

Grienberger, Katharina; Matthes, Britta; Paulus, Wiebke

## Research Report

# Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt: Vor allem Hochqualifizierte bekommen die Digitalisierung verstärkt zu spüren

IAB-Kurzbericht, No. 5/2024

### Provided in Cooperation with:

Institute for Employment Research (IAB)

*Suggested Citation:* Grienberger, Katharina; Matthes, Britta; Paulus, Wiebke (2024) : Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt: Vor allem Hochqualifizierte bekommen die Digitalisierung verstärkt zu spüren, IAB-Kurzbericht, No. 5/2024, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg,  
<https://doi.org/10.48720/IAB.KB.2405>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/294161>

#### Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

#### Terms of use:

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

# IAB-KURZBERICHT

Aktuelle Analysen aus dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

5|2024

## In aller Kürze

- Substituierbarkeitspotenziale sagen etwas darüber aus, in welchem Ausmaß berufliche Tätigkeiten durch Computer oder computer-gesteuerte Maschinen vollautomatisch erledigt werden könnten.
- Die Aktualisierung früherer Befunde ist notwendig, weil sich vor allem durch generative Künstliche Intelligenz neue technologische Potenziale ergeben haben.
- Der Anteil substituierbarer Tätigkeiten ist in Helfer- und Fachkraftberufen zwar immer noch am höchsten, aber der stärkste Anstieg ist bei den Hochqualifizierten in Expertenberufen festzustellen.
- Die größten Substituierbarkeitspotenziale finden sich in den Fertigungsberufen. Am stärksten gestiegen sind sie allerdings in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen, deren Tätigkeiten bisher wenig substituierbar waren.
- Der Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in einem Beruf, in dem mindestens 70 Prozent der Tätigkeiten substituierbar sind, ist deutschlandweit auf durchschnittlich 38 Prozent gestiegen. 2019 waren es noch 34 Prozent.
- In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass die Substituierbarkeitspotenziale nicht immer und vollständig ausgeschöpft werden (können). Insofern sollte ihr potenzieller Beitrag zur Bekämpfung von Fachkräftengpässen nicht überschätzt werden.

## Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt

# Vor allem Hochqualifizierte bekommen die Digitalisierung verstärkt zu spüren

von Katharina Grienberger, Britta Matthes und Wiebke Paulus

**Die Potenziale, dass berufliche Tätigkeiten durch Computer oder computer-gesteuerte Maschinen vollautomatisch erledigt werden könnten, ändern sich, wenn neue Technologien auf dem Markt verfügbar werden. Bei der Neuberechnung der Substituierbarkeitspotenziale wird neben dieser Entwicklung auch berücksichtigt, dass sich die Tätigkeitsprofile in den Berufen verändern, neue Berufe und Tätigkeiten entstehen und Beschäftigte ihren Beruf wechseln. Wir zeigen für die technologischen Möglichkeiten im Jahr 2022, wie hoch das Substituierbarkeitspotenzial derzeit ist und wie es sich seit 2013 verändert hat.**

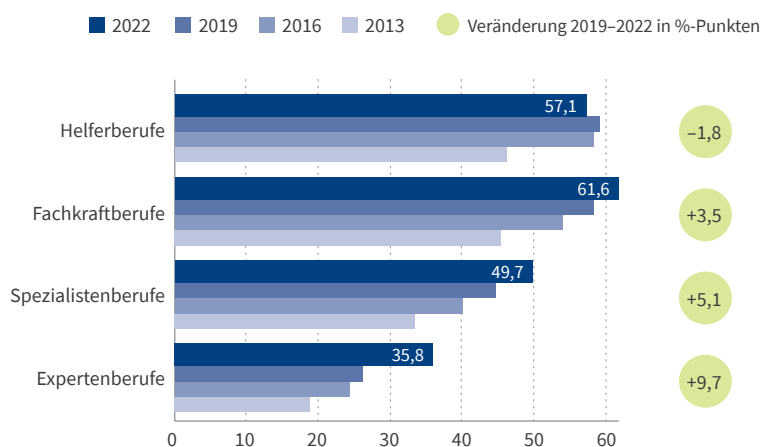
Die grundlegenden Methoden für Künstliche Intelligenz (KI) wurden schon in den 1960er Jahren entwickelt. Inzwischen ist die Rechenleistung ausreichend, Daten liegen in erforderlichem großem Umfang

vor und die Algorithmen sind als selbstlernende Systeme konzipiert, sodass KI auch alltägliche Arbeitsaufgaben übernehmen kann. Deswegen wird einerseits oftmals befürchtet, dass der Einsatz von KI zu einem massiven Beschäftigungsabbau führen könnte (Arntz et al. 2022). Andere gehen davon aus, dass durch den Einsatz von KI die Produktivität und damit die Gesamtnachfrage und Beschäftigung steigen (Rammer et al. 2022).

