OECD-Bericht zu Künstlicher Intelligenz in Deutschland

OECD

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Bundesministerium für Arbeit und Soziales

OECD-Bericht zu Künstlicher Intelligenz in Deutschland

OECD

BESSERE POLITIK FÜR
EIN BESSERES LEBEN

Dieses Dokument wird unter der Verantwortung des Generalsekretärs der OECD veröffentlicht. Die darin zum Ausdruck gebrachten Meinungen und Argumente spiegeln nicht zwangsläufig die offizielle Auffassung der Mitgliedstaaten der OECD wider.

Dieses Dokument sowie die darin enthaltenen Daten und Karten berühren weder den völkerrechtlichen Status von Territorien noch die Souveränität über Territorien, den Verlauf internationaler Grenzen und Grenzlinien sowie den Namen von Territorien, Städten oder Gebieten.

Die statistischen Daten für Israel wurden von den zuständigen israelischen Stellen bereitgestellt, die für sie verantwortlich zeichnen. Die Verwendung dieser Daten durch die OECD erfolgt unbeschadet des völkerrechtlichen Status der Golanhöhen, von Ost-Jerusalem und der israelischen Siedlungen im Westjordanland.

Anmerkung der Republik Türkiye
Die Informationen zu „Zypern“ in diesem Dokument beziehen sich auf den südlichen Teil der Insel. Es existiert keine Instanz, die sowohl die türkische als auch die griechische Bevölkerung der Insel vertritt. Türkiye erkennt die Türkische Republik Nordzypern (TRNZ) an. Bis im Rahmen der Vereinten Nationen eine dauerhafte und gerechte Lösung gefunden ist, wird sich Türkiye ihren Standpunkt in der „Zypernfrage“ vorbehalten.

Anmerkung aller in der OECD vertretenen EU-Mitgliedstaaten und der Europäischen Union
Die Republik Zypern wird von allen Mitgliedern der Vereinten Nationen mit Ausnahme der Republik Türkiye anerkannt. Die Informationen in diesem Dokument beziehen sich auf das Gebiet, das sich unter der tatsächlichen Kontrolle der Regierung der Republik Zypern befindet.

Bitte zitieren Sie diese Publikation wie folgt:
OECD (2024), *OECD-Bericht zu Künstlicher Intelligenz in Deutschland*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/8fd1bd9d-de.

ISBN 978-92-64-92957-9 (Druckfassung)
ISBN 978-92-64-75792-9 (PDF)
ISBN 978-92-64-67128-7 (HTML)
ISBN 978-92-64-88706-0 (epub)

Originaltitel: OECD (2024), *OECD Artificial Intelligence Review of Germany* OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/609808d6-en.
Diese Übersetzung wurde von der OECD in Auftrag gegeben. Die einzigen offiziellen Ausführungen sind die englischen und/oder französischen Texte.

Bildnachweis: Deckblatt © tilialucida/Shutterstock.com; © VS148/Shutterstock.com.

Korrigenda zu OECD-Publikationen sind verfügbar unter: www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm.

© OECD 2024

Die Verwendung dieser Arbeiten, sei es in digitaler oder gedruckter Form, unterliegt den Nutzungsbedingungen unter: https://www.oecd.org/termsandconditions.

Vorwort

Der *OECD-Bericht zu Künstlicher Intelligenz in Deutschland* umfasst ein internationales Benchmarking des deutschen Ökosystems der künstlichen Intelligenz (KI) und der Fortschritte bei der Umsetzung der nationalen KI-Strategie. Der Bericht stützt sich auf quantitative und qualitative Daten sowie Erkenntnisse aus dem OECD.AI Policy Observatory und dem *OECD Programme on AI in Work, Innovation, Productivity and Skills* (AI-WIPS) – einem von der Bundesregierung finanzierten OECD-Forschungsprogramm – sowie auf Ergebnisse einer Reihe von Interviews mit einem breiten Spektrum von Akteur:innen in Deutschland aus dem Jahr 2023. Der Bericht diskutiert die Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen des deutschen KI-Ökosystems und gibt Empfehlungen zur Gestaltung der KI-Politik in Deutschland in den kommenden Jahren.

Danksagungen

Der Bericht wurde auf Anfrage des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS), des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erstellt. Das BMAS finanziert diesen Bericht.

Der Bericht wurde von einem Team der OECD-Direktionen für Wissenschaft, Technologie und Innovation (STI) sowie für Beschäftigung, Arbeit und Sozialfragen (ELS) unter der Leitung von Lucia Russo mit Unterstützung von Noah Oder (Berater der OECD) unter der Anleitung von Karine Perset, Leiterin des Referats Künstliche Intelligenz der Abteilung für Politik der digitalen Wirtschaft, erstellt. Audrey Plonk, Andrew Wyckoff und Jerry Sheehan, der stellvertretenden Direktorin bzw. des ehemaligen bzw. gegenwärtigen Direktors der STI, beaufsichtigten die Berichtentwicklung. Stefano Scarpetta, Direktor von ELS, und Angelica Salvi Del Pero übernahmen die Aufsicht für die Kapitel 5 und 10. Dem Bericht gingen auch Beiträge von Hanna-Mari Kilpelainen zu.

Hauptautor:innen für einzelne Kapitel waren Noah Oder und Lucia Russo (Kapitel 2, 3, 6 und 7), Lucia Russo, Celine Caira, und Noah Oder (Kapitel 4), Sandrine Cazes und Anja Meierkord mit Beiträgen von Glenda Quintini und Stijn Broecke (Kapitel 5), Jamie Berryhill und Moritz von Knebel (Berater der OECD) (Kapitel 8), Johannes Kirnberger (Berater der OECD) und Celine Caira (Kapitel 9) sowie Eric Sutherland (Kapitel 10). Sophia Klumpp (Beraterin der OECD) leistete Unterstützung bei der Recherche und bei der Organisation.

Luis Aranda leitete gemeinsam mit Besher Massri und Jakob Jelencic (Jožef Stefan Institute), Fabio Curi Paixao und Jacqueline Lessoff (Berater der OECD) die Datenerhebung aus dem OECD.AI Policy Observatory. Lucy Russell (Beraterin der OECD) unterstützte bei der Datenvisualisierung.

Der Bericht wurde von John Tarver, Misha Pinkhasov, Walter Pasquarelli und Eleonore Morena (Berater:innen der OECD) sowie von Angela Gosmann und Nikolas Schmidt überarbeitet. Andreia Furtado lieferte Unterstützung bei der Redaktion und der Veröffentlichung. Der Bericht profitierte maßgeblich von ihrem Engagement.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3

Danksagungen 4

Abkürzungen und Akronyme 9

Kurzfassung 12

1 Wichtigste Ergebnisse 15
- Kontext 16
- Überblick über Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken 17
- Wichtigste Empfehlungen 24
- Vorgehensweise 25

2 Köpfe 26
- Anwerbung von KI-Talenten 27
- KI-Ausbildung an Hochschulen 30
- Empfehlungen 32
- Literatur 33
- Endnote 34

3 Forschung 35
- KI-Publikationen 36
- Geschlechterrepräsentation in der KI-Forschung 40
- Empfehlungen 43
- Literatur 44
- Endnote 46

4 KI-Transfer, -Anwendungen und -Recheninfrastruktur 47
- Verbreitung von KI in Unternehmen 50
- KI-Start-ups 65
- Empfehlungen für den KI-Transfer zu KMU und Start-ups 72
- KI-Infrastruktur 73
- Empfehlungen zur KI-Infrastruktur 81
- Literatur 82
- Endnoten 89

5 Die Arbeitswelt 91

Weiterbildung und Umschulung von Erwachsenen in Bezug auf KI 93
Prognose des Bedarfs an KI-Kompetenzen 95
Sozialer Dialog 97
Empfehlungen 99
Literatur 101
Endnoten 103

6 Politik- und Ordnungsrahmen 104

Die deutsche KI-Strategie 105
Entwicklung eines verantwortungsvollen, vertrauenswürdigen und menschenzentrierten Ansatzes für KI 107
Regulatorische Test- und Experimentierräume in Bezug auf KI 109
Normungstätigkeiten im Bereich der KI 111
Empfehlungen 112
Literatur 113
Endnote 116

7 Gesellschaft 117

Programme zur Unterstützung von KI für das Gemeinwohl 118
Öffentliche Wahrnehmung von KI in Deutschland 120
Empfehlungen 122
Literatur 123

8 Spotlight: KI im öffentlichen Sektor 125

Strategischer Ansatz für KI im öffentlichen Sektor 127
KI-Anwendungsfälle in der Bundesregierung 129
Aufbau wichtiger Governance-Kapazitäten 133
Schaffung wichtiger Schlüsselfaktoren 135
Von anderen lernen 139
Empfehlungen 139
Literatur 141
Endnoten 144

9 Spotlight: KI und ökologische Nachhaltigkeit 146

Das Ökosystem für KI-bezogene und ökologische Nachhaltigkeit 148
Anwendungsfälle für ökologische Nachhaltigkeit und schnelle Dekarbonisierung 151
Stärkung der Führungsrolle Deutschlands in den Bereichen KI und ökologische Nachhaltigkeit 154
Messung und Minderung der Umweltauswirkungen der KI-Recheninfrastruktur 155
Empfehlungen 157
Literatur 159

10 Spotlight: KI und Gesundheitswesen 164

Deutschlands Weg zu einem Gesundheitswesen für das digitale Zeitalter 166
Perspektive der Öffentlichkeit und der Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen 167
Hindernisse für die Einführung von KI im deutschen Gesundheitswesen 169
Empfehlungen 174
Literatur 177

Anhang A. Zusätzliche Abbildungen 180

Anhang B. Tabelle Liste der Befragten 184

Literatur 186

ABBILDUNGEN

Abbildung 1.1. Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT-Analyse) 23
Abbildung 2.1. Deutschland zieht internationale KI-Talente an 28
Abbildung 2.2. Die Nachfrage nach KI-Kompetenzen in IT-Stellenausschreibungen ist in Deutschland in den vergangenen Jahren gestiegen 29
Abbildung 2.3. KI-Kurse an deutschen Hochschulen werden vor allem in fünf Fachbereichen außerhalb der Informatik angeboten 31
Abbildung 3.1. Deutschland steht weltweit an fünfter Stelle hinsichtlich der Anzahl von KI-Publikationen 37
Abbildung 3.2. Deutsche Institutionen publizieren zu allen wichtigen KI-Themen 38
Abbildung 3.3. Deutsche Institutionen arbeiten vor allem mit Partner:innen in den USA und im Vereinigten Königreich zusammen 39
Abbildung 3.4. Der *Gender Gap* in der KI-Forschung ist in Deutschland größer als in vergleichbaren Ländern 41
Abbildung 3.5. Der Frauenanteil in den deutschen KI-Kompetenzzentren ist gering 41
Abbildung 4.1. Deutsche Unternehmen liegen bei der Einführung von KI in Unternehmen über dem EU-Durchschnitt, aber hinter den EU-Spitzenreitern 51
Abbildung 4.2. Unternehmen in IKT und wissensintensiven Branchen sind führend bei der Nutzung von KI 52
Abbildung 4.3. Jüngste nationale Umfragen zeigen eine verstärkte Nutzung und ein gesteigertes Interesse deutscher Unternehmen im Hinblick auf KI 53
Abbildung 4.4. In den meisten Branchen sind Unternehmen Käufer von KI-Lösungen, während einige auch eigene Lösungen entwickeln müssen 58
Abbildung 4.5. Programme und Transferinstitutionen in Deutschland unterstützen den KI-Forschungstransfer vom Labor hin zum Unternehmen 61
Abbildung 4.6. Die Zahl der KI-Start-ups in Deutschland ist in den vergangenen zehn Jahren gestiegen 66
Abbildung 4.7. Die Wagniskapital-Investitionen in deutsche KI-Start-ups sind gestiegen 67
Abbildung 4.8. Die Verfügbarkeit von Wagniskapital-Finanzierung in Deutschland ist geringer als in den führenden Ländern 68
Abbildung 4.9. Deutsche KI-Start-ups stützen sich eher auf Cashflows und Kapitaleinlagen von Eigentümer:innen als auf Wagniskapital 70
Abbildung 4.10. Deutschland hat laut der Top500-Liste die drittmeisten Supercomputer, wobei fast alle nationalen Rechenkapazitäten Wissenschafts- und Forschungsanwendungen unterstützen 77
Abbildung 4.11. Deutschland nimmt bei der Anzahl an Supercomputern für Wissenschafts- und Forschungsanwendungen eine führende Stellung ein 78
Abbildung 4.12 Deutschlands Supercomputer für Wissenschafts- und Forschungsanwendungen rangieren hinsichtlich ihrer Leistung auf Platz fünf 79
Abbildung 5.1. Fehlende Kompetenzen und die Kosten sind die Haupthindernisse für die Einführung von KI in Deutschland 94
Abbildung 5.2. Stellen, die KI-Kompetenzen erfordern, machen nur einen kleinen Anteil aller ausgeschriebenen Stellen aus 97
Abbildung 5.3. Arbeitgeber:innen, die Arbeitnehmer:innen oder Arbeitnehmervertreter:innen konsultieren, berichten eher über positive Auswirkungen von KI auf Mitarbeiter:innenproduktivität und Arbeitsbedingungen 98
Abbildung 7.1. Die meisten deutschen X-Nutzer:innen zeigen eine neutrale oder positive Einstellung gegenüber KI 121
Abbildung 8.1. Deutschland liegt bei der Verfügbarkeit und Weiterverwendung von Daten unter und bei der Datenzugänglichkeit über dem OECD-Durchschnitt 136
Abbildung 8.2. Mangelndes internes Fachwissen ist eine der größten Herausforderungen beim Einsatz von KI im öffentlichen Sektor 137
Abbildung 8.3. Start-ups liefern Technologielösungen für die öffentliche Verwaltung in Deutschland 138
Abbildung 9.1. Mehrere Initiativen im deutschen KI-Ökosystem setzen KI wirksam für eine schnelle Dekarbonisierung aller Bereiche ein 152
Abbildung 9.2. Der Anteil der Rechenzentren am gesamten deutschen Stromverbrauch ist in den letzten Jahren stetig gestiegen 157

TABELLEN

Tabelle 3.1. Förderung der KI-Forschung in Deutschland 40
Tabelle 4.1. Anwendungen von Generativer KI in KMU 55
Tabelle 4.2. Ausgewählte Transferinitiativen zur Förderung der Verbreitung von KI in Unternehmen 64
Tabelle 8.1. Beispiele für bewährte Verfahren beim Einsatz von KI im öffentlichen Sektor in Deutschland 130

KÄSTEN

Kasten 2.1. Köpfe: Ergebnisse und Empfehlungen 27
Kasten 2.2. Fachkräfteeinwanderungsgesetz 30
Kasten 3.1. Forschung: Ergebnisse und Empfehlungen 36
Kasten 4.1. Transfer und Anwendungen: Ergebnisse und Empfehlungen 48
Kasten 4.2. Die Nationale Datenstrategie steht im Einklang mit dem europäischen und nationalen Recht 59
Kasten 4.3. Wie können Finanzmärkte gefördert werden, die der Skalierung bahnbrechender Innovationen förderlich sind? 71
Kasten 4.4. Das Gauss Centre for Supercomputing 76
Kasten 5.1. Die Arbeitswelt: Erkenntnisse und Empfehlungen 92
Kasten 6.1. Politik- und Regulierungsrahmen: Ergebnisse und Empfehlungen 105
Kasten 6.2. Bundesländer im föderalen System Deutschlands 111
Kasten 7.1. Gesellschaft: Ergebnisse und Empfehlungen 118
Kasten 7.2. *Civic Coding* – Innovationsnetz KI für das Gemeinwohl 119
Kasten 8.1. KI im öffentlichen Sektor: Ergebnisse und Empfehlungen 126
Kasten 8.2. F13 in Baden-Württemberg 131
Kasten 9.1. KI und ökologische Nachhaltigkeit: Erkenntnisse und Empfehlungen 147
Kasten 10.1. KI und Gesundheitswesen: Ergebnisse und Empfehlungen 165
Kasten 10.2. KI-Diagnostik und die Bedeutung von Trainingsdaten 170
Kasten 10.3. Inkrementelle Politik- und Datenentwicklung kann zu Mehrkosten und erhöhtem Zeitaufwand führen 172
Kasten 10.4. KI hilft zu verhindern, dass Patienten durch die Maschen des Systems fallen 173

Folgen Sie OECD-Veröffentlichungen auf:

https://twitter.com/OECD

https://www.facebook.com/theOECD

https://www.linkedin.com/company/organisation-eco-cooperation-development-organisation-cooperation-developpement-eco/

https://www.youtube.com/user/OECDiLibrary

https://www.oecd.org/newsletters/

Abkürzungen und Akronyme

ABHen	Ausländerbehörden
ABOS	Algorithmenbewertungsstelle für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
ADViCE	*Artificial Intelligence for Decarbonisation's Virtual Centre of Excellence*
AIAMO	*Artificial Intelligence and Mobility* (Künstliche Intelligenz und Mobilität)
AISEC	Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit
AI-WIPS	*OECD programme on AI in Work Innovation Productivity and Skills* (OECD-Programm für Künstliche Intelligenz in Arbeit, Innovation, Produktivität und Fähigkeiten)
ANR	*Agence nationale de la recherche* (Französische Nationale Agentur für Forschung)
AVen	Auslandsvertretungen
BAdW	Bayerische Akademie der Wissenschaften
BAKS	Bundesakademie für Sicherheitspolitik
BAMF	Bundesamt für Migration und Flüchtlinge
BeKI	Beratungszentrum für Künstliche Intelligenz in der Öffentlichen Verwaltung
BetrVG	Betriebsverfassungsgesetz
BfDI	Bundesbeauftragter für den Datenschutz und die Informationsfreiheit
BIBB	Bundesinstitut für Berufsbildung
BIFOLD	*Berlin Institute for the Foundations of Learning and Data* (Berliner Institut für die Grundlagen des Lernens und der Daten)
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMFSFJ	Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMI	Bundesministerium des Innern und für Heimat
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BPI	*Banque publique d'investissement* (Französische öffentliche Investitionsbank)
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CAD	*Canadian dollar* (Kanadischer Dollar)
CAIOs	*Chief Artificial Intelligence Officers*
CEN	*European Committee for Standardization*
CENELEC	*European Committee for Electrotechnical Standardization*
CERTAIN	*Centre for European Research in Trusted AI*
CIP	*Civic Innovation Platform*
CO_2	Kohlenstoffdioxid
COVID-19	*Coronavirus Krankheit 2019*
CPU	*Central processing unit* (Hauptprozessoren)
DAAD	Deutscher Akademischer Austauschdienst
DENA	Deutsche Energie-Agentur
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
DIHK	Deutsche Industrie- und Handelskammer
DLT	Distributed Ledger Technology
DSGVO	Allgemeine Datenschutzgrundverordnung
ECDF	*Einstein Centre Digital Future*
EHDS	*European Health Data Space* (Europäischer Raum für Gesundheitsdaten)

