.2021]

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



Impressum

KI-Monitor 2021

Erscheinungsort und -datum	Berlin, August 2021
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	Dr. Anna Dietrich, Referentin Mobilität, KI & Smart Cities, dietrich@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 / NanoStockk