Diese Debatte ist nicht neu. Immer wieder kommt die Frage auf, ob durch den Einsatz von neuen Technologien Arbeitslosigkeit entsteht oder Berufe verschwinden. Um die potenziellen Auswirkungen der Digitalisierung für den Arbeitsmarkt zu beschreiben, haben wir den Begriff „Substituierbarkeitspotenzial“ geprägt. Er sagt etwas darüber aus, in welchem Ausmaß zu einem bestimmten Zeitpunkt berufliche Tätigkeiten durch

## Substituierbarkeitspotenzial nach Anforderungsniveau

Anteil der Tätigkeiten, die potenziell von Computern und computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten, in Prozent



Anmerkung: Durch die Überarbeitung der Klassifikation der Berufe 2010 haben sich insbesondere Verschiebungen von Fachkraft- in Helfer- und Spezialistenberufe ergeben (Härpfer/Neuhauser 2021), sodass man – wenn man diesen Umstellungseffekt berücksichtigt – nicht von einem zwischen 2019 und 2022 sinkenden, sondern einem in etwa gleichbleibenden durchschnittlichen Substituierbarkeitspotenzial bei den Helferberufen sprechen muss. Quelle: Dengler/Matthes (2015, 2018, 2021), eigene Berechnungen für 2022. © IAB

Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt werden könnten (vgl. Infobox 1). Da Technologien weiterentwickelt werden, sich aber auch die Tätigkeitsprofile in den Berufen verändern, neue Berufe und Tätigkeiten entstehen und Beschäftigte ihren Beruf wechseln, werden diese Substituierbarkeitspotenziale alle drei Jahre neu bestimmt – bislang für 2013, 2016 und 2019 (Dengler/Matthes 2015, 2018, 2021). Im Folgenden stellen wir die aktualisierten Substituierbarkeitspotenziale für das Jahr 2022 vor.

### Stärkster Anstieg der Substituierbarkeitspotenziale in den Expertenberufen

Als Erstes betrachten wir die Substituierbarkeitspotenziale nach Anforderungsniveau – also entlang des für die Ausübung eines Berufs typischerweise vorausgesetzten formalen Bildungsabschlusses. Dabei wird unterschieden zwischen Helferberufen, für die in der Regel keine berufliche Ausbildung erforderlich ist; Fachkraftberufen, für die der Abschluss einer mindestens zweijährigen Berufsausbildung typisch ist; Spezialistenberufen, für die in der Regel ein Meister-, Techniker-, Fachwirt- oder Bachelorabschluss vorausgesetzt wird; und Expertenberufen, für die meistens der Abschluss eines mindestens vierjährigen Hochschulstudiums Zugangsvoraussetzung ist.

Nach wie vor ist 2022 der Anteil der substituierbaren Tätigkeiten in Helfer- und Fachkraftberufen am höchsten (vgl. Abbildung A1). So könnten in den Helferberufen im Durchschnitt 57 Prozent der zu erledigenden Tätigkeiten durch Computer oder computergesteuerte Maschinen erledigt werden.

Neu ist, dass der Anstieg des Substituierbarkeitspotenzials zwischen 2019 bis 2022 umso stärker ausfällt, je höher das Anforderungsniveau ist. Besonders groß war er mit fast 10 Prozentpunkten in den Expertenberufen. Dabei sind dort die Anteile substituierbarer Tätigkeiten mit knapp 36 Prozent noch immer am niedrigsten. In den Spezialistenberufen sind inzwischen durchschnittlich fast 50 Prozent der zu erledigenden Aufgaben substituierbar (+5 Prozentpunkte). Mit durchschnittlich 62 Prozent (+3,5 Prozentpunkte) ist das Substituierbarkeitspotenzial in den Fachkraftberufen mittlerweile am höchsten im Vergleich aller Anforderungsniveaus,

1

#### Definition des Substituierbarkeitspotenzials

Das Substituierbarkeitspotenzial sagt etwas darüber aus, wie hoch der Anteil an Kerntätigkeiten in einem Beruf ist, der potenziell durch den Einsatz der jeweils verfügbaren Computer oder computergesteuerte Maschinen vollautomatisch erledigt werden könnte. Seit 2013 werden diese Substituierbarkeitspotenziale von Katharina Dengler (nunmehr: Grienberger) und Britta Matthes berechnet (Dengler/Matthes 2015, 2018, 2021). Datengrundlage für die Ermittlung des Substituierbarkeitspotenzials sind die berufskundlichen Informationen zu den Tätigkeiten aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit. Drei Codiererinnen recherchieren unabhängig voneinander für jede der mehr als 9.000 Tätigkeiten, ob es eine computergesteuerte Maschine oder einen Computeralgorithmus gibt, der diese Tätigkeit vollumfänglich automatisch ausführen könnte.

Bei dieser Einschätzung geht es ausschließlich um die technische Machbarkeit. Wenn eine Tätigkeit als substituierbar eingestuft wird, heißt das nicht, dass sie tatsächlich in den nächsten Jahren ersetzt wird. Sofern menschliche Arbeit wirtschaftlicher, flexibler oder von besserer Qualität ist oder rechtliche oder ethische Hürden einem Einsatz solcher Technologien entgegenstehen, werden substituierbare Tätigkeiten eher nicht ersetzt. Substituierbare Arbeit kann auch einen Wert an sich haben, weil etwa dem von Hand gefertigten Produkt eine größere Wertschätzung entgegengebracht wird.

Das Substituierbarkeitspotenzial wird für die etwa 4.600 in Deutschland bekannten Berufe ermittelt, indem für jeden dieser Berufe die Zahl der substituierbaren Kerntätigkeiten durch die Gesamtzahl der Kerntätigkeiten dividiert wird. Welche Tätigkeiten für einen Beruf Kerntätigkeiten sind, arbeiten Berufsexpertinnen und -experten im Auftrag der Bundesagentur für Arbeit auf Basis von Ausbildungsordnungen oder Stellenausschreibungen heraus. Diese Einschätzungen werden jährlich aktualisiert. Weil uns keine Informationen darüber vorliegen, wie viel Zeit in einem Beruf typischerweise für die Erledigung einer Tätigkeit aufgewendet wird, gehen wir davon aus, dass jede Kerntätigkeit mit gleichem zeitlichen Umfang erledigt wird.