EMR	*Electronic medical record*
EnEfG	Energieeffizienzgesetz
ePA	Elektronische Patientenakte
ESF	*European Social Fund* (Europäischer Sozialfonds)
EU	Europäische Union
EUR	Euro
EuroHPC	*European High Performance Computing Joint Undertaking (Europäisches Hochleistungsrechnen)*
FCA	*Financial Conduct Authority* (Finanzaufsicht in Großbritannien)
F&E	Forschung und Entwicklung
FITKO	Föderale IT-Kooperation
FMD	Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland
FOKUS	Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme
GAO	*United States Government Accountability Office*
GDNG	Gesundheitsdatennutzungsgesetz
GHG	*Greenhouse gas* (Treibhausgas)
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GPAI	*General-purpose AI*
GPU	*Graphics processing unit* (Graphikprozessoren)
GWS	Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung
GXFS	Gaia-X Federation Services
HAI	Stanford Institute for Human-Centred AI
HLRS	Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart
HPI	Hasso-Plattner-Institut
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
IAIS	Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme
IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
ICO	*United Kingdom Information Commissioner's Office*
IDMT	Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie
IEA	*International Energy Agency* (Internationale Energieagentur)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
INQA	Initiative Neue Qualität der Arbeit
IÖW	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
IPA	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
IT	*Information technology* (Informationstechnik)
ITU	*International Telecommunication Union* (Internationale Fernmeldeunion)
JSC	*Jülich Supercomputing Centre*
KI	Künstliche Intelligenz
K.I.E.Z.	Künstliche Intelligenz Entrepreneurship Zentrum
KiKoN	KI-Kompetenzzentrum für die niedersächsische Verwaltung
KISSKI	KI-Servicezentrum für sensible und kritische Infrastrukturen
KMUs	Klein- und mittelständische Unternehmen
KOINNO	Kompetenzzentrum innovative Beschaffung
KPIs	*Key performance indicators* (Leistungsindikatoren)
kWh	*Kilowatt-hour* (Kilowattstunde)
LAMARR	Lamarr-Institut für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz
LLM	*Large language model* (Großes Sprachmodell)
LMs	*Language models* (Sprachmodell)
LRZ	Leibniz-Rechenzentrum
MCML	*Munich Centre for Machine Learning*
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik
NAIIO	*National Artificial Intelligence Initiative Office*
NCA	*Netherlands Court of Auditors*
NLP	*Natural language processing*
ÖAV	Öffentliche Arbeitsverwaltung
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
ÖFIT	Kompetenzzentrum Öffentliche IT
OGD	*Open government data* (Offene Verwaltungsdaten)
OURdata	*Open, Useful, and Re-usable data*

RAIOs	*Responsible Artificial Intelligence Officers*
ROI	*Return on investment* (Investitionsrendite)
ScaDS.AI	*Centre for Scalable Data Analytics and Artificial Intelligence Dresden/Leipzig*
SDGs	*United Nations Sustainable Development Goals*
SPRIND	Bundesagentur für Sprunginnovationen
SWOT	*Strengths, weaknesses, opportunities and threats* (Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken)
S4CS	*Speech Assistance for Citizen Services*
TAB	Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
TPU	*Tensor Processing Unit* (Tensor-Prozessoren)
TUE.AI	*Tübingen AI Centre*
USD	*United States dollar* (US Dollar)
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
VET	*Vocational education and training*
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
ZITiS	Zentrale Stelle für Informationstechnik im Sicherheitsbereich
ZVKI	Zentrum für vertrauenswürdige Künstliche Intelligenz

Kurzfassung

Deutschland hat 2018 als eines der ersten Länder mit einer nationalen Strategie für künstliche Intelligenz (KI) Weitblick und Führungsstärke bewiesen. Seitdem hat die deutsche Regierung die KI-Entwicklung so gesteuert, dass sowohl die nationale als auch die europäische Wettbewerbsfähigkeit im KI-Bereich gestärkt wird. Gleichzeitig soll sichergestellt werden, dass die Verbreitung von KI menschenzentriert ist und sowohl Arbeitnehmer:innen als auch der Gesellschaft als Ganzes zugutekommt.

Sechs Jahre später hat sich das geopolitische und wirtschaftliche Umfeld drastisch verändert. Zu den Herausforderungen gehören Lieferkettenunterbrechungen aufgrund der COVID-19-Pandemie und einer durch den russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine ausgelösten Energiekrise, die die Inflation anheizte, und die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen bedrohte. Im Inland zieht der demografische Wandel hohe Kosten im Gesundheitssystem nach sich und trägt zum Arbeitskräftemangel bei.

Gleichzeitig hat sich die KI-Landschaft äußerst schnell weiterentwickelt. Der Aufstieg von Allzweck-KI-Systemen hat aufgrund deren erheblichen Potenzials, ganze Branchen zu transformieren und die Produktivität zu steigern, Ende 2022 die Welt im Sturm erobert. Diese Versprechen haben einen internationalen „Wettlauf“ im KI-Bereich angestoßen, bei dem Länder darum konkurrieren, sich wirtschaftliche und politische Vorteile zu sichern und ihre Führungsposition in der KI-Technologieentwicklung sowie -Anwendung zu behaupten. Diese rasanten Fortschritte haben zudem die Bedenken hinsichtlich der Entwicklung, Implementierung und Steuerung von KI verstärkt.

Während Deutschland mit der Umsetzung einer wirtschaftlichen und politischen „Zeitenwende“ ringt, sollte KI als wichtiges Instrument zur Bewahrung seiner internationalen Position als Wirtschaftsmacht betrachtet werden. Die Bewältigung anhaltender Herausforderungen und die Erschließung des vollen Potenzials von KI in allen Sektoren erfordern einen strategischen Wandel.

Die im Rahmen der nationalen KI-Strategie umgesetzten Initiativen legten den Grundstein dafür, dass Deutschland sich zu einem weltweit führenden Land in der KI-Forschung entwickeln konnte. Deutschland hat in der wirkungsvollen KI-Forschung deutliche Fortschritte gemacht. Seine öffentlichen und privaten Institutionen gehören zu den weltweit führenden Institutionen in Sachen KI-Forschungspublikationen.

Auch Deutschlands Bemühungen, qualifizierte KI-Fachkräfte zu gewinnen, waren erfolgreich. Es muss jedoch noch mehr getan werden, um den KI-Talentepool zu erweitern und die Arbeitnehmer:innenschaft adäquat vorzubereiten. Eine stärkere Beteiligung von Frauen an der KI-Forschung und -Führung ist außerdem entscheidend, um den Talentepool zu erweitern und den *Gender Gap* zu verringern. Um die Arbeitnehmer:innenschaft auf das KI-Zeitalter vorzubereiten, sind darüber hinaus zusätzliche KI-Studiengänge an deutschen Hochschulen erforderlich. Darüber hinaus sind proaktive Maßnahmen wie die Antizipation von KI-Fähigkeiten, die Förderung lebenslanger Weiterbildungsmöglichkeiten und Anreize für Unternehmen, KI-Schulungen am Arbeitsplatz anzubieten, unerlässlich.

KI kann die körperliche Sicherheit, die Freude an der Arbeit und die Produktivität steigern. Sie birgt aber auch Risiken, darunter Bedenken hinsichtlich Automatisierung, Datenschutz, *Biases*, Verantwortlichkeit, Transparenz und erhöhter Arbeitsintensität. Sozialer Dialog und Schulungen sind entscheidend für einen vertrauenswürdigen Einsatz von KI am Arbeitsplatz. Die Einbindung der Arbeitnehmer:innen bei der Einführung von KI-Tools kann die Arbeitsbedingungen und die Leistung verbessern. Allerdings sehen sich die Sozialpartner:innen mit begrenzten Fachkenntnissen und Ressourcen konfrontiert. Wie das deutsche Betriebsrätemodernisierungsgesetz zeigt, sind Ausbildung und fachliche Beratung maßgeblich für fundierte Entscheidungen über KI am Arbeitsplatz.

Die für KI notwendige Infrastruktur ist entscheidend für Fortschritte im KI-Bereich und wird voraussichtlich auch in Zukunft ein wichtiger Faktor für KI-Fähigkeiten sein. Während Deutschland über solide KI-Rechenkapazitäten, insbesondere im Forschungsbereich, verfügt, könnten durch eine umfassende Abschätzung der Kapazitäten und des Bedarfs Lücken ermittelt und Orientierungshilfe für zukünftigen Investitionen geleistet werden.

Für KI-Anwendungen werden Daten benötigt, was aber aufgrund der Unsicherheit hinsichtlich des Schutzes personenbezogener Daten und der begrenzten Verfügbarkeit industrieller Daten sowie öffentlicher Verwaltungsdaten weiterhin einen erheblichen Engpass darstellt. Die Datenqualität und -verfügbarkeit für das Trainieren von KI-Modellen könnte verbessert werden, indem staatliche Behörden verpflichtet werden, nicht sensible Daten in offenen Formaten zu veröffentlichen. Außerdem sollten Rahmenwerke zum verantwortungsvollen Austausch branchenspezifischer Daten gestärkt und regulatorische Leitlinien für die Verwendung personenbezogener Daten bereitgestellt werden.

Deutsche Unternehmen setzen zunehmend KI-Lösungen ein und zeigen diesbezüglich erhöhtes Interesse, was sich möglicherweise auf Entwicklungen auf dem Gebiet der Generativen KI sowie auf den Arbeitskräftemangel zurückführen lässt. Um diese Dynamik aufrechtzuerhalten, ist eine gezielte finanzielle Unterstützung erforderlich, die Unternehmen dabei hilft, Geschäftsfälle zu verstehen und wichtige komplementäre Ressourcen – sprich Kompetenzen, eine digitale Infrastruktur und eine breitere Digitalisierung – zu stärken. Start-ups entwickeln und bringen innovative Lösungen auf den Markt. Um die KI-Entwicklung voranzutreiben, sollte Deutschland sein unternehmerisches KI-Ökosystem aktiver fördern und Start-up-Wachstum unterstützen.

KI kann die Effizienz und Entscheidungsfindung des öffentlichen Sektors sowie öffentliche Dienstleistungen verbessern. Deutschland ergreift diese Chance über viele Regierungsebenen hinweg, wobei die Initiativen jedoch voneinander isoliert sind. Darüber hinaus begrenzt der geringe Digitalisierungsgrad im öffentlichen Sektor das Potenzial für die Nutzung von KI. Eine verbesserte Koordinierung, eine klare Festlegung der Zuständigkeiten, die Weiterbildung von Beamt:innen und die Aktualisierung der Roadmap für Initiativen im öffentlichen Sektor könnten den Übergang zu einem innovativeren und agileren öffentlichen Sektor beschleunigen.

Deutschland setzt sich für eine solide politische und rechtliche Grundlage für den Einsatz von KI im Gesundheitswesen ein. KI kann Diagnosen und die Entdeckung von Medikamenten beschleunigen und dadurch mehr Zeit für medizinische Fachkräfte schaffen, um sich auf die Patient:innenversorgung zu konzentrieren. Die Entwicklung und Skalierung von KI-Anwendungen stößt jedoch auf Herausforderungen beim Datenzugriff und bei der Interoperabilität, bei der Sicherung der Akzeptanz durch Interessenvertreter:innen, bei den menschlichen Kapazitäten sowie der KI-Rechenkapazität. Aktualisierte Leitlinien zu Datenschutzpraktiken könnten des Weiteren dazu beitragen, aus der Sekundärnutzung von Daten einen Mehrwert zu schaffen, wobei starke Maßnahmen zum Schutz der Rechte und Daten von Bürger:innen zu ergreifen sind.

Angesichts finanziell solider Initiativen, weltweit führender Forscher:innen und innovativer Unternehmen ist Deutschland auf einem guten Weg, ein internationaler Vorreiter im Bereich KI und ökologische Nachhaltigkeit zu werden. KI kann beispielsweise dazu beitragen, die Dekarbonisierung in den Bereichen Energie, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft zu beschleunigen. Die Stärkung der

deutschen Führungsposition erfordert allerdings interministerielle und interdisziplinäre Zusammenarbeit, Wissensaustausch zwischen Forschung und Wirtschaft, sowie eine Erweiterung des Verständnisses von Nachhaltigkeit über Energie- und Ressourceneffizienz hinaus. Gleichzeitig sind eine Erhebung und Minimierung der negativen Umweltauswirkungen bei Entwicklung und Nutzung von KI erforderlich.

Die öffentliche Wahrnehmung von KI ist in der deutschen Bevölkerung, bei spezialisierten Nutzer:innen sowie bei Arbeitnehmer:innen relativ positiv. Angesichts der sich rasch entwickelnden gesellschaftlichen Risiken – einschließlich der Bedrohungen für Menschenrechte und demokratische Werte – ist jedoch Wachsamkeit geboten. Deutschland könnte außerdem ein breiteres Spektrum von Interessenträger:innen in KI-Politikdebatten einbinden. Darüber hinaus wäre es empfehlenswert, die öffentliche Wahrnehmung regelmäßig zu messen, um so zu verstehen, wie sich die Ansichten der Bürger:innen in Anbetracht der zunehmenden Präsenz von KI im Alltag entwickeln.

Deutschland sollte die Vision und den Ansatz seiner nationalen KI-Strategie anpassen, um neue Umstände und Gegebenheiten effektiv zu meistern. Deutschland sollte KI wirksam einsetzen, um seine drängendsten Herausforderungen zu bewältigen, unter anderem die ökologische Transformation, die administrative und industrielle Effizienz und die Qualität des Gesundheitswesens. Dafür sind eine strategische Vision und Koordinierung auf höchster politischer Ebene von entscheidender Bedeutung. Zugleich erweisen sich eine solide Technologie-, Daten- und Infrastrukturgrundlage, qualifizierte Arbeitskräfte zur Verbreitung von KI in allen Sektoren sowie gesellschaftliches Vertrauen als zentrale Grundvoraussetzungen.

1 Wichtigste Ergebnisse

Dieses Kapitel bietet eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse aus dem internationalen *Benchmarking* des deutschen KI-Ökosystems sowie aus der Analyse der erzielten Ergebnisse der nationalen KI-Strategie. Es erörtert die Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen Deutschlands in Bezug auf die Entwicklung und Nutzung von KI. Das Kapitel endet mit Empfehlungen, die dabei helfen sollen, die KI-Politik in Deutschland so zu steuern, dass Chancen maximiert und Risiken minimiert werden.

Kontext

Deutschlands nationale KI-Strategie von 2018 und deren Fortschreibung von 2020 zielen auf verantwortungsvolles Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit auf dem Gebiet der KI ab

Deutschland war 2018 eines der ersten Länder, die eine nationale Strategie für Künstliche Intelligenz (KI) beschlossen haben. Ziel der Strategie ist es, Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit zu fördern und eine verantwortungsvolle und vertrauenswürdige Entwicklung von KI sicherzustellen. Für die Ausarbeitung und Umsetzung der Strategie sind drei Bundesministerien zuständig: das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS).

Die Hauptziele der deutschen KI-Strategie sind i) die Sicherung der künftigen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bei gleichzeitiger Etablierung Deutschlands und Europas als führende Standorte für die Entwicklung und Anwendung von KI-Technologien; ii) die Gewährleistung einer verantwortungsvollen und am Gemeinwohl orientierten Nutzung und Entwicklung von KI; und iii) die ethische, rechtliche, kulturelle und institutionelle Verankerung von KI in der Gesellschaft durch einen breiten gesellschaftlichen Dialog sowie durch aktive politische Bemühungen.

Im November 2019 veröffentlichte die Bundesregierung einen Zwischenbericht mit den Ergebnissen des ersten Jahres der Umsetzung. Im Dezember 2020 schrieb Deutschland die nationale KI-Strategie dann als Reaktion auf aktuelle Entwicklungen fort. Insbesondere die COVID-19-Pandemie, ökologische Nachhaltigkeit und Klimaschutz wurden dabei in den Vordergrund gerückt, ebenso wie die Bedeutung der europäischen und internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der KI. Später wurde bekanntgegeben, dass das ursprünglich für die Strategie vorgesehene Budget von 3 Mrd. EUR auf 5 Mrd. EUR aufgestockt werden soll. In den Jahren 2023 und 2024 analysierten die drei zuständigen Ministerien den Umsetzungsstand der nationalen KI-Strategie. In diesem Kontext beauftragten sie die OECD damit, ihre Analyse durch ein internationales Benchmarking des deutschen KI-Ökosystems zu unterstützen.

Der geopolitische, technologische und wirtschaftliche Kontext hat sich seit 2020 deutlich verändert

Als sich Deutschland von der COVID-19-Pandemie zu erholen schien, begann der russische Angriffskrieg gegen die Ukraine und die Abhängigkeit Deutschlands von Energieimporten wurde zu einer Bedrohung für die Energiesicherheit. Die Energiepreise stiegen deutlich, wodurch die Inflation angeheizt und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen beeinträchtigt wurde. Mehrere Engpässe, die zunächst durch die Pandemie und anschließend durch den Krieg verursacht wurden, haben die globalen Wertschöpfungsketten gestört und die Verwundbarkeit Deutschlands bei der Energiesicherheit aufgezeigt. Im Inland sieht sich Deutschland mit der Herausforderung eines demografischen Wandels konfrontiert, der hohe Gesundheitskosten zur Folge hat und zu Arbeitskräfteengpässen beiträgt.

Gleichzeitig entwickeln sich die KI-Technologien rasant weiter. KI wird aufgrund ihres Potenzials, ganze Branchen zu transformieren und die Entdeckung innovativer neuer Geschäftsmodelle sowie Produkte zu ermöglichen, weithin als die nächste Querschnittstechnologie angesehen. Die weltweite Anzahl wissenschaftlicher Publikationen zu KI hat sich in den letzten fünf Jahren fast vervierfacht und die Investitionen von Wagniskapital in KI haben sich im gleichen Zeitraum mehr als verdoppelt. Im November 2022 rückte die Veröffentlichung des konversationellen KI-Sprachmodells ChatGPT-3 die Generative KI in den Blickpunkt der breiten Öffentlichkeit und schärfte deren Bewusstsein für das Potenzial und die Risiken der Technologie.

Vor diesem Hintergrund erfolgt die Evaluierung der internationalen KI-Leistung Deutschlands sowie die Bewertung der bisherigen Erfolge der nationalen KI-Strategie zum richtigen Zeitpunkt, um Stärken zu

erkennen, Schwächen zu identifizieren und letztlich die KI-Vision für die kommenden Jahre zu gestalten, um sowohl Chancen zu maximieren als auch Risiken zu minimieren.

Dieser Bericht stützt sich auf Daten und Erkenntnisse aus Interviews mit wichtigen deutschen Interessenvertreter:innen im Bereich KI, um ein internationales Benchmarking des deutschen KI-Ökosystems und Fortschritte bei der Umsetzung der nationalen KI-Strategie zu ermöglichen. Er diskutiert die Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen Deutschlands bei der Entwicklung und Nutzung von KI und empfiehlt Ansätze, um die KI-Politik in Deutschland künftig zu lenken und gestalten.

Dieser Bericht umfasst sechs Teilaspekte: Köpfe, Forschung, Transfer und Anwendungen, die Arbeitswelt, Ordnungsrahmen sowie Gesellschaft. Der Bericht enthält auch drei Sektor-"Spotlights" zu KI im öffentlichen Sektor, im Gesundheitswesen und für ökologische Nachhaltigkeit.

Überblick über Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken

Abbildung 1.1 sind die wichtigsten Ergebnisse der Analyse zusammengefasst, während der nächste Abschnitt allgemeine Empfehlungen enthält. In den einzelnen Kapiteln des Berichts werden die Ergebnisse der jeweiligen Analysebereiche ausführlich erörtert.

Stärken

Im sich entwickelnden KI-Wettlauf ist Deutschland mit einzigartigen Wettbewerbsvorteilen ausgestattet: Forschungsexzellenz gepaart mit der Priorität, KI menschenzentriert zu entwickeln, sowie Deutschlands internationaler Einfluss schaffen einen fruchtbaren Boden für die KI-Entwicklung und -Einführung.

- **Die deutsche Forschung leistet in der KI-Entwicklung Pionierarbeit in allen wichtigen KI-Teildisziplinen und positioniert Deutschland als ein Land, das globale KI-Trends und -Standards maßgeblich mitbestimmt**. Die deutsche KI-Forschungslandschaft zeichnet sich durch ein fest etabliertes Netzwerk öffentlicher und privater Forschungseinrichtungen aus. Institutionen wie die Max-Planck-Gesellschaft, die Fraunhofer-Gesellschaft und führende Hochschulen sind für ihre fundierten wissenschaftlichen Leistungen bekannt und rangieren im internationalen Vergleich weit oben. Ihre Schwerpunkte liegen dabei sowohl auf der Grundlagenforschung als auch auf der angewandten Forschung. Diese wissenschaftliche Exzellenz hat sich als Magnet für Talente erwiesen und trägt zum globalen KI-Wissen bei. Gemessen an den Forschungspublikationen auf dem Gebiet der KI gehören die akademischen Leistungen deutscher Forscher:innen stets zur Weltspitze. Dieser produktive Output unterstreicht die Bedeutung Deutschlands für die Weiterentwicklung von KI-Wissen und -Anwendungen.
- **Deutsche Wissenschaftler:innen profitieren bei der Erforschung von KI-Modellen von soliden Rechenkapazitäten**. Insbesondere mit dem Aufkommen von Generativer KI und Basismodellen wird die KI-Forschung zunehmend rechenintensiv. Deutschland verfügt über zahlreiche Supercomputer, die für das Training von KI-Modellen genutzt werden können und die wachsende Nachfrage nach KI-Rechenleistung aus Forschung und Privatwirtschaft decken. Die Rechenkapazitäten des Landes stellen einen großen Wettbewerbsvorteil dar, auch wenn erst noch evaluiert werden muss, inwieweit in Deutschland Rechenleistungsressourcen auf breiter Basis zugänglich sind. Im Vergleich dazu verfügen die meisten anderen europäischen Länder nicht über ausreichende KI-Rechenleistung.
- **Deutschland verfolgt einen menschenzentrierten KI-Ansatz**. Die deutschen Bundesministerien setzen mit ihrer KI-Strategie und -Politik auf die Entwicklung und Nutzung von KI für das

Gemeinwohl. Sie investieren in Projekte, die der Gesellschaft zugutekommen, etwa im Gesundheitswesen oder im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit. Mit diesen politischen Prioritäten richten sie die KI-Fortschritte an gesellschaftlichen Zielen aus und stellen sicher, dass die Technologie dem öffentlichen Interesse dient. KI-Entwicklungen sollten ethischen Überlegungen, gesellschaftlichen Bedürfnissen und Individualrechten Priorität einräumen. Demgemäß setzt Deutschland auf KI-Anwendungen, die menschliche Fähigkeiten erweitern, die Privatsphäre schützen und Fairness gewährleisten. Im Einklang mit der KI-Verordnung (AI Act) der Europäischen Union (EU) orientieren sich die Politik und die Forschungsinitiativen Deutschlands an diesem menschenzentrierten Ethos und tragen dazu bei, weltweit Maßstäbe für verantwortungsvolle KI-Entwicklung zu setzen.

- **Dieser menschenzentrierte Fokus in der KI-Entwicklung hat sich in einer allgemein positiven Einstellung zu KI am Arbeitsplatz niedergeschlagen**. In Deutschland werden Arbeitnehmer:innen aktiv einbezogen, wenn es um die Einführung von KI am Arbeitsplatz geht. Durch die Auseinandersetzung mit Bedenken und die Berücksichtigung von Feedback sorgen deutsche Interessenträger:innen dafür, dass die Einführung von KI mit den Bedürfnissen und Werten von Arbeitgeber:innen und Arbeitnehmer:innen abgestimmt wird. Dies führt schlussendlich auch zu einer gesteigerten Effektivität und Akzeptanz von KI-Lösungen.
- **Deutschland sorgt nicht nur dafür, KI ethisch unbedenklich zu entwickeln, sondern ist auch einzigartig positioniert, um sie ökologisch nachhaltig zu gestalten**. Angesichts der weltweit fortschreitenden Klimakrise ist die Förderung von KI als Teil der sogenannten grünen und digitalen „Zwillingstransformation“ von entscheidender Bedeutung. In aktuellen Berichten wird einerseits auf den signifikanten ökologischen Fußabdruck der Entwicklung von KI-Systemen und andererseits auf das große Potenzial der wirksamen Nutzung von KI für eine beschleunigte Dekarbonisierung hingewiesen. Vor diesem Hintergrund verfügt Deutschland über Ökosysteme, die KI mit Nachhaltigkeit verbinden und die Nachhaltigkeit seiner KI-Modelle und -Anwendungen vorantreiben könnten. Dieser Ansatz könnte nicht nur die CO_2-Emissionen verringern, sondern auch die Entwicklung einer ökologisch nachhaltigen KI voranbringen und sich als Wettbewerbsvorteil erweisen.
- **Deutschland ist sowohl im In- als auch im Ausland Wegbereiter politischer Initiativen auf dem Gebiet der KI und exportiert seine KI-Zukunftsvision**. Das Land schafft beispielsweise Raum für die Erprobung neuer Politikansätze. Um die Regulierung von KI besser zu unterstützen, wurden eine Reihe von Maßnahmen zur Förderung regulatorischer Experimente eingeleitet. Die nationale KI-Strategie nennt in diesem Zusammenhang Lern- und Experimentierräume sowie die Einrichtung von Reallaboren. Voraussichtlich 2025 wird ein Bundes-Reallaboregesetz verabschiedet. Darüber hinaus exportiert Deutschland seine Vision für die Zukunft der KI auch ins Ausland. Es treibt die Regulierung und Standardisierung von KI gezielt voran und fördert damit Vertrauenswürdigkeit und Wettbewerbsfähigkeit. Initiativen wie die Etablierung einer nationalen KI-Normungsroadmap, das Engagement in internationalen Normungsorganisationen oder die Einführung eines KI-Vertrauenssiegels verdeutlichen Deutschlands proaktiven Ansatz bei der ethischen KI-Entwicklung. Diese Maßnahmen sind Ausdruck des deutschen Engagements für die Gestaltung einer wettbewerbsfähigen KI-Industrie innerhalb des europäischen Rahmens und im Einklang mit den Regulierungsambitionen der EU.

Schwächen

Während der Hype um KI weltweit seinen Höhepunkt erreicht, fällt die Begeisterung in der deutschen Wirtschaft verhaltener aus: Zwar wird KI auch in Deutschland weithin als die nächste Querschnittstechnologie mit erheblichen Wettbewerbsvorteilen für Unternehmen betrachtet, aber wesentliche Voraussetzungen wie ausreichend verfügbares Wagniskapital erfüllt das Land nur bedingt. Auch Innovationsmüdigkeit hat dazu beigetragen, dass KI bisher nur begrenzt Verbreitung gefunden hat.

- **Deutsche Unternehmen, die keine KI einführen, laufen Gefahr, ihre globale Wettbewerbsfähigkeit zu verlieren und anfällig für Lieferkettenstörungen zu bleiben**. Trotz des soliden Fundaments in der KI-Forschung und -Entwicklung ist in Deutschland der Einsatz von KI in Schlüsselindustrien fragmentiert. Öffentliche und private Forschungsinstitute haben zwar erhebliche Fortschritte bei der Entwicklung von KI erzielt, doch in der Industrie findet die Technologie im Vergleich zu den europäischen Spitzenreitern nach wie vor nur langsam Verbreitung. Außerdem führt das verarbeitende Gewerbe, das eine Schlüsselrolle in der deutschen Wirtschaft spielt, KI-Anwendungen langsamer ein als andere Branchen. Die Gründe hierfür sind vielfältig und reichen von branchenspezifischen Herausforderungen bis hin zu allgemeineren wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen. Wie viele andere Länder auch steht Deutschland beispielsweise vor einem Engpass bei KI-Kompetenzen. Obwohl die Bildungseinrichtungen des Landes hochqualifizierte Absolvent:innen hervorbringen, übersteigt die Nachfrage nach KI-Expert:innen das Angebot bei Weitem.
- **Positionen im KI-Bereich bleiben überwiegend männlich dominiert**. Das globale Problem des *Gender Gaps* ist in Deutschland auch bei den Jobs im KI-Bereich deutlich feststellbar, und zwar vor allem auf den Führungsebenen. Diese Ungleichheit schränkt die Fähigkeit Deutschlands ein, den Arbeitsmarktanforderungen gerecht zu werden und dafür zu sorgen, dass KI-Lösungen der Vielfalt der Bevölkerung gerecht werden und keine Vorurteile und *Biases* festschreiben.
- **Arbeitgeber:innen beklagen einen Mangel an Talenten, das genaue Ausmaß dieses Problems ist jedoch weitgehend unbekannt**. Weil nationale Kompetenzanalysen nicht spezifisch auf KI-Kompetenzen eingehen, zeichnen sie ein undurchsichtiges Bild vom tatsächlichen und wahrgenommenen Kompetenzmangel. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer maßgeschneiderten und präzisen Beurteilung des KI-Kompetenzbedarfs, damit die richtigen bildungspolitischen Antworten gefunden und arbeitsplatzbasierte Umschulungsprogramme gestaltet werden können. Außerdem macht KI eine Überarbeitung des deutschen Ausbildungsmodells erforderlich. Da keine präzise KI-Kompetenzanalyse vorliegt, schreitet die Modernisierung der Ausbildungsordnungen durch Einbeziehung von KI-Inhalten nur langsam voran. Dabei wäre die Berufsausbildung angesichts der Flexibilität ihrer Bildungsprogramme und der Fähigkeit der Arbeitgeber:innen, KI-bezogene Kompetenzen proaktiv in ihre Programme zu integrieren, ein einzigartig agiles Instrument, um die KI-Kompetenzlücke zu schließen.
- **Nach einem Jahrzehnt des Wirtschaftswachstums könnte Deutschland Opfer seines eigenen Erfolgs werden, da wirtschaftliche Akteur:innen zunehmend innovationsmüde werden**. In mehreren Branchen wurde das Potenzial von KI-Anwendungen noch nicht in vollem Umfang erkannt, was oftmals mit der Einstellung einhergeht, dass angesichts des bisherigen wirtschaftlichen Erfolgs kein Innovationsbedarf besteht. Dieser Mangel an Bewusstsein behindert die Einführung von KI, da Unternehmen und öffentliche Einrichtungen nicht erkennen, wie KI dazu beitragen kann, entscheidende geschäftliche Herausforderungen zu bewältigen oder die betriebliche Effizienz zu verbessern. Außerdem behindert ein begrenztes Maß an Risikobereitschaft das Wachstum deutscher KI-Champions. Deutschlands konservative Einstellung gegenüber Investitionen, die sich in Zurückhaltung hinsichtlich riskanter Unternehmungen äußert, hat erhebliche Auswirkungen auf die KI-Landschaft. Die begrenzte

Verfügbarkeit von Wagniskapital für KI-Start-ups hemmt Innovationen und verlangsamt die Kommerzialisierung und Verbreitung von KI-Technologien. Diese Risikoaversion äußert sich sowohl in der Welt des Wagniskapitals als auch bei der Beschaffung von KI-Lösungen im öffentlichen Dienst. Angesichts fehlender Finanzmittel entscheiden sich Start-ups mit hohem Potenzial möglicherweise für einen Standortwechsel ins Ausland.

- **Politik- und Governance-Mechanismen tragen entscheidend dazu bei, den Einsatz von KI auf positive Ergebnisse auszurichten, in Deutschland sind sie aber nach wie vor teils fragmentiert**. Führung auf politischer Spitzenebene könnte hier weithin signalisieren, dass KI eine nationale Priorität ist. Im öffentlichen Sektor mangelt es an Klarheit über die Rollen und die Aufsicht bei der KI-Umsetzung. Die verschiedenen Bundesministerien betreiben ihre Initiativen für die Nutzung von KI mit jeweils eigenen Regeln, ein zentralisierter Ansatz fehlt. Die Abwesenheit einer einheitlichen Strategie und Koordinierungsfunktion resultiert in einer unzureichenden Führungsrolle des Bundeskanzleramts im KI-Bereich und in potenziellen Doppelanstrengungen in verschiedenen Ministerien. Zudem fehlt es aufgrund der föderalen Verwaltungsstruktur Deutschlands an Kompetenzen für die einheitliche Einführung von KI über die Bundesländer hinweg. Die Zentralisierung der KI-Expertise innerhalb der Bundesministerien führt zu Engpässen auf Landesebene, was sich aufgrund des begrenzten Know-hows der Bundesländer z. B. auf die Einrichtung von Reallaboren auswirken kann. Erschwerend kommt hinzu, dass die Zuständigkeiten in den einzelnen Bundesländern (etwa im Gesundheits- oder Datenschutzbereich) fragmentiert sind und jedes Land mit unterschiedlichem Tempo eigene Initiativen entwickelt. Diese uneinheitliche Vorgehensweise verlangsamt nicht nur die KI-Integration, sondern macht es auch schwierig, KI bundesweit einheitlich einzuführen.
- **Die Zivilgesellschaft benötigt mehr Mitspracherecht**. Die Erarbeitung der nationalen KI-Strategie 2018 hat zwar gezeigt, dass die Bundesregierung Interessenträger:innen in die Gestaltung der KI-Politik durchaus einbezieht, allerdings ist deren Repräsentation begrenzt. In der Regel sind vor allem die Sozialpartner:innen an der Politikgestaltung beteiligt, während andere Interessenträger:innen, z.B. zivilgesellschaftliche Gruppen, Vertreter:innen von Minderheiten und Umweltschutzgruppen, zumeist außen vor gelassen werden. Aufgrund dieser unausgewogenen Beteiligung wird nicht das gesamte Spektrum der Perspektiven abgedeckt, die für eine integrative Gestaltung der KI-Politik erforderlich sind.
- **Die Herausforderungen sind allerdings gleichermaßen technischer wie struktureller Art**. Die Zugänglichkeit offener Daten und die digitale Infrastruktur sind begrenzt. Für die Entwicklung und das Trainieren von KI-Anwendungen ist der Zugriff auf große, hochwertige und detaillierte Datensätze erforderlich, während gleichzeitig die Sicherheit dieser Daten gewährleistet werden muss. Datensätze der öffentlichen Verwaltung, die für das Trainieren und die Verfeinerung von KI-Algorithmen von entscheidender Bedeutung sind, bleiben jedoch überwiegend unzugänglich. Auch industrielle Daten werden zu wenig genutzt. Zudem stellt eine flächendeckende Bereitstellung leistungsfähiger Internetverbindungen eine Grundvoraussetzung für reibungslosen Datentransfer und Datenverfügbarkeit dar. In Deutschland schränkt jedoch eine lückenhafte digitale Infrastruktur, insbesondere in ländlichen Gebieten, die Verbreitung von KI ein. Vor allem im Gesundheitswesen begrenzen außerdem die vorsichtige Auslegung der Datenschutzgesetze und eine übervorsichtige Haltung gegenüber Innovationen den Fortschritt, trotz des Wunsches des Sektors, den Zugang zu Gesundheitsdaten für die Forschung zu verbessern. Das Fehlen standardisierter Datenprotokolle und mangelnde Interoperabilität schaffen zudem große Hindernisse für die Integration von KI. Forscher:innen stehen vor erheblichen administrativen Herausforderungen beim Zugang zu Gesundheitsdaten.

Chancen

Eine Reihe von Chancen könnte dazu beitragen, diese neuen globalen Realitäten zu bewältigen.

- **Der aktuelle Hype könnte der perfekte Katalysator sein, um die Einführung von KI in Deutschland zu fördern**. Die aktuelle Dynamik und das steigende Interesse an KI können dazu beitragen, umsetzbare Strategien in Schlüsselsektoren wie dem verarbeitenden Gewerbe, dem Bereich der öffentlichen Dienstleistungen und dem Gesundheitswesen sowie bei Nachhaltigkeitsinitiativen voranzutreiben. Durch Anreize, Sensibilisierungskampagnen und unterstützende politische Maßnahmen könnten Impulse für die Einführung von KI gesetzt werden.
- **Dies könnte dazu beitragen, Branchen für das Zeitalter der KI umzugestalten**. Zielgerichtete politische Maßnahmen im KI-Bereich, um kritische Branchen zu transformieren, könnten die Durchdringung aller Sektoren mit KI fördern. Durch die Fokussierung auf sektorspezifische KI-Strategien, die Finanzierung transformativer Projekte und die Unterstützung von Forschung und Entwicklung in Schlüsselsektoren könnten Branchen für eine durch KI geprägte Weltwirtschaft gerüstet werden.
- **Die Beteiligung weiterer Interessenträger:innen könnte zu einem inklusiveren Politikgestaltungsprozess führen**. Deutschlands starke Tradition der Sozialpartnerschaft schafft einen fruchtbaren Boden für ein inklusives KI-Politikumfeld. Durch die Entwicklung von Plattformen und Prozessen für die Beteiligung unterschiedlicher Interessenträger:innen, einschließlich von Bürger:innen, ist Deutschland gut aufgestellt, um eine breitere Repräsentation in der KI-Politikentwicklung sicherzustellen.
- **Deutschland hat als Vorreiter in der KI-Politik eine starke Position**. Deutschland kann Initiativen unterstützen und finanzieren, die auf internationaler Ebene Standards für eine vertrauenswürdige KI fördern.
- **Von nachhaltiger KI zu KI für Nachhaltigkeit**. Die Kartierung und Messung des ökologischen Fußabdrucks von KI und die wirksame Nutzung des deutschen Ökosystems für KI und ökologische Nachhaltigkeit können helfen, den Energie-, Verkehrssektor, die Industrie und die Landwirtschaft zu dekarbonisieren. Dazu bedarf es der Formulierung von Strategien, welche die KI-Forschung in ihrem Bemühen um ökologische Nachhaltigkeit unterstützen und der Industrie Anreize für die Einführung von umweltfreundlichen KI-Lösungen bieten.