Für einen guten Überblick müssen die Berufe zusammengefasst dargestellt werden. Um zu berücksichtigen, dass Berufe mit hohen Beschäftigtenzahlen das durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial stärker beeinflussen als Berufe mit niedriger Beschäftigtenzahl, werden die Substituierbarkeitspotenziale mit einem Gewicht berechnet, das auf Basis der jeweils aktuellen Beschäftigtenzahlen ermittelt wird (Dengler/Matthes/Paulus 2014).

während es in den Helferberufen in etwa gleich hoch geblieben ist. Gleich hoch, weil weiterführende Analysen zeigen, dass der hier gemessene Rückgang um rund 2 Prozentpunkte auf eine Überarbeitung der Klassifikation der Berufe im Jahr 2020 zurückzuführen ist. Dabei gab es Verschiebungen von Fachkraft- zu Helferberufen.

## Generative KI als der Treiber des technologischen Wandels seit 2019

Seit 2019 haben sich vor allem durch generative KI neue technologische Potenziale ergeben. Dazu sei zunächst klargestellt: KI ist keine Technologie, sondern eine Methode, die Algorithmen dazu bringt, unstrukturierte Daten wie Texte, Bilder, Videos oder Töne so zu erfassen, dass sie analysiert werden können. Dank enorm gesteigener Rechenleistung ist sie nun in der Lage, auch Inhalte zu generieren, also zu erzeugen.

Bei der Berechnung der Substituierbarkeitspotenziale haben wir schon immer die zum jeweiligen Zeitpunkt verfügbaren KI-gestützten Technologien berücksichtigt. So haben wir zum Beispiel bereits 2016 die großen Potenziale selbstlernender Computerprogramme für die Optimierung und Automatisierung verschiedenster Wertschöpfungsprozesse wie der Wareneingangskontrolle oder für die Prüfung von Anträgen beschrieben (Dengler/Matthes 2018). 2019 haben wir dem hinzugefügt, dass mit KI angereicherten Simulationen beispielsweise die Konsequenzen alternativer Konstruktions-, Produktions- oder Finanzierungs-Szenarien abgeschätzt werden können; und dass mithilfe KI-gestützter Datenanalysen letztlich vollständig autonome Entscheidungen von Maschinen und Systemen möglich geworden sind (Dengler/Matthes 2021).

Bei der Aktualisierung der Substituierbarkeitspotenziale 2022 sind wir wieder so vorgegangen wie zuvor: Für jede Tätigkeit, die laut der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit in einem Beruf ausgeübt wird, wurde von drei Codiererinnen unabhängig voneinander recherchiert, ob es eine computergesteuerte Maschine oder ein Computerprogramm gibt, die diese Tätigkeit vollumfänglich automatisch erledigen könnte. Dann wurde für jeden einzelnen, aktuell

bekanntem Beruf auf der Grundlage der aktuellen Tätigkeitsprofile berechnet, wie hoch der Anteil der substituierbaren Tätigkeiten an den für die Ausübung dieses Berufs im BERUFENET dokumentierten Kerntätigkeiten ist (vgl. Infobox 1).

## Low-Coding und No-Coding macht Programmieren automatisierbar

Generative KI hat gelernt, selbstständig zu programmieren. So ist es in KI-gestützten Entwicklungsumgebungen inzwischen möglich, mit geringen Programmierkenntnissen (Low-Coding) oder sogar ohne jemals programmiert zu haben (No-Coding), Software zu entwickeln. Softwareanwendungen lassen sich nach dem Baukastenprinzip auf die eigenen Bedürfnisse abstimmen, indem vorhandene Softwareschnipsel neu oder anders zusammengestellt werden. Zwar ist die Fehleranfälligkeit noch recht hoch, aber indem auftretende Fehler zurückgemeldet werden, kann generative KI optimierte Lösungsvorschläge unterbreiten. Vor diesem Hintergrund ist es wenig überraschend, dass das Substituierbarkeitspotenzial in den bis dato nur wenig substituierbaren IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen im Vergleich aller Berufssegmente am stärksten gestiegen ist (vgl. Abbildung A2 auf Seite 4).

Dass Programmieren substituierbar geworden ist, hat nicht nur Konsequenzen für Berufe wie Softwareentwickler\*in oder Medien-Informatiker\*in, in denen die Substituierbarkeitspotenziale um etwa 30 Prozentpunkte gestiegen sind. Vielmehr betrifft es auch die Arbeit vieler, vor allem Höherqualifizierter, die bisher mit Programmierskripten gearbeitet haben.

Festhalten lässt sich aber, dass bislang in keinem Beruf durch den Einsatz von KI-Programmier-Generatoren alle für die jeweiligen Berufe typischen Tätigkeiten automatisch erledigt werden könnten. Programmieren ist in diesen Berufen nur eine von vielen Anforderungen. Außerdem kann generative KI zwar bei der Erstellung neuer Codeabschnitte, bei der Fehlersuche oder bei der Vervollständigung von Programmcodes unterstützen. Der Schlüssel zu guten Ergebnissen sind jedoch die Textbefehle, die der KI erteilt werden. Wenn die KI die Intention des Textbefehls nicht richtig deutet, ist das

Ergebnis und damit der Gebrauchswert wenig zufriedenstellend.