Risiken

Mit dem sich verschärfenden globalen KI-Wettbewerb ist Wachsamkeit angesichts sich rasch entwickelnder gesellschaftlicher Risiken geboten. Beim Versuch, sich in einer von KI geprägten Zukunft eine führende Position zu sichern, investieren Regierungen weltweit massiv in KI-Fähigkeiten. Angesichts der immer schnelleren Entwicklung von KI besteht jedoch die Gefahr, dass sie Desinformation, wirtschaftliche Ungleichheit oder Biases fördert und dadurch das Vertrauen der Öffentlichkeit gefährdet.

- **Die weltweiten Spitzenreiter haben sich in Position gebracht**. Die deutsche Industrie gefährdet ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit, wenn sie nicht rechtzeitig vertrauenswürdige KI einführt. KI gilt weithin als die nächste Querschnittstechnologie, die in großem Maßstab zu Wirtschaftswachstum und sozialer Innovation beitragen und die Auswirkungen des Arbeitskräftemangels auf die Wirtschaft verringern könnte. KI nicht einzuführen könnte zur Folge haben, dass die deutsche Industrie Wettbewerbsvorteile einbüßt, da Konkurrent:innen KI nutzen, um ihre Betriebsabläufe zu verbessern, Kosten zu senken und Innovationen umzusetzen.

- **Deutschland sollte die EU als Hebel einsetzen, um im globalen KI-Wettlauf Schritt zu halten**. Mit steigender Intensität des Wettbewerbs um die KI-Vorherrschaft stecken die globalen Supermächte ihre Territorien ab. Die Hauptrollen auf der globalen Bühne spielen dabei insbesondere die Vereinigten Staaten, China und ein zunehmend ehrgeiziges Indien. Um global wettbewerbsfähig zu bleiben, muss Deutschland die Größenvorteile der EU als Staatenverbund nutzen, um seine technologischen Fähigkeiten und sein Innovationspotenzial zu stärken und einen Rückstand zu vermeiden.
- **Bislang wurde KI positiv betrachtet, doch ihre rasche Weiterentwicklung und die daraus resultierenden Bedrohungen könnten dieses Vertrauen auf die Probe stellen und öffentlichen Widerstand gegen eine breitere Einführung hervorrufen**. In einem Jahr mit wichtigen Wahlen werden *Deepfakes* und mittels KI erzeugte Desinformation die aufkommenden Bedrohungen ins Zentrum der Aufmerksamkeit rücken. Im Jahr 2024 wird eine beispiellose Anzahl von Wähler:innen in insgesamt 68 Ländern an die Wahlurnen gehen. Fälle von *Deepfakes* und Desinformation haben bereits in der Vergangenheit die Schlagzeilen beherrscht. Im „Superwahljahr“ ist das Risiko, dass KI eingesetzt wird, um Fehl- und Desinformation zu erzeugen und zu verbreiten, besonders hoch. Ein derartiger Missbrauch könnte die Integrität demokratischer Prozesse untergraben und das öffentliche Vertrauen in KI schwächen.
- **Sorgen über Automatisierung und wirtschaftliche Ungleichheiten werden immer mehr zu Themen von öffentlichem Interesse**. KI birgt die Gefahr, dass ihre Vorteile unverhältnismäßig stark den einkommensstärkeren Gruppen zugute zu kommen und dadurch die wirtschaftliche Ungleichheit verstärkt wird. Ein derartiges Szenario könnte zur Erosion der deutschen Mittelschicht beitragen und eine Bedrohung für den gesellschaftlichen Zusammenhalt und den allgemeinen Wohlstand darstellen.
- **Wenn KI-Systeme nicht sorgfältig konzipiert und überwacht werden, können sie *Biases* verfestigen**. Im Gegensatz zu anderen Ländern blieb Deutschland bisher von *Biases* in großem Stil verschont, aber ein entsprechender öffentlichkeitswirksamer Fall könnte zur Folge haben, dass die öffentliche Wahrnehmung von KI ins Negative umschlägt. Wachsamkeit und die Bekämpfung dieser Risiken sind deshalb unabdingbar.
- **Der Einsatz von KI-Systemen am Arbeitsplatz kann Arbeitsschutzrisiken mit sich bringen und Arbeitnehmer:innenrechte bedrohen**. Deutschland muss Maßnahmen ergreifen, um diese Risiken zu überwachen und ihnen entgegenzuwirken.
- **Der enorme Bedarf an Rechenkapazitäten für KI-Systeme wirft Nachhaltigkeitsbedenken auf**. Während KI nur einen Bruchteil der Gesamtauswirkungen digitaler Technologien auf die Umwelt ausmacht, erfordert die exponentielle Dynamik von KI-Systemen die Definition und Implementierung von Messstandards für den Verbrauch von Energie, Wasser und anderen Ressourcen.

Abbildung 1.1. Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT-Analyse)

STÄRKEN

+ Fähigkeit, internationale KI-Talente in Wirtschaft und Wissenschaft anzuziehen.
+ Starke Forschungsbasis gemessen an Veröffentlichungen in allen wichtigen KI-Disziplinen, sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor.
+ Solide KI-Rechenkapazität, insbesondere im Forschungsbereich.
+ Generell positive Einstellung der Arbeitnehmer:innen zu KI.
+ Arbeitnehmer:innen werden bei der Einführung neuer Technologien eher konsultiert als in anderen Ländern
+ Menschenzentrierte KI als Priorität der Regierung.
+ Starker rechtlicher Rahmen für regulatorische Experimente.
+ Mitwirkung in internationalen Gremien für KI-Politik und -Normung.
+ Staatliche Unterstützung für die Entwicklung von KI-Projekten zum Wohle der Allgemeinheit.
+ Herausragendes Ökosystem für KI und ökologische Nachhaltigkeit.
+ Laufende politische und gesetzgeberische Maßnahmen zur Schaffung einer Grundlage für die Nutzung von KI im Gesundheitswesen.

SCHWÄCHEN

- Geringer Frauenanteil in der KI-Forschung, insbesondere in Führungspositionen.
- Mangel an KI-Kompetenzen und geringes Verständnis potenzieller Anwendungsfälle als Haupthindernisse für eine stärkere Verbreitung von KI in Unternehmen.
- Industrielle Daten und offene Verwaltungsdaten in Silos, Unsicherheit bezüglich des Schutzes personenbezogener Daten.
- Begrenzte Verfügbarkeit von Risikokapital und schwach ausgeprägte Venture-Kapital-Kultur.
- Langsame Fortschritte bei der Aktualisierung der Ausbildungsordnungen hinsichtlich der Einbeziehung von KI.
- Fehlende Aufsichts- und Koordinierungsfunktion auf höherer politischer Ebene, um KI und damit verbundene Digitalisierungsstrategien umzusetzen.
- Begrenzte Kompetenzen auf Länderebene für regulatorische Experimente.
- Begrenzte Beteiligung der Zivilgesellschaft und der Bürger:innen an KI-Politikdebatten und -gestaltung
- Mangelnde Klarheit über Rollen und Zuständigkeit bei der KI-Governance für den öffentlichen Sektor.
- Fehlen einer kohärenten Strategie zur Nutzung von KI für ökologische Nachhaltigkeit.
- Unzureichende Interoperabilität und vorsichtige Auslegung der Rechtsvorschriften in Bezug auf Gesundheitsdaten.

CHANCEN

+ Erhöhtes Interesse an KI-Lösungen („Wendepunkt bei der Einführung von KI“).
+ Potenziale für KI, ganze Branchen, einschließlich des verarbeitenden Gewerbes, des öffentlichen Sektors und des Gesundheitswesens, zu transformieren und den grünen Wandel zu unterstützen.
+ Insgesamt positive Wahrnehmung der KI in der Öffentlichkeit.
+ Starke sozialpartnerschaftliche Tradition, auf die aufgebaut werden kann, um ein breiteres Spektrum von Interessenvertreter:innen in die Gestaltung der KI-Politik einzubeziehen.
+ Potenzial der KI zur Unterstützung einer schnellen Dekarbonisierung in Schlüsselsektoren wie Energie, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft.

RISIKEN

- Die Vereinigten Staaten und China sind die weltweiten KI-„Powerhouses“, und Indien holt bei der KI-Forschung rasch auf. Deutschland muss deshalb die Größenvorteile der EU stärker nutzen.
- Risiko, das Potenzial der KI für Deutschlands internationale Wettbewerbsfähigkeit, Wohlstand und sozialen Zusammenhalt nicht ausreichend auszuschöpfen.
- Erhöhte ethische Bedenken im Zusammenhang mit KI, Risiken des Missbrauchs von KI-Anwendungen mit dem Potenzial, das Vertrauen der Menschen in KI zu gefährden, sowie Risiken für die Sicherheit und Rechte der Arbeitnehmer:innen.
- Fragmentierte Gesundheitssysteme können die Einführung von KI verlangsamen, die eine regionsübergreifende Harmonisierung erfordert, um eine skalierbare Umgebung für KI zu schaffen.
- KI als Teil der größeren digitalen Recheninfrastruktur hat erhebliche Umweltauswirkungen wie Energie- und Wasserverbrauch, die in Deutschland noch nicht systematisch gemessen werden.

Wichtigste Empfehlungen

Deutschland ist insgesamt gut positioniert, um im globalen KI-Wettbewerb mitzuhalten. Um seine KI-Ambitionen allerdings umzusetzen, könnte es seinen internationalen Einfluss und sein wirtschaftliches Gewicht gezielt zur Umsetzung von Reformen nutzen

Vision und strategische Koordinierung auf höchster Regierungsebene sind von entscheidender Bedeutung, allerdings sind auch eine robuste Technologie-, Daten- und Infrastrukturbasis sowie wettbewerbsfähige und technisch versierte Arbeitskräfte unerlässlich, um KI über Sektoren hinweg zu verbreiten. Außerdem muss das Vertrauen der Gesellschaft gewährleistet sein. Um bestehenden und künftigen Herausforderungen zu begegnen, könnte Deutschland seinen Fokus auf folgende Themen richten:

- **Das große Ganze im Blick behalten**. Im Rahmen eines Updates der nationalen KI-Strategie Deutschlands könnten vor allem diejenigen Sektoren in den Blick genommen werden, in denen KI voraussichtlich den größten Einfluss haben wird. Dafür gilt es, konkrete Herausforderungen zu identifizieren, die Anstrengungen darauf zu fokussieren und eine Roadmap für die Integration von KI-Lösungen in diesen Sektoren zu erstellen.
- **Unterstützung auf höchster politischer Ebene sichern und die politischen Bemühungen in angrenzenden Bereichen aufeinander abstimmen**. Deutschland hinkt bei wichtigen Voraussetzungen für die digitale Transformation und die Einführung von KI hinterher, etwa bei der digitalen Infrastruktur und der Verfügbarkeit von offenen Daten. Zwar haben die Bundesregierung und die Bundesministerien Förderstrategien für diese Bereiche entwickelt, doch werden diese von separaten Einheiten verwaltet, denen es an Koordinationsbefugnissen mangelt. Angesichts der Interdependenz von Digitalisierung, Daten und KI ist ein klares Engagement auf höchster politischer Ebene (d. h. im Bundeskanzleramt) erforderlich, um diese Politikmaßnahmen aufeinander abzustimmen, damit Chancen erschlossen, die Wirksamkeit der Maßnahmen sichergestellt und widersprüchliche oder doppelte Anstrengungen vermieden werden können.
- **KI zum Bürokratieabbau im öffentlichen Sektor, zum Erreichen von Gesundheits- und Umweltzielen und zur Sicherung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit einsetzen**. KI kann ganze Branchen transformieren, die für die deutsche Wirtschaft von zentraler Bedeutung sind, u. a. auch das verarbeitende Gewerbe. Darüber hinaus können KI-Lösungen die ökologische Transformation beschleunigen, die Effizienz der öffentlichen Verwaltung steigern und dazu beitragen, die Herausforderungen der Bevölkerungsalterung zu bewältigen. All dies sind Schlüsselthemen für Deutschland.
- **Bürger:innen und Arbeitnehmer:innen einbeziehen und informieren**. Der deutsche KI-Ansatz, auch in Bezug auf die Einführung von KI am Arbeitsplatz, ist menschenzentriert und transparent. Die weitere Akzeptanz der Technologie wird davon abhängen, ob die Interessenträger:innen in der Lage sind, einen konstruktiven Dialog zu führen, der ein differenziertes Bild der Technologie selbst und ihrer Auswirkungen auf den Arbeitsplatz und andere Bereiche vermittelt. Die Anpassungsfähigkeit des Arbeitsmarktes muss gefördert werden; unter anderem müssen die KI-Kompetenzen ausgebaut sowie Arbeitnehmer:innen und Arbeitgeber:innen für KI sensibilisiert werden.

Im Mittelpunkt sollten drei strategische Schlüsselfaktoren stehen:

- **Daten zugänglicher machen**. Daten sind der Rohstoff für die Entwicklung von KI-Systemen. In Deutschland sind ihrer Verfügbarkeit und Nutzung allerdings Grenzen gesetzt, da die Datenschutzgesetze sehr vorsichtig ausgelegt werden und öffentliche und industrielle Daten in Silos bleiben. Die Datenschutzbehörden sollten deshalb proaktiv Protokolle für den Datenaustausch entwickeln, damit personenbezogene Daten im Gesundheitswesen und in anderen Sektoren verwendet werden können. Darüber hinaus könnte die Bundesregierung Behörden auf allen Ebenen anweisen, nichtsensible Daten in offenen Registern zu veröffentlichen.

Außerdem sollten Rahmenbedingungen gefördert werden, die den verantwortungsvollen Austausch branchenspezifischer Daten für die KI-Entwicklung erleichtern. Die vor Kurzem verabschiedeten politischen Rahmenvorgaben auf EU- und nationaler Ebene sind ein Schritt in die richtige Richtung, indem sie der Rolle von Daten als Schlüsselfaktor für KI-Innovationen mehr Gewicht geben. Die Umsetzung dieser Politik wird von entscheidender Bedeutung sein.

- **Die KI-Unternehmer:innen der nächsten Generation fördern**. In *Pre-Seed*- und *Seed*-Runden ist staatliche Finanzierung für Start-ups verfügbar, doch wenn es um die Expansion geht, stehen KI-Start-ups beim Zugang zu inländischem oder europäischem Kapital vor Herausforderungen. Durch eine Überarbeitung des Rechtsrahmens für Kapital sammelnde Einrichtungen könnte mehr Risikokapital zur Verfügung gestellt werden. Mit gezielten staatlichen Finanzierungen könnten KI-Start-ups außerdem in ihrer Wachstumsphase gefördert werden. Zu guter Letzt sollte die Bundesregierung ihre Beschaffungsrichtlinien überarbeiten, damit KI-Start-ups ihre Lösungen und Produkte leichter an den öffentlichen Sektor verkaufen können.
- **Eine weltweit wettbewerbsfähige Recheninfrastruktur aufbauen und skalieren**. Deutschland sollte seine derzeitige KI-Recheninfrastruktur evaluieren, um bestehende Kapazitäten und potenzielle Lücken in Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen der Interessenträger:innen zu ermitteln. Diese Evaluation könnte dabei helfen, die nötigen Kapazitäten für die Umsetzung der deutschen KI-Strategie, für weltweit führende KI-Pionierforschung und für die Entwicklung sektorspezifischer Lösungen zu gewährleisten. Um für eine teilhabeorientierte nationale KI-Infrastruktur zu sorgen, die von allen Interessenträger:innen genutzt werden kann, sollte zudem ein Teil der Kapazitäten für KI-Start-ups und kleine und mittelständische Unternehmen (KMUs) zugänglich gemacht werden.

Vorgehensweise

Der Bericht stützt sich auf qualitative und quantitative Daten, die in zwei Phasen erhoben wurden. In der ersten Phase (November 2022 bis Februar 2023) wurden Daten zu den fünf Säulen der nationalen KI-Strategie 2020 (Köpfe, Forschung, Transfer and Anwendungen, Ordnungsrahmen und Gesellschaft) sowie zu einer zusätzlichen Säule, der Arbeitswelt, gesammelt. Die Daten stammen aus dem *OECD.AI Policy Observatory* und dem vom BMAS unterstützten *OECD Programme on AI in Work, Innovation Productivity and Skills* (AI-WIPS), ergänzt durch Daten von Dritten und Ad-hoc-Datenerhebungen für bestimmte Bereiche und Indikatoren. Nach Abschluss der ersten Phase wurden den drei Bundesministerien, die für die Umsetzung der KI-Strategie zuständig sind, erste Ergebnisse und Empfehlungen vorgelegt.

In der zweiten Phase der Studie (Juli bis Oktober 2023) wurden spezifische Bereiche eingehender untersucht: der Transfer von der Forschung zu kommerziellen Anwendungen und der Einsatz von KI im öffentlichen Sektor, im Gesundheitswesen und für ökologische Nachhaltigkeit. Die Erörterungen zu diesen Sektor-„*Spotlights*“ (und der Säule „Transfer und Anwendungen“) sind daher umfangreicher als die anderen Abschnitte. In der zweiten Phase des Berichts äußerten mehr als neunzig Befragte ihre Ansichten zur Weiterentwicklung von KI in mehreren deutschen Sektoren (Anhang B). Diese Gespräche fanden in Form von persönlichen Interviews und Online-Interviews statt, ergänzt durch Hintergrundrecherche und vier Besuche vor Ort in Deutschland. Der Bericht kombiniert die Ergebnisse beider Phasen. Er erörtert den Stand von KI innerhalb der einzelnen Säulen, evaluiert politische Maßnahmen und beschreibt die zu bewältigenden Herausforderungen.

2 Köpfe

In diesem Kapitel werden Deutschlands Initiativen zur Bewältigung von Herausforderungen bei der Förderung, Gewinnung und Bindung von KI-Talenten untersucht. Zu den bemerkenswerten Erfolgen zählen ein positiver KI-Kompetenzzuwachs durch Migration, florierende Technologie-Hubs in Berlin, München und Stuttgart sowie die erfolgreiche Etablierung von 150 weiteren KI-Professuren seit der Veröffentlichung der nationalen KI-Strategie. In diesem Kapitel wird das Potenzial des geänderten Fachkräfteeinwanderungsgesetzes (FEG) zur Erleichterung der Visaverfahren für Fachkräfte aus Nicht-EU-Staaten erörtert. Außerdem wird das Angebot an KI-bezogenen Studiengängen an deutschen Hochschulen beleuchtet. Zu den Empfehlungen gehören anhaltende Bemühungen zur Vereinfachung der Visumsprozesse für KI-Fachleute, mehr kürzere KI-Kurse und KI-Programme in englischer Sprache sowie obligatorische ethische/menschzentrierte KI-Kurse, um eine verantwortungsvolle KI-Entwicklung zu gewährleisten.