## „Große Sprachmodelle“ verfassen Texte, beantworten Fragen und erfinden Geschichten

Bereits 2019 gab es Bots, die Texte Wort für Wort formuliert haben, indem das jeweils am wahrscheinlichsten folgende Wort verwendet wurde. Auch damals wurden diese Bots schon mithilfe neuronaler

Netze trainiert (Dengler/Matthes 2021). Dass sie in den letzten Jahren deutlich an Leistungsfähigkeit gewonnen haben, zeigte sich insbesondere, als die ersten, in relativ natürlicher Sprache kommunizierenden Sprachmodell-Anwendungen kostenlos verfügbar wurden. Solche Bots basieren in der Regel auf „Großen Sprachmodellen“ (Large Language Models), die häufig aus vielen Milliarden Parametern bestehen und diverse Trainingsmethoden maschinellen Lernens kombinieren (etwa Attention-Mechanismen oder Human Guided Exploration). Sie sind besser darin geworden, die Fähigkeit des menschlichen Gehirns nachzubilden. Damit sind sie nunmehr zum Beispiel in der Lage, Texte selbstständig zu verfassen, auf Fragen Antworten zu geben oder auch Geschichten zu erfinden.

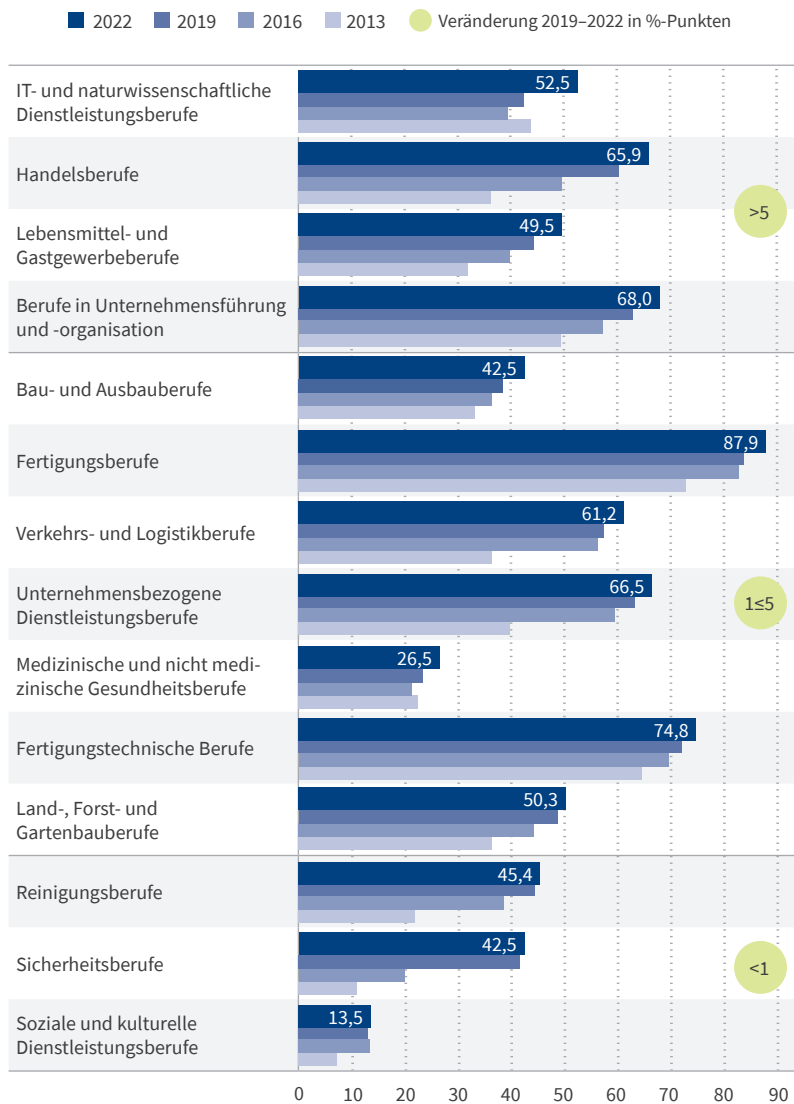
Derzeit ist es noch sehr schwer abschätzbar, wo diese „Großen Sprachmodelle“ in der Arbeitswelt ihre Spuren hinterlassen werden. Klar ist aber, dass in den Berufen, wo mit gesprochener oder geschriebener Sprache gearbeitet wird, Tätigkeiten substituierbar geworden sind und das Substituierbarkeitspotenzial entsprechend gestiegen ist. So lesen KI-generierte Nachrichtensprecher nicht mehr nur vorgefasste Texte vor, sondern beschaffen sich selbst die notwendigen Informationen, formulieren auf das Zielpublikum zugeschnittene Texte und präsentieren diese mit einer menschenähnlichen Mimik und Gestik. Auch KI-Journalisten oder KI-Buchautoren gibt es bereits. Manche verfassen Texte, die sich nach einer Vorlage richten, passen den Text an das gewünschte Zielpublikum an; manche erschaffen aber auch ganze Romane neu. Dadurch steigt das Substituierbarkeitspotenzial beispielsweise im Beruf Hörfunk- und Fernsehprecher\*in von 14 auf 43 Prozent und in den Berufen Journalist\*in und Schriftsteller\*in von 20 auf 40 Prozent.