Im Bereich „Köpfe“ der nationalen KI-Strategie Deutschlands wird anerkannt, dass deutsche Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen bei der Sicherung von KI-Talenten auf einem hart umkämpften globalen Arbeitsmarkt Schwierigkeiten haben. Seit 2018 hat Deutschland mehrere Initiativen gestartet, um Fachkräfte durch Hochschulbildung und Ausbildung anzuziehen und ein attraktives Arbeits- und Forschungsumfeld für Wissenschaftler:innen zu schaffen (Die Bundesregierung, 2020[1]).

Kasten 2.1. Köpfe: Ergebnisse und Empfehlungen

Ergebnisse

- In den letzten Jahren haben deutsche Unternehmen internationale Mitarbeiter:innen mit KI-Kompetenzen angeworben und auch gehalten. Der Wettbewerb um KI-Talente durch ausländische Unternehmen ist jedoch nach wie vor präsent, und komplizierte Visaverfahren erschweren die Rekrutierung von Talenten aus Nicht-EU-Ländern.
- Zwischen 2018 und 2023 wurden 150 weitere KI-Professuren eingerichtet, was ein starkes Engagement deutscher Hochschulen und des BMBF zur Förderung akademischer Exzellenz im Bereich der KI signalisiert.
- Im Vergleich zu sechs anderen europäischen Ländern (Österreich, Frankreich, Italien, Niederlande, Schweiz und Vereinigtes Königreich) rangiert Deutschland bei den KI-Studiengängen pro Einwohner:in auf dem vorletzten Platz. Darüber hinaus werden die meisten KI-bezogenen Studiengänge in deutscher Sprache angeboten, was eine Hürde für ausländische Studierende darstellt.
- Die KI-Ausbildung an Hochschulen besteht größtenteils aus KI-Vollstudiengängen, während andere Länder zahlreiche kürzere Studiengänge anbieten, in denen ein Zertifikat oder ein Master-Abschluss nach nur einem Jahr erworben werden kann.
- Es gibt viele Pflichtkurse zur menschenzentrierten KI, aber keinen Vollstudiengang zu diesem Thema. Allerdings bieten Hochschulen zunehmend KI-Kurse auch außerhalb der Informatik-Fachbereiche an.

Empfehlungen

- Fortsetzung der Bemühungen zur Vereinfachung der Visaverfahren und der Einwanderung für KI-Fachkräfte durch das FEG.
- Ausweitung des KI-Kursangebots in englischer Sprache und im Bereich ethische/ menschenzentrierte KI über alle Studiengänge und Disziplinen hinweg.

Anwerbung von KI-Talenten

Mit der Förderung von 150 KI-Professuren hat die deutsche KI-Strategie ihr Ziel für 2025 bereits erreicht. Deutsche Technologiezentren wie Berlin und München ziehen KI-Talente an, was zu einem Netto Kompetenzzuwachs durch Migration führt. Offene Stellen im KI-Bereich bleiben jedoch länger unbesetzt als in anderen Bereichen, was auf einen Mangel an KI-Kompetenzen hindeutet.

Deutschlands nationale KI-Strategie legt den Schwerpunkt auf die Anwerbung und Bindung von KI-Talenten

Die nationale KI-Strategie zielte darauf ab, bis 2025 akademische Talente für mindestens 100 zusätzliche KI-Professuren zu gewinnen. Dieses Ziel wurde bereits 2022 erreicht und bis 2023 wurden 150 zusätzliche KI-Professuren durch Maßnahmen des BMBF gefördert: i) die Alexander-von-Humboldt-Professur für KI

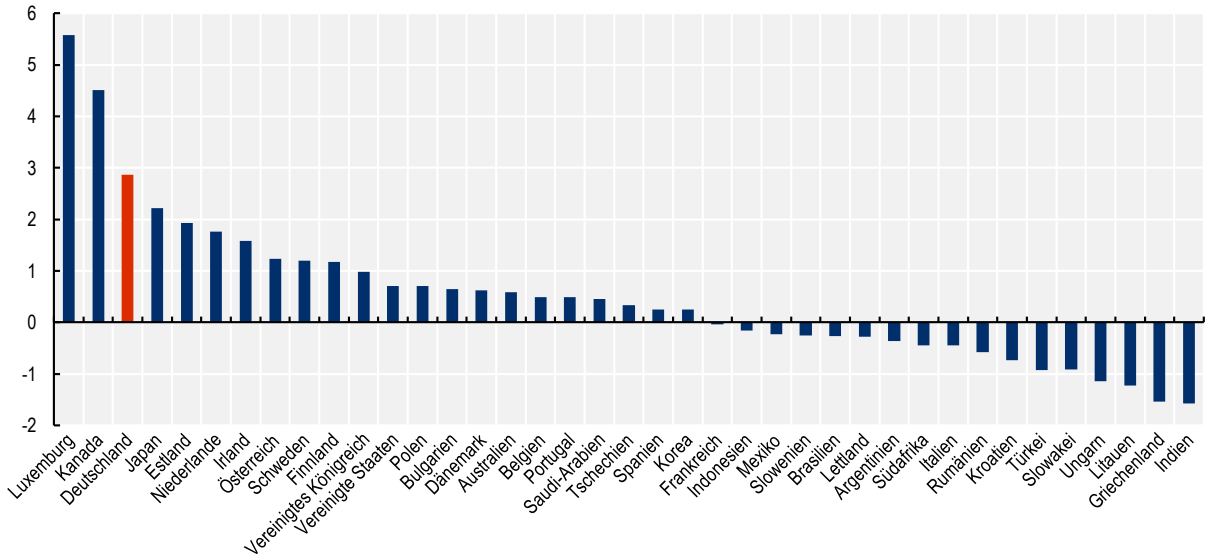
(18 neue KI-Professuren), ii) die Einrichtung von fünf KI-Kompetenzzentren an Hochschulen (24 neue KI-Professuren), iii) das Tenure-Track-Programm (85 neue KI-Professuren), iv) Programme der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) (8 zusätzliche KI-Professuren) und v) Kooperationen zwischen außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Hochschulen (15 zusätzliche KI-Professuren) (BMBF, 2022[2]). Die Interessenträger:innen würdigten den Erfolg der Initiative der zusätzlichen 100 Professuren und sprachen sich für deren Fortsetzung aus (Humboldt Foundation, 2023[3]). Der anfängliche Erfolg des Programms beruhte auf der anfänglichen Förderung und eine längerfristige Förderung der deutschen KI-Kompetenzzentren wird als entscheidend angesehen, um die Initiative aufrechtzuerhalten und die Einstellung weiterer KI-Professor:innen zu ermöglichen.

Darüber hinaus heißen die vom BMBF geförderten „*Konrad Zuse Schools for Excellence in AI*“ (finanziert durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst, DAAD) internationale KI-Talente auf Master- und Promotionsniveau willkommen. Sie bieten Lehr- und Forschungsprogramme in englischer Sprache an und bringen ein Konsortium von renommierten Wissenschaftler:innen aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen mit Interesse an innovativer Lehre sowie Vertreter:innen von Forschungs- und Entwicklungsabteilungen in Wirtschaft und Industrie als Fellows zusammen.

Deutsche Unternehmen konnten in den letzten Jahren international Arbeitskräfte mit KI-Kompetenzen gewinnen und halten. Dies spiegelt sich auch in Deutschlands KI-Kompetenzzuwachs durch Migration wider: Laut LinkedIn-Daten kommen mehr KI-Fachkräfte ins Land, als es verlassen (Abbildung 2.1). Darüber hinaus zählen die deutschen Städte Berlin, München und Stuttgart mit jeweils rund 47.200, 40.300 bzw. 31.000 Ingenieur:innen zu den größten Technologiezentren Europas (Sequoia, 2023[4]).

Abbildung 2.1. Deutschland zieht internationale KI-Talente an

KI-Kompetenzzuwachs/-verlust durch Migration pro 10.000 LinkedIn-Nutzer:innen, 2022



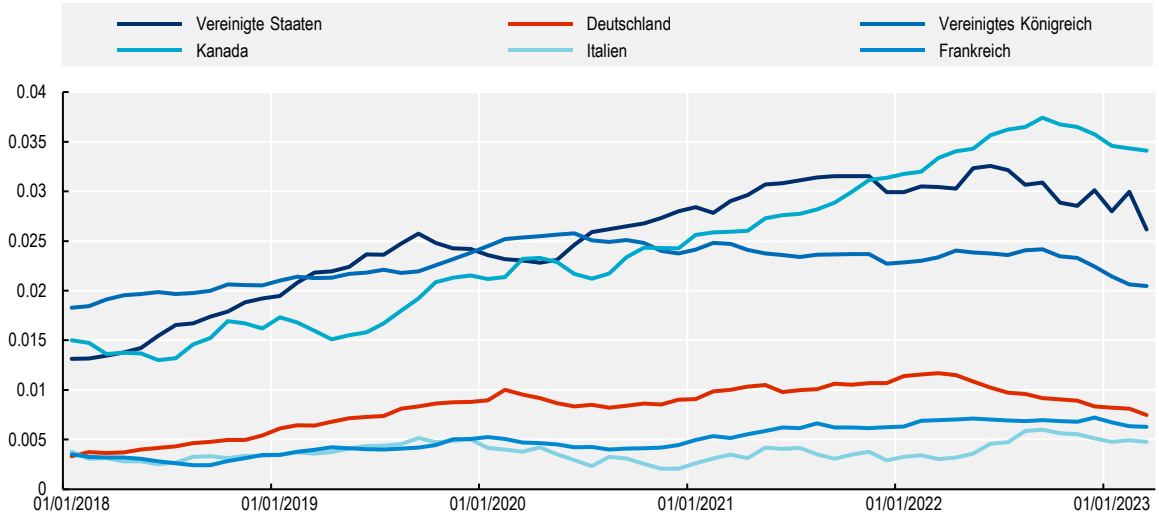
Hinweis: Dieses Diagramm zeigt die Netto-Migrationsströme von LinkedIn-Mitgliedern mit KI-Kompetenzen von 2019 bis 2022. Die Größe des dunkel-/hellblauen Balkens gibt die Größenordnung der KI-Talentgewinne/-verluste eines Landes an.
Quelle: OECD.AI (2023[5]), *Between-country AI Skills Migration [Migration von KI-Fachkräften zwischen Ländern]*, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-jobs-and-skills&selectedVisualization=between-country-ai-skills-migration (zugegriffen am 11 October 2023).

Die Nachfrage nach KI-Kompetenzen in Deutschland ist in den vergangenen Jahren gestiegen. KI-bezogene Online-Stellenangebote in Deutschland machten im Jahr 2022 0,4 % aller

Stellenausschreibungen aus, ein steigender Trend und über den meisten in der Studie betrachteten EU-Ländern, aber unter den Vereinigten Staaten (0,8 %), Kanada (0,54 %) und dem Vereinigten Königreich (0,51 %) (Borgonovi et al., 2023[6]) (Abbildung 5.2). Laut Daten von Adzuna, einer Suchmaschine für Stellenanzeigen, ist die Nachfrage nach KI-Kompetenzen bei IT-Stellenausschreibungen seit 2018 gestiegen und lag 2023 bei 1,5 % (Abbildung 2.2). Dieser Anstieg ist höher als in anderen EU-Ländern wie Frankreich und Italien, aber auch hier niedriger als in Kanada, den Vereinigten Staaten und dem Vereinigten Königreich (in allen genannten Ländern bei über 2 %, in Kanada bei 3 %). Die Daten der gleichen Plattform zeigen, dass IT-Arbeitsplätze, insbesondere solche, die KI-Kompetenzen erfordern, in Deutschland online länger unbesetzt bleiben als in anderen Sektoren wie Gesundheitswesen, Ingenieurwesen und verarbeitendes Gewerbe (Abbildung A A.4). Nach dreimonatiger Online-Ausschreibung ist der Anteil der IT-Arbeitsplätze in Deutschland, die KI-Kompetenzen erfordern, um fast 20 % höher als zu Beginn des Zeitraums, was auf einen anhaltenden Mangel an Arbeitnehmer:innen mit KI-Kompetenzen zur Besetzung der ausgeschriebenen Stellen in dieser Kategorie hindeutet (Abbildung A A.5). Arbeitgeber:innen berichten auch über einen Mangel an KI-Fachkräften als eines der Haupthindernisse für die Umsetzung von KI-Lösungen (siehe Kapitel 4 und 5).

Abbildung 2.2. Die Nachfrage nach KI-Kompetenzen in IT-Stellenausschreibungen ist in Deutschland in den vergangenen Jahren gestiegen

Relative internationale KI-Kompetenznachfrage



Hinweis: Das Liniendiagramm zeigt die Wahrscheinlichkeit, dass in den ausgewählten Ländern KI-Kompetenzen in einer IT-bezogenen Stellenausschreibung genannt werden.
Quelle: OECD.AI (2023[7]), *Relative International AI Skill Demand [Relative internationale KI-Kompetenznachfrage]*, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-jobs-and-skills&selectedVisualization=relative-international-ai-skill-demand zugegriffen am 5 November 2023).

Die Interessenträger:innen haben darauf hingewiesen, dass langwierige und komplizierte Visumantragsverfahren es für Hochschulen und Forschungszentren schwer gemacht haben, Akademiker:innen aus Nicht-EU-Ländern einzustellen. Sie räumten jedoch auch ein, dass das geänderte Fachkräfteeinwanderungsgesetz (FEG) (Kasten 2.2) dazu beitragen dürfte, diese Situation zu verbessern.

Kasten 2.2. Fachkräfteeinwanderungsgesetz

Das geänderte FEG, dessen erster Teil im November 2023 in Kraft getreten ist und dessen weitere Teile im März und Juni 2024 in Kraft treten, erweitert die Beschäftigungsmöglichkeiten für ausländische Fachkräfte mit Hochschulabschluss in Deutschland, senkt die Gehaltsschwelle und lockert die Voraussetzungen. So sind beispielsweise Einwander:innen mit einem qualifizierten Berufsabschluss oder einem Hochschulabschluss nicht mehr ausschließlich auf die Bewerbung für eine Tätigkeit beschränkt, die ihrer Ausbildung und Qualifikation entspricht. Das geänderte Gesetz erweitert auch die Liste der anerkannten Berufe und erleichtert die Familienzusammenführung für Familienangehörige von Inhaber:innen einer Blauen Karte EU, die bereits mit ihrer Familie in einem anderen EU-Mitgliedstaat gelebt haben. IT-Fachkräfte können sich auch ohne formale Qualifikation, sondern nur aufgrund ihrer einschlägigen Berufserfahrung für eine Blaue Karte EU qualifizieren.

Seit März 2024 können Teilnehmer an Qualifizierungsmaßnahmen nach Deutschland einreisen und bis zu drei Jahre bleiben. Qualifizierungsmaßnahmen sind Maßnahmen für Einwander:innen, die eine vollständige Gleichwertigkeit ihrer ausländischen Berufsqualifikationen mit den in Deutschland anerkannten Qualifikationen anstreben. Die Anerkennungspartnerschaft ermöglicht es zudem Personen aus Nicht-EU-Mitgliedsstaaten, nach Deutschland einzureisen, den gesamten Anerkennungsprozess zu durchlaufen und eine Ausbildung zu absolvieren, wobei die zunächst einjährige Aufenthaltserlaubnis auf drei Jahre verlängert werden kann. Seit Juni 2024 sieht das Gesetz auch eine Chancenkarte für die Arbeitssuche vor. Personen mit vollständiger Berufsanerkennung erhalten diese Karte ohne zusätzliche Anforderungen, während andere Personen anerkannte Berufs- oder Hochschulabschlüsse nachweisen müssen. Obwohl dies nicht nur für den KI-Bereich gilt, dürfte es aber dank der Anerkennung ausländischer Qualifikationen und der Arbeitsmarktmobilität erhebliche Auswirkungen auf Deutschlands Fähigkeit haben, Talente für das KI-Ökosystem zu gewinnen und zu halten.

Quelle: Anerkennung in Deutschland (2023[8]), "Einwanderung wird erleichtert", https://www.anerkennung-in-deutschland.de/html/de/aktuelles-neues-fachkraefteeinwanderungsgesetz.php.

KI-Ausbildung an Hochschulen

Deutschland bietet 50 KI-Studiengänge mit einem ausgewogenen Angebot zwischen Bachelor- und Master-Niveau an. Die Einführung kürzerer Studiengänge könnte hilfreich sein. KI-Kurse werden an deutschen Hochschulen zunehmend fachbereichsübergreifend angeboten. Insgesamt ist das deutsche KI-Bildungsangebot für Nicht-deutschsprachige Personen weniger leicht zugänglich.