KI-gestützte Text- oder Sprachgeneratoren können inzwischen Termine koordinieren, Dokumente vervollständigen, Protokolle und Zusammenfassungen schreiben oder Vorschläge unterbreiten, wie Texte verfeinert werden könnten. Wie die nach menschlichem Vorbild gebaute Roboterfrau namens Elenoide zeigt, kann generative KI sogar zu einer androiden Kollegin werden, die auch eigene Ideen in Projekte einbringt. Das führt zu einem starken Anstieg der Substituierbarkeitspo-

A2

### Substituierbarkeitspotenziale nach Berufssegmenten

Anteil der Tätigkeiten, die potenziell von Computern und computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten, in Prozent – sortiert nach dem Ausmaß der Veränderungen zwischen 2019 und 2022



Anmerkung: Durch die Überarbeitung der Klassifikation der Berufe 2010 haben sich insbesondere Verschiebungen von Fachkraft- in Helfer- und Spezialistenberufe ergeben. Die Berufssegmente waren von diesen Verschiebungen aber nicht betroffen, sodass ein direkter Zeitvergleich möglich ist.

Quelle: Dengler/Matthes (2015, 2018, 2021), eigene Berechnungen für 2022. © IAB

tenziale in den Berufen der Unternehmensführung und -organisation. Sie sind beispielsweise im Beruf Betriebswirt\*in (Hochschule)-Industrie von 46 auf 69 Prozent gestiegen.

KI-basierte Technologien, die Anrufe entgegennehmen, Fragen beantworten, Reservierungen verwalten oder bei der Auswahl von Zulieferbetrieben oder der Preisgestaltung unterstützen, lassen auch die Substituierbarkeitspotenziale in den Lebensmittel- und Gastgewerbeberufen steigen: zum Beispiel im Beruf Assistent\*in-Hotelmanagement von 50 auf 67 Prozent.

Insgesamt lässt sich aber auch hier konstatieren, dass kein Beruf durch den Einsatz KI-gestützter Text- oder Sprach-Generatoren vollständig automatisierbar ist. Zwar kann KI schneller und zielgenauer Informationen sammeln und darin Muster erkennen; aber auch generative KI kann noch nicht systematisch argumentieren, Zusammenhänge erkennen oder Bedeutung schaffen.

## Das Erstellen und Bearbeiten von Bildern, Videos und Musik wird automatisierbar

Generative KI verändert auch die Bild-, Video- und Musikerstellung oder -bearbeitung grundlegend. Zum Beispiel ist das Erstellen von Bildern einfacher geworden: Man tippt in einen KI-Bildgenerator einen Text von dem ein, was man benötigt, und erhält mehrere Vorschläge für ein entsprechendes Bild. Dabei kann man verschiedene Einstellungen vornehmen – angefangen vom Stil (von Realismus bis Abstraktion) über Stimmung (lustig, festlich) bis hin zur Inspiration für das Bild, um der KI möglichst detailliert vorzugeben, was sie für ein Bild erzeugen soll.

Technisch stehen sich hier oft zwei neuronale Netze gegenüber: der Generator, der Bilder erstellt, und der Diskriminator, der beurteilt, ob die Bilder den Textvorgaben entsprechen. Durch die Reaktion des Diskriminators lernt der Generator allmählich, passendere Bilder zu erzeugen. Videos können mit der KI-Benutzeroberfläche nicht nur erstellt, sondern auch automatisch mit Untertiteln oder mit einer passenden Synchronstimme versehen werden. Das geht so weit, dass es inzwischen möglich ist, sogenannte Deepfakes zu pro-

duzieren, die eine Person täuschend echt Dinge tun oder sagen lässt, die diese Person nicht getan oder gesagt hat.

Damit sind auch in den Berufen, in denen mit Bildern, Videos oder Tönen gestaltet und entworfen wird, Tätigkeiten substituierbar geworden. Das trifft beispielsweise für viele Berufe im Produktdesign zu, etwa für den Beruf Gestalter\*in – Bekleidung, Mode, in dem das Substituierbarkeitspotenzial von 50 auf 88 Prozent gestiegen ist. Da diese Berufe zu den Fertigungsberufen gehören, ist das Substituierbarkeitspotenzial hier nicht nur weiterhin am höchsten, sondern nochmals – wenn insgesamt auch nur geringfügig – gestiegen.

Handelsberufe sind besonders betroffen, weil inzwischen KI-gestützte Plattformen existieren, die eine Automatisierung und gleichzeitig Personalisierung des Marketings ermöglichen. KI-Werbetext-Generatoren formulieren selbstständig personalisierte Botschaften, KI-Bild-Generatoren erzeugen dazu passende Bilder und KI-Preisoptimierer passen die Preise automatisch an die sich ändernden Geschäftsanforderungen, Marktbedingungen und Kundenerwartungen an. Um nur ein Beispiel zu nennen: Im Beruf Betriebswirt\*in (Hochschule)-Handel ist das Substituierbarkeitspotenzial infolgedessen von 53 auf 68 Prozent gestiegen.