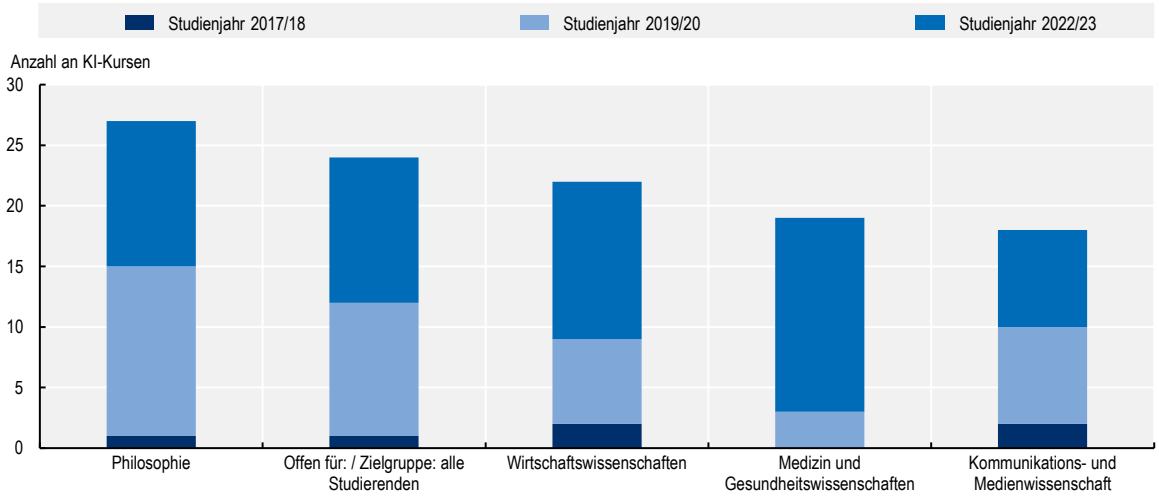
Deutsche Hochschulen bieten inner- und außerhalb der Informatik-Fachbereiche zunehmend KI-bezogene Kurse an

Im Dezember 2022 boten die deutschen Hochschulen 50 KI-Vollstudiengänge,[1] 20 Bachelor- und 30 Masterstudiengänge an. In absoluten Zahlen steht Deutschland im Vergleich zu sechs anderen Ländern in Europa (Österreich, Frankreich, Italien, Niederlande, Schweiz und Vereinigtes Königreich) an zweiter Stelle bei den angebotenen KI-Vollstudiengängen. Das Angebot pro Kopf der Bevölkerung ist jedoch vergleichsweise geringer (Abbildung A A.1). Dieser Indikator zeichnet jedoch nur ein unvollständiges Bild, da er nicht die Anzahl der Studierenden berücksichtigt, die in die entsprechenden Studiengänge eingeschrieben sind, für die keine Informationen verfügbar sind. Das Verhältnis zwischen Bachelor- und Masterstudiengängen beim Angebot an KI-Studiengängen ist in Deutschland

ausgeglichener als in den Nachbarländern, die KI-Studiengänge eher als Zertifikatskurse (nicht-deutschsprachige Schweiz) oder als einjährige Masterstudiengänge (Frankreich) anbieten (Abbildung A A.2). Das Angebot kürzerer KI-Kurse, einschließlich KI-Bootcamps oder -Intensivkursen, würde zusammen mit KI-Vollstudiengängen eine flexible und effiziente Möglichkeit für Einzelpersonen bieten, wesentliche KI-Kompetenzen in einem kürzeren Zeitrahmen zu erwerben, und es Fachleuten mit unterschiedlichem Hintergrund ermöglichen, KI schneller in ihr Know-how zu integrieren. Dies würde dazu beitragen, die wachsende Nachfrage nach KI-Spezialist:innen zu befriedigen und sicherzustellen, dass Fachleute KI-Weiterentwicklungen bereichsübergreifend integrieren.

Deutschland setzt im KI-Bereich bereits auf Interdisziplinarität, indem KI-Kurse fächerübergreifend in Lehrpläne aufgenommen werden. Die Zahl der KI-Kurse außerhalb der Informatik-Fachbereiche hat sich zwischen 2017 und 2022 verfünffacht, wobei 109 solcher Kurse über verschiedene Fachbereiche hinweg unterrichtet wurden (Abbildung A A.2). KI-Kurse werden an deutschen Hochschulen zunehmend außerhalb des Fachs Informatik angeboten, insbesondere in den Fächern Philosophie, Wirtschaft, Medizin und Gesundheitswissenschaften, Kommunikations- und Medienwissenschaften und Recht. Viele Kurse stehen auch allen Studierenden unabhängig von ihrer Fachrichtung offen (Abbildung 2.3). KI-Kurse in diesen Disziplinen und im Bildungswesen haben im Laufe der Jahre erheblich zugenommen. Die Anzahl der KI-Kurse in den Politikwissenschaften ging 2022-2023 zwar zurück (Abbildung A A.3), jedoch könnte dies darauf zurückzuführen sein, dass KI-Themen, die in breiter angelegte Kurse oder Studiengänge zum Thema Technologie-Governance integriert sind (z. B. den Masterstudiengang „*Politics & Technology*“ der Technischen Universität München oder den Masterstudiengang „*Data Science for Public Policy*“ der Hertie School). Darüber hinaus stehen Kurse in anderen Fachbereichen als der Informatik allen Studierenden offen, wodurch das Thema stärker in den Blickpunkt gerät.

Abbildung 2.3. KI-Kurse an deutschen Hochschulen werden vor allem in fünf Fachbereichen außerhalb der Informatik angeboten



Hinweis: Dieses Schaubild zeigt die Anzahl der außerhalb der Informatik-Fachbereiche an deutschen Hochschulen angebotenen KI-Kurse für drei verschiedene Zeiträume. Es enthält Daten aus den allgemeinen Studienregistern der 50 größten deutschen Hochschulen in Bezug auf die registrierten Studierenden für KI-Kurse für drei verschiedene Zeiträume: Studienjahre 2017-18, 2019-20, 2022-23. Für die Studienjahre 2017-18 und 2019-2020 lagen keine Daten für die LMU München, die Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, die Universität Leipzig, die Justus-Liebig-Universität Gießen, die Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, die Universität Augsburg, die Hochschule für angewandte Wissenschaften München, die Technische Hochschule Mittelhessen – THM und die Hochschule Darmstadt vor. Für das Studienjahr 2019-2020 lagen keine Daten für die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf vor. Für das Wintersemester 2017-2018 lagen keine Daten für die Julius-Maximilians-Universität Würzburg und das Karlsruher Institut für Technologie vor. Bei der Kombination der Daten für alle drei Zeiträume wurden die Kurse, die an diesen 13 Hochschulen angeboten wurden, aus jedem Zeitraum entfernt.

Quelle: Eigenanalyse auf HRK (2023[9]), *Statistik - Hochschulen in Zahlen - 2022*, https://www.hrk.de/themen/hochschulsystem/statistik/ (zugegriffen am 11 October 2023).

Mehr als zwei Drittel der deutschen KI-Vollstudiengänge werden in deutscher Sprache angeboten, was das Land zu einem attraktiven Ziel für angehende Studierende aus dem deutschsprachigen Raum, aber möglicherweise weniger attraktiv für nicht-deutschsprachige Studierende macht, wodurch die Fähigkeit, international mobile Studierende anzuziehen und einen größeren Pool potenzieller KI-Talente zu erreichen, verringert wird. Kleinere EU-Länder wie Zypern und die Niederlande sowie skandinavische Länder bieten pro Kopf der Bevölkerung mehr KI-Kurse in englischer Sprache als Deutschland an (OECD.AI, 2023[10]).

Die nationale KI-Strategie legt einen wesentlichen Schwerpunkt auf ethische/menschenzentrierte KI. Allerdings ist der Abschluss eines Kurses oder Moduls zu ethischer/menschenzentrierter KI in weniger als einem Drittel der angebotenen Studiengänge obligatorisch. Um die Entwicklung einer vertrauenswürdigen und verantwortungsvollen KI zu gewährleisten, könnten in KI-Bildungsprogrammen Kurse oder Module zur menschenzentrierten KI verlangt werden.

Empfehlungen

Fortsetzung der Bemühungen zur Erleichterung der Visaverfahren und der Einwanderung für KI-Fachkräfte durch das geänderte FEG.

Die Änderung des FEG ist ein positiver Schritt für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im Wettlauf um Fachkräfte, insbesondere KI-Talente. Es ist wichtig, diese Absichten im Ausland zu kommunizieren, Fachkräfte aktiv zu rekrutieren und interessierte Personen entsprechend zu unterstützen. Dafür gibt es in Deutschland bereits zahlreiche Initiativen. So entstand zum Beispiel „*Make it in Germany*“ als zentrales Informationsportal für interessierte ausländische Fachkräfte (Die Bundesregierung, 2023[11]). Darüber hinaus bietet das Projekt „*ProRecognition*“ Anerkennungsberatung vor Ort für Fachkräfte in deutschen Auslandshandelskammern und deutschen Wirtschaftsdelegationen in zehn Ländern (Algerien, Bosnien und Herzegowina / Westbalkan, Brasilien, Kolumbien, Ägypten, Indien, Iran, Italien, Polen und Vietnam) (Anerkennung in Deutschland, 2023[12]). Deutschland könnte dieses erfolgreiche Programm auf andere Länder ausweiten, insbesondere auf Länder mit einer hohen Konzentration von KI-Talenten wie Bulgarien, Chile, Mexiko oder Norwegen (OECD.AI, 2023[13]).

Das geänderte FEG soll die Visumantragsverfahren vereinfachen und beschleunigen und Deutschland für KI-Fachkräfte attraktiver machen. In der Praxis behindert das niedrige Digitalisierungsniveau der zuständigen Behörden jedoch häufig die schnelle Bearbeitung der Anträge. Ein Grund dafür ist der postalische Versand von Papierakten (insbesondere Unterlagen zum Nachweis nichtakademischer Berufsqualifikationen) zwischen Ausländerbehörden (ABHen) in Deutschland und Anträgen und Bewilligungen zwischen ABHen und Auslandsvertretungen (AVen). Laut einer Studie des Bundesamts für Migration und Flüchtlinge (BAMF) haben nur wenige Behörden ihre Dokumente digitalisiert und in elektronische Akten übertragen (BAMF, 2023[14]). Deutschland muss die Digitalisierung unbedingt vorantreiben, um einen schlanken Prozess zu gewährleisten, der Deutschland als Land der Wahl für globale KI-Talente stärkt.

Ausweitung des KI-Kursangebots in englischer Sprache und im Bereich ethische/menschenzentrierte KI über alle Studiengänge und Disziplinen hinweg.

Erstens sollte Deutschland die Anzahl der in englischer Sprache angebotenen KI-Vollstudiengänge erhöhen, um ihre Attraktivität für international mobile Studierende zu erhöhen. Wie in der ersten Empfehlung dieses Kapitels erörtert, ist die Erleichterung der Visaverfahren und der Einwanderung durch

das geänderte FEG von entscheidender Bedeutung, um ausländische KI-Fachkräfte anzuziehen. Zugleich kann Deutschland einen proaktiveren Ansatz verfolgen, indem es sich drum bemüht, bereits ausgebildete internationale Talente anzuziehen, und ausländische Studierende fördert, die an der Absolvierung eines KI-Studiengangs in Deutschland interessiert sind. Um dies zu erreichen, wäre es von entscheidender Bedeutung, die Verfügbarkeit von KI-Ausbildung in englischer Sprache zu verbessern, um Deutschland den Zugang zu einem umfangreicheren Pool internationaler KI-Talente zu ermöglichen.

Zweitens kann die Erweiterung der Verfügbarkeit von Kursen und Vollstudiengängen zur ethischen und menschenzentrierten KI Deutschlands strategisches Engagement bei der Priorisierung menschenzentrierter KI voranbringen. Die Studierenden von heute sind die KI-Entwickler von morgen. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, dass sie die KI-Ethik nicht einfach als nur als wünschenswert betrachten, sondern grundlegende KI-Prinzipien wie die in der OECD-Empfehlung zu KI von 2019, darunter Fairness, Transparenz, Sicherheit und Rechenschaftspflicht, aktiv in ihre KI-Modelle und KI-gestützten Produkte und Dienstleistungen integrieren. Die Grundlage dafür könnte durch die Einführung eines verpflichtenden Kurses zur ethischen/menschenzentrierten KI in jedem KI-Studiengang gelegt werden.

Drittens könnte das Angebot an KI-bezogenen Master-Vollstudiengängen erhöht werden, um Fachleuten in verschiedenen Bereichen die weitere Spezialisierung auf KI zu ermöglichen und die Hochschulbildung in anderen Bereichen (z. B. Biologie oder Recht) mit KI-spezifischen Fähigkeiten zu ergänzen. Die Kombination von Fachkompetenz mit dem Verständnis und der Verwaltung von KI wird für die sektorübergreifende Einführung von KI zunehmend von entscheidender Bedeutung sein.

Viertens würde die Einführung von KI-Bootcamps oder -Intensivkursen die Weiterbildung und mögliche Karriereübergänge von Personen mit Master-Abschluss in andere Bereiche erleichtern. Diese Programme könnten auch die Entwicklung interdisziplinärer Kompetenzen erleichtern, indem sie die Lücke zwischen fachspezifischer Kompetenz und KI schließen.

Literatur

Anerkennung in Deutschland (2023), “Einwanderung wird erleichtert”, https://www.anerkennung-in-deutschland.de/html/de/aktuelles-neues-fachkraefteeinwanderungsgesetz.php (accessed on 11 October 2023). [8]

Anerkennung in Deutschland (2023), *ProRecognition*, https://www.anerkennung-in-deutschland.de/html/de/pro/prorecognition.php (accessed on 8 December 2023). [12]

BAMF (2023), *Entwicklung der Fachkräftemigration und Auswirkungen des beschleunigten Fachkräfteverfahrens*, Bundesamt für Migration und Flüchtlinge, https://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/DE/Forschung/Forschungsberichte/fb45-feg.html (accessed on 8 December 2023). [14]

BMBF (2022), “Stark-Watzinger: 100. zusätzliche KI-Professur wurde besetzt”, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/2022/05/030522-KI-Professoren.html (accessed on 11 October 2023). [2]

Borgonovi, F. et al. (2023), “Emerging trends in AI skill demand across 14 OECD countries”, *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 2, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/7c691b9a-en. [6]

Die Bundesregierung (2023), *Make It In Germany*, https://www.make-it-in-germany.com/en/ (accessed on 11 December 2023). [11]

Die Bundesregierung (2020), *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung - Fortschreibung 2020*, https://www.ki-strategie-deutschland.de/files/downloads/201201_Fortschreibung_KI-Strategie.pdf (accessed on 11 October 2023). [1]

HRK (2023), *Statistik - Hochschulen in Zahlen - 2022 [Statistics - Universities in Numbers - 2022]*, Hochschulrektorenkonferenz, https://www.hrk.de/themen/hochschulsystem/statistik/ (accessed on 11 October 2023). [9]

Humboldt Foundation (2023), *Sieben Empfehlungen zur Künstlichen Intelligenz (KI) an die Deutsche Bundesregierung*, https://www.humboldt-foundation.de/fileadmin/Bewerben/Programme/Alexander-von-Humboldt-Professur/Positionspapier_zur_Kuenstlichen_Intelligenz_Recommendations_on_AI.pdf (accessed on 2023 October 2023). [3]

OECD.AI (2023), *AI Courses in English by Country*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-education&selectedVisualization=ai-courses-by-country-in-time (accessed on 6 December 2023). [10]

OECD.AI (2023), *AI Talent Concentration by Country*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-jobs-and-skills&selectedVisualization=ai-talent-concentration-by-country (accessed on 8 December 2023). [13]

OECD.AI (2023), *Between-country AI Skills Migration [Migration von KI-Fachkräften zwischen Ländern]*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-jobs-and-skills&selectedVisualization=between-country-ai-skills-migration (accessed on 11 October 2023). [5]

OECD.AI (2023), *Relative International AI Skill Demand [Relative internationale KI Kompetenznachfrage]*, OECD, Paris, http://www.oecd.ai (accessed on 5 November 2023). [7]

Sequoia (2023), *Atlas - Sequoia's Guide to Europe's Technical Talent*, https://www.sequoiacap.com/wp-content/uploads/sites/6/2023/06/Sequoia-Atlas-Final.pdf (accessed on 11 October 2023). [4]

Endnote

[1] „KI-Vollstudiengänge" sind Studiengänge, die in ihrem Titel „*Artificial Intelligence*", „AI", „*Machine Learning*" oder „ML" auf Englisch oder in der jeweiligen Landessprache enthalten.

3 Forschung

Forschung ist die Grundlage für Fortschritte im KI-Bereich. In diesem Kapitel wird die Stellung Deutschlands in der globalen KI--Forschungslandschaft untersucht. Mit seiner nationalen KI-Strategie, die die Bedeutung der Stärkung und des Ausbaus seiner Forschungsexzellenz im Bereich der KI betont, will Deutschland mit dem rasanten internationalen Fortschritt Schritt halten. Deutschland nimmt weltweit eine Spitzenposition ein und ist führend in der Robotik, der Automatisierung und der KI-Forschung in den Bereichen Energie und Fertigung. Deutsche Forschungseinrichtungen wie die Max-Planck-Gesellschaft und Siemens gehören zur Weltspitze, und ein Netzwerk von sechs KI-Kompetenzzentren soll Deutschlands Stellung bei KI-Technologien stärken. Zwar stehen Mittel für die KI-Forschung aus verschiedenen Quellen zur Verfügung, doch könnten die Mechanismen flexibler gestaltet werden, um sie an die sich schnell entwickelnde Technologielandschaft anzupassen. Die deutsche KI-Forschungsgemeinschaft ist durch einen starken *Gender Gap* gekennzeichnet, was deutlich macht, dass Deutschland seine Bemühungen zur Erhöhung des Frauenanteils im KI-Bereich verstärken muss.

Forschung untermauert Fortschritte im Bereich der KI. Sowohl die deutsche KI-Strategie 2018 als auch deren Fortschreibung 2020 betonen, dass Deutschland seine Forschungsexzellenz im KI-Bereich stärken und ausbauen muss, um mit den rasanten internationalen Entwicklungen Schritt zu halten (Die Bundesregierung, 2020[1]). Dementsprechend sieht die nationale KI-Strategie mehrere Maßnahmen hierzu vor.

Kasten 3.1. Forschung: Ergebnisse und Empfehlungen

Ergebnisse

- Deutschland ist in der internationalen Forschungslandschaft gut aufgestellt und steht weltweit an fünfter Stelle hinsichtlich der Anzahl und Qualität von Publikationen. Allerdings sind Länder wie Indien in den letzten Jahren schnell im Ranking aufgestiegen, wenn auch nicht in Bezug auf die Forschungsqualität.
- Öffentliche und private deutsche Einrichtungen nehmen bei der Qualität ihrer KI-Forschung Spitzenpositionen ein (Max-Planck-Gesellschaft und Siemens).
- Deutsche Institutionen beteiligen sich an vielen EU-geförderten KI-Projekten. Allerdings arbeiten deutsche Institutionen mehr mit US-amerikanischen, britischen und chinesischen Institutionen zusammen als mit europäischen.
- Bei KI-Forschungsthemen belegt Deutschland weltweit den dritten Platz in den Bereichen Robotik und Automatisierung, den vierten Platz bei Computer Vision und Verarbeitung natürlicher Sprache und den fünften Platz bei künstlichen neuronalen Netzwerken.
- Das deutsche Fördersystem ist einzigartig positioniert, da Antragsteller:innen gemeinsame Förderprogramme, EU-Fördermittel sowie Fördermittel von Bund und Ländern beantragen können. Diese Vielfalt führt jedoch in der Praxis häufig zu Unsicherheiten, und die Fördervoraussetzungen wurden als bürokratisch und kompliziert für die Antragsteller:innen bezeichnet.
- Obwohl der *Gender Gap* in der KI-Forschung in den letzten Jahren abgenommen hat, ist er immer noch größer als in anderen Ländern. Mehrere Bundesministerien und Hochschulen haben Initiativen gestartet, um diesem Trend entgegenzuwirken.

Empfehlungen

- Einführung agiler Finanzierungsmechanismen, die sich an die sich rasch verändernde KI-Forschungslandschaft anpassen können.
- Verstärkte Bemühungen um eine größere Beteiligung von Frauen und unterrepräsentierten Gesellschaftsgruppen an der Forschung und Entwicklung (F&E) im KI-Bereich, sowie interministerielle Zusammenarbeit zur Lösung struktureller Probleme, die der ungleichen Teilhabe von Frauen am Arbeitsmarkt zugrunde liegen.