KI lässt zwar auch das Substituierbarkeitspotenzial im Beruf Komponist\*in von 0 auf 25 Prozent, im Beruf Stuntman/-woman von 0 auf 50 Prozent steigen; und beim Beruf Synchronsprecher\*in kann man inzwischen sogar davon ausgehen, dass alle für den Beruf typischen Tätigkeiten automatisiert werden könnten. Dennoch hat sich am Substituierbarkeitspotenzial in den Sozialen und kulturellen Dienstleistungsberufen nur wenig getan, weil der Großteil der Beschäftigten in diesem Berufssegment im Bereich Bildung, Erziehung und Sozialwesen arbeitet, wo es häufig ein niedriges Substituierbarkeitspotenzial gibt.

Resümieren kann man hier erneut, dass nur sehr wenige Berufe durch den Einsatz von KI-gestützten Bild- und Video-Generatoren vollständig substituierbar geworden sind. Außerdem ist es besser, die Substituierbarkeitspotenziale in den einzelnen Berufen separat zu betrachten, denn häufig verschwinden die Unterschiede zwischen den Einzelberufen, wenn man sie zusammenfasst. Deshalb

stellen wir die Substituierbarkeitspotenziale in den einzelnen Berufen sowie eine Reihe weiterer Informationen im IAB-Job-Futurotomat online zur Verfügung (<https://job-futurotomat.iab.de/>).

### **Veränderung der Berufslandschaft: Neue Berufe entstehen, einige Berufe verschwinden**

Bis hierhin könnte der Eindruck entstanden sein, dass durch die Verfügbarkeit generativer KI fast alle Berufe von massiven Veränderungen betroffen sind. Dem ist jedoch nicht so, denn für etwa die Hälfte der Berufe – um genau zu sein 2.234 von den 4.316 Berufen, die sowohl 2019 als auch 2022 in der Berufeliste geführt werden – hat sich keine Veränderung in den Substituierbarkeitspotenzialen ergeben.

Hinzu kommt, dass zwischen 2019 und 2022 mehr als 280 neue Berufe entstanden sind: zum Beispiel solche, die für die Implementierung von KI in Unternehmen verantwortlich sind (KI-Manager\*in oder Machine Learning Engineer); die zum Abbau von Barrieren in Onlineangeboten für Menschen mit Behinderungen beitragen (Berater\*in – digitale Barrierefreiheit); die im Auftrag von Unternehmen die Sicherheit von IT-Systemen testen (Ethical Hacker); oder auch Berufe, die notwendig sind, um die Energiewende voranzutreiben (Berater\*in – Erneuerbare Energien, Solarmonteur\*in).

Im Gegenzug sind etwa 40 Berufe nicht mehr in der Berufeliste geführt – in den meisten Fällen, weil sich das Aufgabengebiet so stark verändert hat, dass auch die Berufsbezeichnung angepasst werden musste. Beispielsweise wurde der Beruf Informationselektroniker\*in modernisiert und mit dem Beruf Elektroniker\*in – Fachrichtung Informations- und Telekommunikationstechnik zusammengelegt.

### **Veränderung der Berufsbilder: Neue Kerntätigkeiten kommen hinzu, andere verlieren an Bedeutung**

Berufe verändern sich aber auch, ohne dass die Berufsbezeichnung angepasst wird. Dass Tätigkeiten nicht mehr typisch für den Beruf sind, äußert sich in der Regel darin, dass eine bislang als

Kerntätigkeit deklarierte Aufgabe in Stellenausschreibungen oder Ausbildungsordnungen nicht mehr genannt wird – etwa, wenn substituierbare Tätigkeiten nunmehr von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden. So sind beispielsweise im Beruf Fachverkäufer\*in – Sanitätsfachhandel Tätigkeiten wie Kassieren oder Warenannahme nicht mehr Kerntätigkeiten.

Häufiger kommt es jedoch vor, dass Tätigkeiten neu entstehen. Seit 2019 sind etwas mehr als 100 neue Tätigkeiten Kerntätigkeiten geworden. Meistens handelt es sich dabei um solche, die etwas mit der Digitalisierung zu tun haben, etwa das Entwerfen und Realisieren von Hybriden Cloud-Architekturen oder das Entwickeln und Optimieren Künstlicher Neuronaler Netze. Zunehmend häufiger werden aber auch Tätigkeiten relevant, die als Reaktion auf Wetterphänomene wie Starkregen und Waldbrände sowie auf die gestiegenen Ansprüche im Kontext von Nachhaltigkeit verstanden werden können. Dazu gehören etwa die Konzeption und Organisation energetischer Sanierungen, die Entwicklung von Verfahren zum Transport oder zur Nutzung von Wasserstoff oder die Realisierung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz.

Außerdem können Tätigkeiten, die vorher nur manchmal eine Rolle gespielt haben, inzwischen so typisch sein, dass sie zu einer Kerntätigkeit für den Beruf werden. Manchmal haben sich die Aufgabenzuschnitte so verändert, dass verstärkt nicht substituierbare Tätigkeiten zu einer Kerntätigkeit geworden sind und damit das Substituierbarkeitspotenzial sinkt. So sinkt es beispielsweise im Beruf Friedhofsarbeiter\*in von 60 auf 44 Prozent, weil nun auch der Hecken- und Sträucherschnitt oder der Winterdienst zu den Kerntätigkeiten zählen.

Insgesamt lässt sich festhalten: Nach wie vor geht der Wandel der Berufe nur langsam vonstatten. Weiterführende Analysen zeigen, dass der Anstieg der Substituierbarkeitspotenziale vor allem mit den gewachsenen technologischen Potenzialen zusammenhängt und weniger damit, dass sich die Aufgabenprofile in einigen Berufen gewandelt haben.