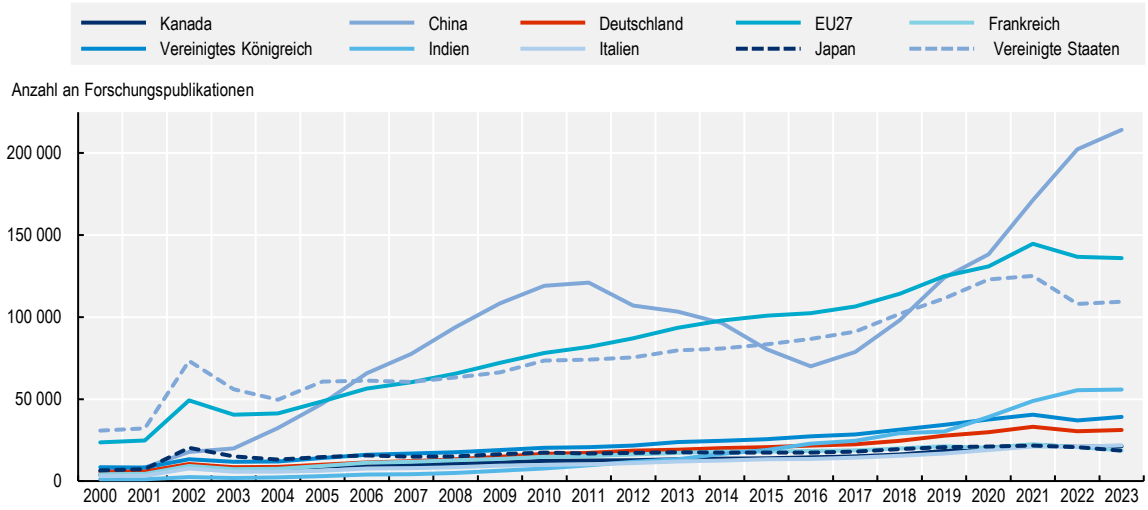
KI-Publikationen

Deutsche Institutionen haben seit 2018 einen deutlichen Anstieg der KI-Forschungspublikationen verzeichnet und rangieren weltweit an fünfter Stelle in Bezug auf die Anzahl und an vierter Stelle in Bezug auf die Qualität, mit Stärken in den Bereichen Computer Vision und Robotik.

Im nationalen KI-Ökosystem ist Deutschlands solide Forschungsbasis eine Stärke

Deutsche Institutionen veröffentlichten 2023 etwa 31.105 KI-Publikationen, was einem Anstieg von 26 % gegenüber 2018 entspricht. Deutschland steht international an fünfter Stelle (Abbildung 3.1) in Bezug auf die Anzahl der KI-Publikationen, nach den Vereinigten Staaten, der Volksrepublik China (im Folgenden „China"), dem Vereinigten Königreich und Indien. Deutschland steht an vierter Stelle, wenn es um die Qualität der Publikationen geht, gemessen daran, wie oft eine Publikation zitiert wurde. Öffentliche und private deutsche Institutionen rangieren bei der Qualität ihrer KI-Forschung in Spitzenpositionen: Die Max-Planck-Gesellschaft steht weltweit an zweiter Stelle neben der University of California Berkeley, Siemens an siebter Stelle unter den führenden globalen Unternehmen, die KI-Forschung betreiben (OECD.AI, 2023[2]).

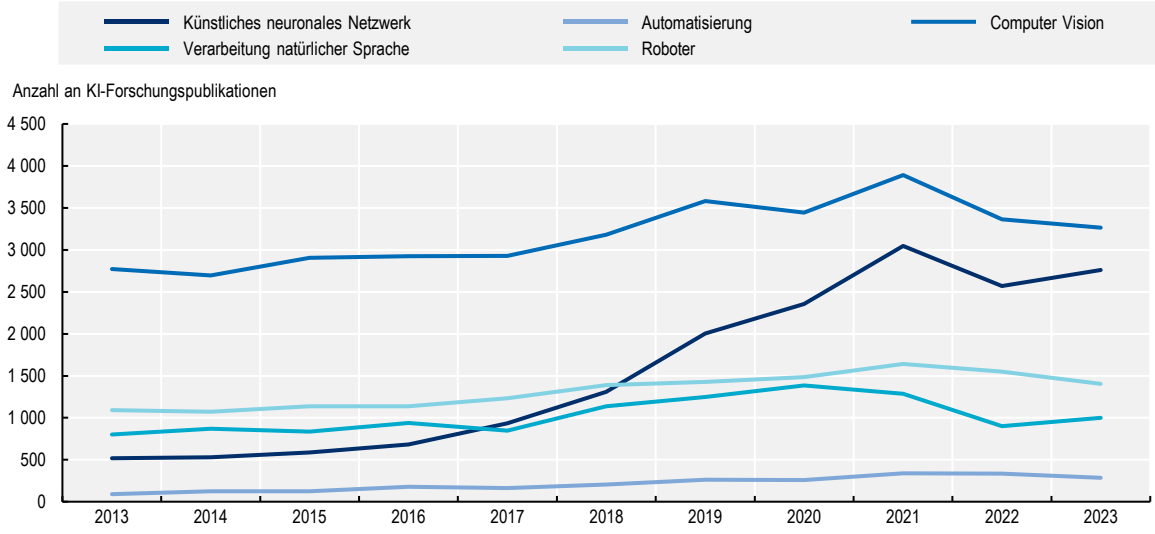
Abbildung 3.1. Deutschland steht weltweit an fünfter Stelle hinsichtlich der Anzahl von KI-Publikationen



Hinweis: Mehr als 600.000 wissenschaftliche KI-Publikationen wurden aus den Scopus-Archiven von Elsevier extrahiert, wobei Kernschlüsselwörter der KI verwendet wurden, wie z. B. neuronales Backpropagation-Netzwerk, genetikbasiertes maschinelles Lernen, Cohen-Grossberg neuronale Netzwerke, Backpropagation-Algorithmus und Lernen neuronaler Netzwerke. Kapitel 1 des Elsevier-Berichts „Artificial Intelligence: How knowledge is created, transferred, and used" nennt weitere Einzelheiten zu den Methoden, die für die Ermittlung von KI-Publikationen angewandt wurden.
Quelle: OECD.AI (2023[3]), *AI Research Publications Time Series by Country [Zeitreihe von KI-Forschungspublikationen nach Ländern]*, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=ai-publications-time-series-by-country (zugegriffen am 12 October 2023).

Im Einklang mit aktuellen Forschungstrends in anderen Ländern veröffentlichen deutsche Institutionen am meisten über Computer Vision, ein Gebiet der KI, das es Computern ermöglicht, die visuelle Welt anhand von Bildern, Videos und anderen Inputs zu interpretieren und zu verstehen (Abbildung 3.2). Computer-Vision-Anwendungen können in vielen Bereichen eingesetzt werden, einschließlich in der Automobilindustrie, der Medizin und der Fertigung (z. B. zur Erkennung von Qualitätsanomalien). In diesem Bereich belegt das Land bei der Qualität der Publikationen[1] weltweit den vierten Platz (berechnet nach Zitierhäufigkeit). Auch in der Robotik und Automatisierung hat Deutschland einen Wettbewerbsvorteil und steht in diesen Forschungsfeldern weltweit an dritter Stelle (berechnet nach Zitierhäufigkeit). Auch bei der Verarbeitung natürlicher Sprache rangiert Deutschland auf Platz vier. Seit 2016 haben KI-Publikationen zu künstlichen neuronalen Netzwerken (KNN) – sprich dem Unterbereich des maschinellen Lernens, der die rasanten Fortschritte von KI, einschließlich in der Generativen KI, ermöglicht hat – drastisch zugenommen. Deutschland steht in diesem Bereich weltweit an fünfter Stelle für die Qualität seiner KI-Publikationen (OECD.AI, 2023[4]).

Abbildung 3.2. Deutsche Institutionen publizieren zu allen wichtigen KI-Themen



Quelle: OECD.AI (2023[5]), *Trends in AI Application Areas by Country [Trends in KI-Anwendungsbereichen nach Ländern]*, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=trends-in-ai-application-areas-by-country (zugegriffen am 12 October 2023).

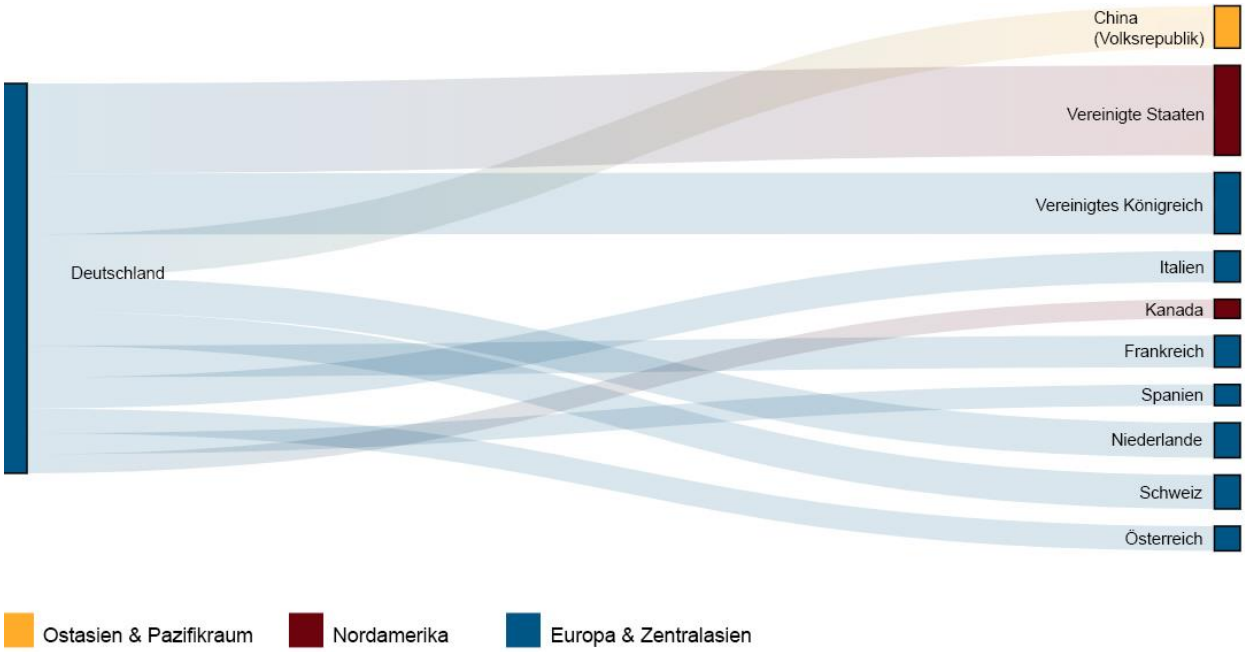
Deutschland und Europa sind in zwei weiteren KI-Spezialisierungsgebieten führend in der Forschung. Dies betrifft zum einen den Energiebereich, wo KI-Anwendungen erforscht werden, um die Effizienz und Zuverlässigkeit der Energieerzeugung und -verteilung zu verbessern. Darüber hinaus verfügen sie über einen Wissensvorsprung in der Fertigungsforschung, um Produktion, Lagerbestand und vorausschauende Wartung zu optimieren und zu automatisieren (OECD.AI, 2023[6]). Für Deutschland ist es entscheidend, auch in der zukünftigen KI-geprägten Transportindustrie und in der Fertigung wettbewerbsfähig zu bleiben, etwa durch den weiteren wirksamen Einsatz von KI in der Robotik.

Während Deutschland in der KI-Forschung weltweit gut positioniert ist, macht es die Größe der führenden globalen Wettbewerber – China, USA und das rasch wachsende Indien – unerlässlich für Deutschland, die Zusammenarbeit mit den 27 Mitgliedstaaten der EU wirksam zu nutzen. Deutschland ist das Land mit der höchsten Beteiligung an KI-Projekten, die durch EU-Forschungsprogramme gefördert werden, sowohl in Bezug auf die Anzahl der Projekte als auch in Bezug auf die Förderung. Im Jahr 2023 waren deutsche Einrichtungen an über 290 Projekten mit einer Gesamtfinanzierung von rund 310 Mio. EUR beteiligt (OECD-Berechnung auf Basis von CORDIS-Daten). Allerdings arbeitet Deutschland mehr mit den Vereinigten Staaten und dem Vereinigten Königreich zusammen als mit einzelnen EU-Ländern (Abbildung 3.3).

Um die Forschungszusammenarbeit national zu fördern, wurde mithilfe des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das Netzwerk der Deutschen Kompetenzzentren für KI-Forschung geschaffen, das aus sechs führenden, aus Bundes- und Landesmitteln finanzierten KI-Forschungseinrichtungen besteht: i) *Berlin Institute for the Foundations of Learning and Data* (BIFOLD), ii) Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), iii) *Munich Centre for Machine Learning* (MCML), iv) *Lamarr Institute for Machine Learning and Artificial Intelligence Nordrhein-Westfalen* (LAMARR), v) *Center for Scalable Data Analytics and Artificial Intelligence Dresden/Leipzig* (ScaDS.AI) und vi) *Tübingen AI Center (*TUE.AI). Das Ziel besteht zwar darin, dass diese Institutionen zusammenarbeiten, um den Spitzenstandort Deutschland für KI-Technologien zu stärken und die nationale und internationale Sichtbarkeit der deutschen KI-Forschung zu erhöhen (DFKI, 2023[7]), doch ist laut den interviewten Interessenträger:innen eine Zusammenarbeit als Netzwerk bis dato noch nicht erkennbar. Während das BMBF sich aktiv für eine stärkere Zusammenarbeit in der deutschen KI-Forschungsgemeinschaft einsetzt, z. B. durch das All-Hands-Meeting der Kompetenzzentren und das „*AI Grid*“, könnte überlegt werden,

Anreize zur Vertiefung der Zusammenarbeit zu schaffen, wie etwa durch die Förderung gemeinsamer Projekte.

Abbildung 3.3. Deutsche Institutionen arbeiten vor allem mit Partner:innen in den USA und im Vereinigten Königreich zusammen



Quelle: OECD.AI (2023[8]), *Domestic and International Collaboration in AI Research Publications [Nationale und internationale Zusammenarbeit bei KI-Forschungspublikationen]*, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=domestic-and-international-collaboration-in-ai-publications (zugegriffen am 5 November 2023).

Die Finanzierung der KI-Forschung in Deutschland erfolgt aus unterschiedlichen Quellen. Dazu gehören europäische Programme (z. B. Horizon Europe), Programme des Bundes und der Länder sowie gemeinsame Programme von Hochschulen und Industrie. Das BMBF fördert Arbeiten in den Bereichen KI-Forschung, -Entwicklung und -Anwendung von 50 laufenden Maßnahmen, die sich auf Forschung, Kompetenz- und Infrastrukturentwicklung sowie Transfer in die Anwendung konzentrieren. Im Rahmen des im November 2023 veröffentlichten KI-Aktionsplans des BMBF werden diese durch mindestens 20 weitere Initiativen ergänzt. Darüber hinaus ist das KI-Budget des BMBF seit 2017 jährlich gestiegen, am deutlichsten zwischen 2021, 2022 und 2023 (Tabelle 3.1).

Auf der Website der Förderberatung des Bundes (Förderberatung des Bundes, 2024[9]) bietet die Bundesregierung einen Überblick über Fördermöglichkeiten für Antragsteller:innen, indem sie den Zugang zu Initiativen auf einer zentralen Plattform samt personalisierter Beratung konsolidiert. Viele der befragten Expert:innen wussten jedoch nichts von diesem Angebot und sprachen sich für eine spezifische zentrale Datenbank aus. Es sind daher Promotionsmaßnahmen erforderlich, um ein breiteres Publikum potenzieller Nutzer:innen zu erreichen. Angesichts des Tempos der KI-Entwicklung müssen Forscher:innen schneller und mit minimalem bürokratischem Aufwand finanzielle Unterstützung erhalten. Die Forschungsgemeinschaft (Humboldt Foundation, 2023[10]) rät sich dabei auf den Evaluierungsprozess der EU für Projekte zu stützen, der als „Exzellenzsiegel“ angesehen werden kann. Vorschläge für Projekte, die von den EU-Gremien über dem Schwellenwert bewertet, aber aus Haushaltsgründen nicht gefördert wurden, könnten für eine finanzielle Unterstützung aus nationalen Quellen in Betracht gezogen werden, sofern die deutschen Institutionen sie umsetzen.

Tabelle 3.1. Förderung der KI-Forschung in Deutschland

Jahr	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023 (geplant)	2024 (geplant)
Mio. EUR	17,4	20,5	41,9	85,7	120,2	280,4	427,2	483,3

Quelle: Eigene Visualisierung auf Basis von Based on BMBF (2023[11]), *BMBF-Aktionsplan "Künstliche Intelligenz"*, https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/kuenstliche-intelligenz/ki-aktionsplan.html (zugegriffen am 30 November 2023).

Geschlechterrepräsentation in der KI-Forschung

Trotz einiger Fortschritte sind Frauen in der deutschen KI-Forschung und in KI-Führungspositionen weiterhin unterrepräsentiert. Die Förderung der Vielfältigkeit in der KI-Entwicklung durch eine stärkere Beteiligung von Frauen kann zu gerechteren und ethischeren Ergebnissen von KI-Systemen führen.