## Anteil der Beschäftigten in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial ist moderat gestiegen

Um zu illustrieren, wie sich die Substituierbarkeitspotenziale der Berufe auf den Arbeitsmarkt auswirken könnten, wird in Abbildung A3 gezeigt, wie viele sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Berufen mit niedrigem, mittlerem oder hohem Substituierbarkeitspotenzial arbeiten. Dabei gilt das Substituierbarkeitspotenzial als niedrig, wenn der Anteil an Tätigkeiten, der durch Computer oder computergesteuerte Maschinen erledigt werden könnte, bei höchstens 30 Prozent liegt; mittel, wenn dieser Anteil zwischen 30 und höchstens 70 Prozent liegt; und hoch, wenn es mehr als 70 Prozent beträgt.

Der Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, die in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial arbeiten, ist von 34 Prozent im Jahr 2019 (11,34 Millionen) auf 38 Prozent im Jahr 2022 (13,03 Millionen) gestiegen. Im Vergleich zu den Jahren davor ist dieser Anstieg mit 4 Prozentpunkten eher moderat; zwischen 2013 und 2016 lag er noch bei 10 Prozentpunkten, zwischen 2016 und 2019 betrug er 9 Prozentpunkte.

### Fazit

Insbesondere der inzwischen mögliche Einsatz generativer KI hat dazu geführt, dass zwischen 2019 und 2022 eine Reihe von Tätigkeiten substituierbar geworden sind, die vorher als nicht automatisierbar galten. Zwar wurde schon im letzten IAB-Kurzbericht festgestellt, dass komplexere Tätigkeiten zunehmend automatisiert werden könnten (Dengler/Matthes 2021). Neu ist jedoch, dass die Substituierbarkeitspotenziale zwischen 2019 und 2022 desto stärker gestiegen sind, je höher das Anforderungsniveau ist. Am stärksten haben sie in den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen zugenommen, auch wenn sie in den Fertigungsberufen immer noch am höchsten sind. Der Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, die in einem Beruf mit hohem Substituierbarkeitspotenzial arbeiten, ist zwischen 2019 und 2022 weniger stark gestiegen als in den Jahren zuvor.

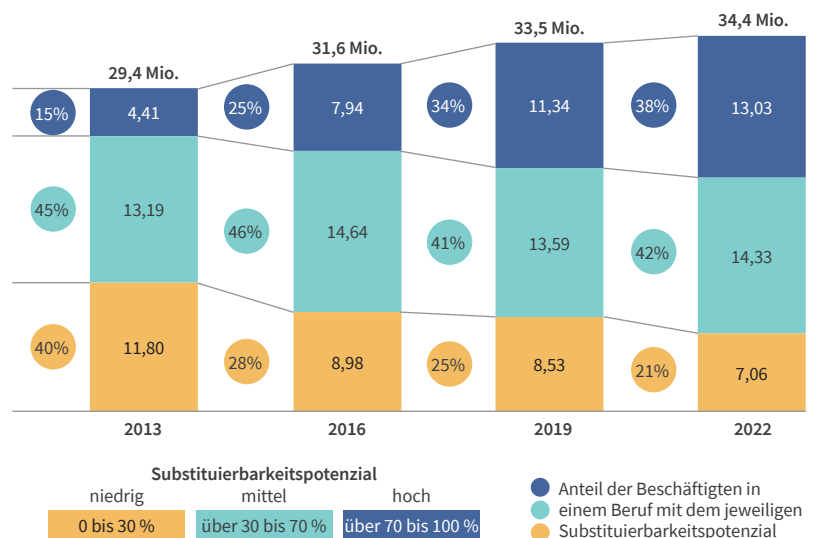
Angesichts des Hypes um die Potenziale generativer KI lässt sich zudem festhalten, dass es momentan fast keine Berufe gibt, die dadurch vollständig substituiert werden könnten. Durch den Einsatz neuer Technologien könnten zwar Tätigkeiten automatisiert werden, die derzeit noch vom Menschen erledigt werden. Aber gerade in Expertenberufen, für deren Ausübung typischerweise ein weiterführender Abschluss oder ein Hochschulabschluss vorausgesetzt wird, ist der Anteil der substituierbaren Tätigkeiten noch immer geringer als bei anderen Anforderungsniveaus.

Hinzu kommt, dass Substituierbarkeitspotenziale keineswegs immer und vor allem nicht sofort ausgeschöpft werden. Die Entscheidung, welche Tätigkeiten tatsächlich automatisiert werden, ist nicht alleine durch die Technologie vorgegeben, sondern das Ergebnis von Aushandlungsprozessen. Häufig werden substituierbare Tätigkeiten nicht automatisiert, weil ethisch-moralische Abwägungen zu treffen sind (z. B. in der Pflege), nicht explizite Erfahrungen oder auch rechtliche Vorgaben eine Rolle spielen (z. B. autonomes Fahren). Menschlicher Arbeit wird oft auch ein Wert an sich beigemessen: So wird einem von Hand hergestellten Produkt häufig eine größere Wertschät-

A3

### Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Berufen mit niedrigem, mittlerem und hohem Substituierbarkeitspotenzial

Anzahl in Millionen<sup>1)</sup> und Anteile in Prozent



<sup>1)</sup> Beschäftigtenzahlen am Arbeitsort Deutschland (jeweils zum 31.12.).

Lesebeispiel: Im Jahr 2022 haben 38 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (13,03 Millionen) in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial (über 70 %) gearbeitet.

Quelle: Dengler/Matthes (2021), eigene Berechnungen für 2022. © IAB





**Dr. Katharina Grienberger**

ist Leiterin der Arbeitsgruppe „Digitale und ökologische Transformation“ und wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Forschungsgruppe „Berufe in der Transformation“ am IAB.  
[Katharina.Grienberger@iab.de](mailto:Katharina.Grienberger@iab.de)



**Dr. Britta Matthes**

ist Leiterin der Forschungsgruppe „Berufe in der Transformation“ am IAB.  
[Britta.Matthes@iab.de](mailto:Britta.Matthes@iab.de)



**Wiebke Paulus**

ist Leiterin des „Gremium Arbeit 4.0“ und Expertin bei der Statistik der Bundesagentur für Arbeit.  
[Wiebke.Paulus@arbeitsagentur.de](mailto:Wiebke.Paulus@arbeitsagentur.de)

zung entgegengebracht als einem entsprechenden, industriell gefertigten Produkt. Außerdem geht es bei einer potenziellen Rationalisierung auch um Wirtschaftlichkeit (Kostenaspekt). Dabei spielt Energieeffizienz zunehmend eine Rolle, denn speziell generative KI benötigt große Mengen an Energie. Deshalb sollten KI-gestützte Technologien nicht nur produktiv sein, sondern auch einen möglichst kleinen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck hinterlassen.

Interessant ist, dass im Kontext der Diskussion über die Relevanz der Substituierbarkeitspotenziale für den Arbeitsmarkt inzwischen weniger von drohender Arbeitslosigkeit gesprochen wird. Vielmehr geht es darum, ob durch den Einsatz neuer Technologien (drohende) Fachkräfteengpässe beseitigt oder wenigstens gemildert werden könnten. Ihre Potenziale zur Bekämpfung von Fachkräfteengpässen sollten jedoch nicht überschätzt werden (Fregin et al. 2023). Wir wissen, dass die Substituierbarkeitspotenziale bislang eng mit der zukünftigen Beschäftigungsentwicklung zusammenhängen: Je höher das Substituierbarkeitspotenzial in einem Beruf ist, desto weniger stark wächst die Beschäftigung im Durchschnitt in diesem Beruf (Dengler/Matthes 2018; Dengler et al. 2020). Ob dieser Zusammenhang weiterhin gilt, muss jedoch weiteren Analysen vorbehalten bleiben.

Zwar sagen Substituierbarkeitspotenziale etwas über die technologischen Möglichkeiten aus, Tätigkeiten automatisiert ausführen zu lassen, die derzeit (noch) von Menschen erledigt werden. Damit ist aber noch nicht berücksichtigt, dass der Einsatz insbesondere von KI-gestützten Technologien konzipiert, verhandelt, eingerichtet (und trainiert), regelmäßig gewartet und die Ergebnisse überprüft und bewertet werden müssen. Vor diesem Hintergrund muss beispielweise offenbleiben, ob die bestehenden Fachkräfteengpässe bei den IT-Fachkräften tatsächlich durch den Einsatz von generativer KI abgemildert werden können. Vielleicht verschärfen sie sich sogar weiter, weil die Nachfrage nach KI-Lösungen steigt.

## Literatur

- Arntz, Melanie; Blesse, Sebastian; Dörrenberg, Philipp (2022): The End of Work is Near, Isn't It? Survey Evidence on Automation Angst, ZEW – Centre for European Economic Research Discussion Paper, Nr. 22–036, Mannheim.
- Dengler, Katharina; Fitzenberger, Bernd; Kagerl, Christian; Matthes, Britta (2020): [Der IAB-Job-Futuromat: Beschäftigungsentwicklung und Fachkräfteengpässe variieren mit dem Substituierbarkeitspotenzial](#). In: IAB-Forum, 4.12.2020, Nürnberg.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2021): [Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt: Auch komplexere Tätigkeiten könnten zunehmend automatisiert werden](#). IAB-Kurzbericht 13/2021, Nürnberg.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2018): [Substituierbarkeitspotenziale von Berufen: Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt](#). IAB-Kurzbericht 4/2018, Nürnberg.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015): [Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: In kaum einem Beruf ist der Mensch vollständig ersetzbar](#). IAB-Kurzbericht 24/2015, Nürnberg.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta; Paulus, Wiebke (2014): [Berufliche Tasks auf dem deutschen Arbeitsmarkt – eine alternative Messung auf Basis einer Expertendatenbank](#). FDZ-Methodenreport 12/2014, Nürnberg.
- Fregin, Marie-Christine; Koch, Theresa; Malfrather, Verena; Özgül, Pelin; Stops, Michael (2023): [Automatisierungspotenziale von beruflichen Tätigkeiten: Künstliche Intelligenz und Software – Beschäftigte sind unterschiedlich betroffen](#). IAB-Kurzbericht 21/2023, Nürnberg.
- Härpfer, Jens; Neuhauser, Petra (2021): [Einführung der „Klassifikation der Berufe 2010 – überarbeitete Fassung 2020“ in die Arbeitsmarktstatistiken](#) (Methodenbericht der Statistik der Bundesagentur für Arbeit), Nürnberg.
- Rammer, Christian; Fernández, Gastón P.; Czarnitzki, Dirk (2022): Artificial intelligence and industrial innovation: Evidence from German firm-level data. Research Policy 51 (7).