Frauen sind in der KI-Forschung unterrepräsentiert

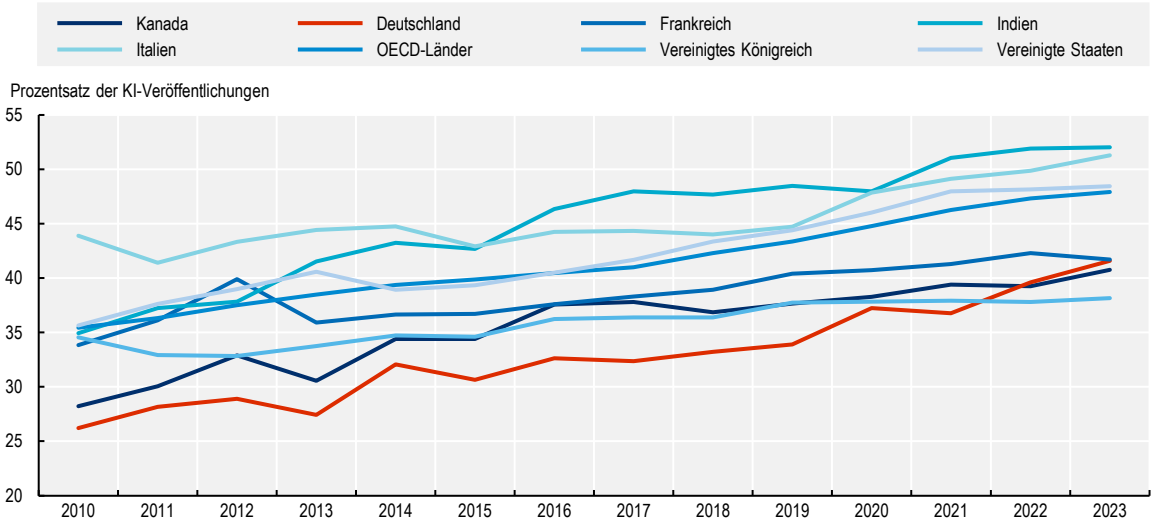
Der zunehmende Einsatz von KI-Systemen hat die Bedeutung der Gewährleistung von Fairness, Vermeidung von *Biases* sowie Nichtdiskriminierung hinsichtlich KI-Systemen erhöht. Eine Überrepräsentation männlicher KI-Entwickler kann zu einem *Gender Biases* im KI-Bereich durch verzerrte Trainingsdaten odersubjektive Designentscheidungen, die für unterrepräsentierte Gruppen wichtige Überlegungen außer Acht lassen, zur Einführung unbeabsichtigter *Biases* und Stereotypen und zu einem Mangel an unterschiedlichen Perspektiven bei der Erfüllung der Bedürfnisse der Nutzer:innen führen. Dieses Ungleichgewicht kann zu KI-Systemen führen, die gesellschaftliche Stereotype fortschreiben und den Präferenzen und Bedürfnissen vielfältiger Gruppen von Nutzer:innen, einschließlich Frauen, nur unzureichend Rechnung tragen (Leavy, 2018[12]) (Nadeem, Abedin and Marjanovic, 2020[13]).

Eine stärkere Repräsentation von Frauen und Minderheiten im Designprozess kann KI-Systeme verbessern, indem während der Entwicklung vielfältige Perspektiven und Erfahrungen eingebracht werden, was zu umfassenderen und inklusiveren Ergebnissen führt. Entwicklerinnen, die sich mit *Gender Biases* besser auskennen, spielen eine entscheidende Rolle dabei, diese *Biases* zu erkennen und wirksam gegen sie vorzugehen. Vielfältige Teams tragen zu einer ausgewogenen Entscheidungsfindung bei und fördern faire, ethische und nutzer:innenorientierte KI-Systeme. Diese Inklusivität führt zu KI-Anwendungen, die die vielfältigen Bedürfnisse der Nutzer:innen besser verstehen und erfüllen und so letztendlich die Nutzer:innenerfahrung und -zufriedenheit in verschiedenen demografischen Gruppen verbessern (Gallego et al., 2019[14]).

Der *Gender Gap* und andere Hindernisse im KI-Forschungsökosystem begrenzen die Einbeziehung von Frauen in die KI-Entwicklung und reduzieren gleichzeitig die Anzahl der im Land verfügbaren qualifizierten KI-Fachkräfte. In Deutschland hat sich der *Gender Gap* in der KI-Forschung in den letzten Jahren verringert: 2023 war an 41 % der KI-Publikationen mindestens eine Autorin beteiligt, 2018 waren es 33 % (Abbildung 3.4). Allerdings wurden nur 7 % der Publikationen 2023 ausschließlich von Frauen verfasst (leichter Anstieg von 5 % im Jahr 2018), während 58 % nur von Männern verfasst wurden (deutlicher Rückgang von 67 % im Jahr 2018). Der *Gender Gap* in der KI-Forschung ist nach wie vor größer als in vergleichbaren Ländern (wie etwa in Frankreich und den Vereinigten Staaten). Der *Gender Gap* besteht auch in Führungspositionen: Im Januar 2023 wurde keines der sechs deutschen Kompetenzzentren für KI-Forschung von einer Frau geleitet und nur 14 % der Forscher:innen oder Forschungsgruppenleiter:innen in diesen Zentren waren Frauen (Abbildung 3.5).

Abbildung 3.4. Der *Gender Gap* in der KI-Forschung ist in Deutschland größer als in vergleichbaren Ländern

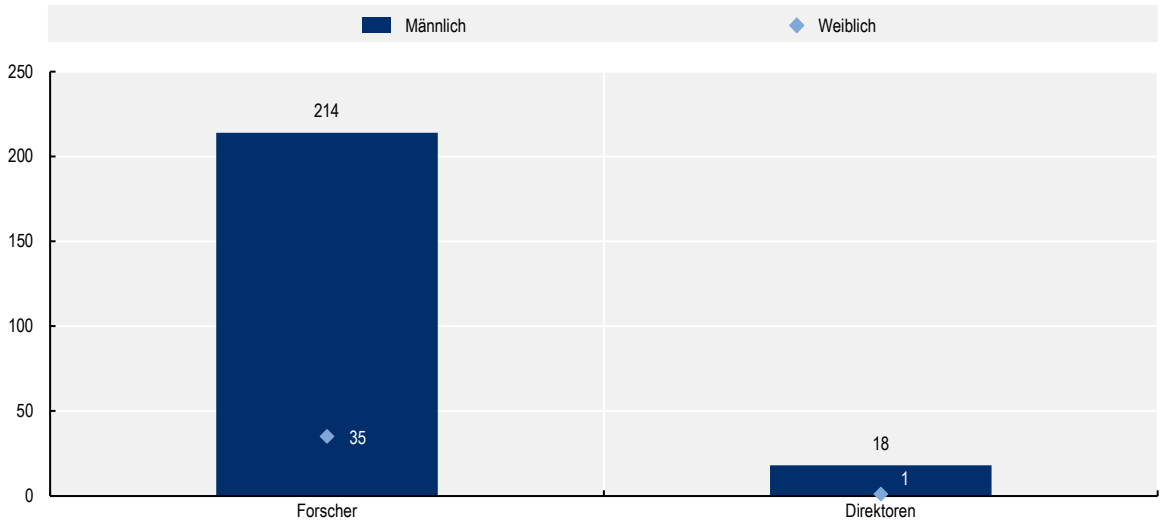
Anteil der von mindestens einer Frau verfassten KI-Publikationen



Hinweise: Dieses Diagramm zeigt den Prozentsatz der KI-Publikationen in Scopus mit mindestens einer Autorin nach Ländern und im Zeitverlauf. Für diesen experimentellen Indikator wies Elsevier nur jenen Autor:innen im Scopus-Datensatz einen Geschlechtswert zu, für die der verwendete Algorithmus eine Geschlechtswahrscheinlichkeit von 85 % oder höher ergab. Aufgrund einer Verzögerung der Meldungen können die Zahlen für das letzte Quartal etwas niedriger dargestellt sein, als sie tatsächlich sind. Dies wird bei nachfolgenden Fortschreibungen automatisch korrigiert.
Quelle: OECD.AI (2023[15]), *Share of Women in AI Scientific Publications by Country [Frauenanteil bei wissenschaftlichen KI-Publikationen nach Ländern],* https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=share-of-women-in-scientific-publications-by-country-2 (zugegriffen am 5 November 2023).

Abbildung 3.5. Der Frauenanteil in den deutschen KI-Kompetenzzentren ist gering

Forscherinnen/Forschungsgruppenleiterinnen und Direktorinnen deutscher Kompetenzzentren für KI-Forschung, 2022



Quelle: Eigenanalyse auf der Grundlage von Informationen der sechs deutschen Kompetenzzentren für KI-Forschung (https://www.dfki.de/web; https://www.bifold.berlin/; https://mcml.ai/; https://lamarr-institute.org/; https://scads.ai/; https://tuebingen.ai/).

Unterschiede in der beruflichen Laufbahn von Männern und Frauen lassen sich bereits zu einem frühen Zeitpunkt finden – nämlich dann, wenn Entscheidungen über die Ausbildung getroffen werden (OECD, 2017[16]). So streben beispielsweise in den OECD-Ländern durchschnittlich nur 0,5 % der Mädchen im Alter von 15 Jahren an, IKT-Fachkräfte zu werden, verglichen mit 5 % der Jungen. Dieser Unterschied bei den Karriereerwartungen schlägt sich auch in der Hochschulbildung nieder. In allen OECD-Ländern dominieren junge Männer in IKT-Studiengängen und machen im Durchschnitt 79 % der Neueinsteiger:innen aus. Im Jahr 2021 lag der Frauenanteil bei den Studierenden im ersten Semester im MINT-Bereich in Deutschland bei 34,5 %. Dies ist ein Rekordhoch, zeigt aber immer noch, dass Frauen sich seltener für ein MINT-Studium entscheiden als Männer und dass es zwischen den verschiedenen MINT-Feldern erhebliche Unterschiede gibt. In der Informatik beispielsweise lag der Anteil der weiblichen Studierenden im ersten Studienjahr 2021 bei nur 21,8 % (OECD, 2023[17]).

Bundesprogramme zur Förderung des Frauenanteils in technikorientierten Tätigkeitsbereichen

Vor Kurzem hat die Bundesregierung mehrere Initiativen gestartet, um den *Gender Gap* in der KI-Forschung und in der Technik zu schließen. Dazu gehören Interaktionen mit jungen Frauen, um ihnen bei Karriereentscheidungen behilflich zu sein, gezielte Unterstützung an Hochschulen und Programme zur Förderung von KI-Forschungsteams unter weiblicher Führung.

„*MissionMINT*“ soll mehr Frauen in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) bringen, indem junge Frauen beim Übergang von der Schule zur Hochschule und von der Hochschule in den Arbeitsmarkt unterstützt und inspiriert werden. Durch gemeinsame Projekte, Vorbilder, Netzwerkaktivitäten und Workshops schafft das Programm Möglichkeiten für Frauen im MINT-Bereich zum Abbau von Vorurteilen sowie zum Experimentieren (BMBF, 2023[18]). Die Beeinflussung der Berufswahl durch Vertreter:innen aus dem KI-Bereich ist gewiss einer der wichtigsten politischen Hebel, um die Zahl der Frauen im KI-Bereich zu erhöhen. Das Programm geht zwar in die richtige Richtung, sollte aber um einen Schwerpunktbereich KI erweitert werden.

Die Zahl der Frauen in KI und Wissenschaft nimmt mit fortschreitender Karriere ab. Barrieren wie kulturelle Normen (d. h. geschlechtsspezifische Rollen), implizite *Biases* und die eindeutigen Auswirkungen der Elternschaft auf die Karriere von Frauen reduzieren die Beteiligung an der Wissenschaft auf höherer Ebene vermutlich mehr als ein Mangel an talentierten Frauen in der frühen Karrierephase (Statistisches Bundesamt, 2023[19]; EC, 2021[20]; Stadler et al., 2023[21]).

Seit 2020 unterstützt das BMBF mit der Fördermaßnahme *KI-Nachwuchswissenschaftlerinnen* Nachwuchsforschungsgruppen, die von Frauen geleitet werden. Ziel des Programms ist es, den Anteil qualifizierter Frauen in Führungspositionen in der deutschen KI-Forschung zu erhöhen und den Einfluss von Wissenschaftlerinnen nachhaltig zu stärken. Während der Schwerpunkt auf der KI-Forschung zu neuartigen und innovativen Themen liegt, werden auch die Bedingungen für die Vereinbarkeit von Familie und Beruf an den jeweiligen Hochschulen der Antragstellerinnen als Vergabekriterium berücksichtigt. 2023 veröffentlichte das BMBF einen neuen Aufruf für Nachwuchswissenschaftlerinnen im KI-Bereich.

Der „Dritte Gleichstellungsbericht“ des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ) widmete sich der digitalen Gleichstellung (BMFSFJ, 2021[22]). Der Bericht hob das Potenzial für geschlechtsspezifische Diskriminierung im KI-Bereich hervor, wie z. B. mit *Biases* behaftete Personalinstrumente, und gab Empfehlungen ab, wie die Bundesregierung diese Probleme angehen kann. Beispiele hierfür sind die Förderung einer geschlechtersensiblen und inklusiven Technologieentwicklung und Risikobewertungen algorithmischer Personalmanagementsysteme.

In deutschen Informatik-Fachbereichen werden Frauen gezielt gefördert. Fast alle der 20 größten deutschen Hochschulen verfügen über Netzwerke, Programmierinitiativen, Mentor:innenprogramme,

Projektförderung oder Gleichstellungsräte für Frauen in der Informatik. Die meisten dieser Maßnahmen sind nicht KI-spezifisch; nur an zwei Hochschulen gibt es gezielte Programme für Frauen im KI-Bereich.

Über diese Programme hinaus ist es wichtig, die umfassenderen, systemischen Probleme anzuerkennen, die sich auf die Zahl der Frauen in der KI-Forschung und -Entwicklung, im MINT-Bereich und am Arbeitsplatz im Allgemeinen auswirken. Die bestehenden Einkommenssteuerregelungen für Paare verringern Anreize für die Erwerbstätigkeit, insbesondere von Frauen (OECD, 2023[23]). Kulturelle Faktoren führen immer noch dazu, dass die Verantwortung für die Kinderbetreuung überwiegend bei den Frauen liegt. An Orten, an denen externe Kinderbetreuungseinrichtungen nur begrenzt verfügbar sind, sind Frauen wahrscheinlich stärker betroffen als Männer und müssen entsprechende Anpassungen bei ihrer Beschäftigung vornehmen. So wurden in Tübingen, wo sich das CyberValley befindet, vor Kurzem die Öffnungszeiten von Kindergärten reduziert (Süddeutsche Zeitung, 2023[24]). Dies zeigt, dass bei der Entwicklung politischer Strategien im Zusammenhang mit KI allgemeinere Fragen berücksichtigt werden müssen, wie etwa die Verteilung von Hausarbeit und Betreuungspflichten zwischen Männern und Frauen.

In Zukunft sollte Deutschland seine Bemühungen, Frauen im Bereich der KI zu fördern, durch größere Programme verstärken, die sich auf KI konzentrieren. Deutschland sollte weiterhin Bildungsinitiativen für junge Frauen fördern, um das Bewusstsein für Rollen und Wege im KI-Bereich zu schärfen, und anzuerkennen, dass ein Abschluss in Informatik keine Voraussetzung ist. Eine Erhöhung der Sichtbarkeit und Repräsentation weiblicher Führungskräfte im KI-Bereich würde dazu beitragen, gesellschaftliche Stereotype zu überwinden, ihnen Karrieremöglichkeiten eröffnen und Mädchen ermutigen, eine Karriere im KI-Bereich zu verfolgen. Ein frühzeitiges Engagement durch extracurriculare KI-Programme wie Bootcamps oder praktische Projekte kann Interesse, Vertrauen und Kompetenz fördern. Um Frauen zu unterstützen, die sich für eine Karriere im Bereich der KI entschieden haben, ist es wichtig, Mentor:innenprogramme zu entwickeln und gleiche Chancen am Arbeitsplatz zu gewährleisten, auch durch eine bessere Unterstützung bei der Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben.

Empfehlungen

Einführung agiler Finanzierungsmechanismen, die sich an die sich rasch verändernde Landschaft der KI-Forschung anpassen können

Förderprogramme für KI-Forschung sind stark zentralisiert und stützen sich oft auf ein langwieriges Verfahren zur Auswahl von Projekten für die Vergabe von Zuschüssen. Angesichts des Tempos der KI-Entwicklungen müssen Forscher:innen schnell und mit minimalem bürokratischem Aufwand finanzielle Unterstützung erhalten. Deutsche Programme könnten sich auf den Projektevaluierungsprozess der EU stützen, der als „Exzellenzsiegel“ betrachtet werden kann. Projekte, deren Bewertung über dem Schwellenwert liegt, die aber aus Haushaltsgründen nicht finanziert werden, können für eine finanzielle Unterstützung aus nationalen Quellen in Betracht gezogen werden, sofern sie von deutschen Einrichtungen durchgeführt werden.

Verstärkte Bemühungen um eine größere Beteiligung von Frauen und unterrepräsentierten Gesellschaftsgruppen an der F&E im KI-Bereich, sowie interministerielle Zusammenarbeit zur Lösung struktureller Probleme, die der ungleichen Teilhabe von Frauen am Arbeitsmarkt zugrunde liegen

Eine Erhöhung der Anzahl von Frauen in der KI-Entwicklung ist notwendig, um das Risiko von *Biases* und Diskriminierung in KI-Algorithmen zu verringern. Um die Zahl der qualifizierten Arbeitskräfte im KI-Bereich zu erhöhen, bedarf es mehr Frauen. Obwohl sich der *Gender Gap* in der KI-Forschung in Deutschland in den letzten Jahren verringert hat, sind Frauen im KI-Ökosystem, auch in Führungspositionen, immer noch unterrepräsentiert. Die derzeitigen Bemühungen, die Beteiligung von Frauen im KI-Bereich zu erhöhen,

gehen in die richtige Richtung und sollten fortgesetzt und ausgeweitet werden. Gleichzeitig sollten Ministerien-übergreifende Bemühungen auf umfassendere strukturelle Faktoren eingehen, die die Beteiligung von Frauen auf dem Arbeitsmarkt verringern, wie etwa die Verfügbarkeit von Kinderbetreuungseinrichtungen.

Literatur

BMBF (2023), *BMBF-Aktionsplan "Künstliche Intelligenz"*, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/kuenstliche-intelligenz/ki-aktionsplan.html (accessed on 30 November 2023). [11]

BMBF (2023), "MissionMINT – Wir stärken die Innovationskraft von Frauen im akademischen MINT-Bereich", Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/gleichstellung-und-vielfalt-im-wissenschaftssystem/mint-pakt/mint-pakt_node.html#:~:text=F%C3%B6rderrichtlinie%20%E2%80%9EMissionMINT%20%E2%80%93%20Frauen%20gestalten%20Zukunft%E2%80%9C&text=In%20den%20sensiblen%20Pha (accessed on 11 October 2023). [18]

BMFSFJ (2021), *Dritter Gleichstellungsbericht - Digitalisierung geschlechtergerecht gestalten*, Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/service/publikationen/dritter-gleichstellungsbericht-184546 (accessed on 11 October 2023). [22]

DFKI (2023), *Netzwerk der Deutschen Kompetenzzentren für Forschung zu Künstlicher Intelligenz*, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, https://www.dfki.de/web/qualifizierung-vernetzung/netzwerke-initiativen/ki-kompetenzzentren (accessed on 12 October 2023). [7]

Die Bundesregierung (2020), *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung - Fortschreibung 2020*, https://www.ki-strategie-deutschland.de/files/downloads/201201_Fortschreibung_KI-Strategie.pdf (accessed on 11 October 2023). [1]

EC (2021), *She Figures 2021: Gender in Research and Innovation - Statistics and Indicators*, Directorate-General for Research and Innovation, European Commission, https://doi.org/10.2777/06090. [20]

Förderberatung des Bundes (2024), *Förderfinder des Bundes*, Federal Funding Advisory Service, https://www.foerderinfo.bund.de/SiteGlobals/Forms/foerderinfo/bekanntmachungen/Bekanntmachungen_Formular.html?cl2Categories_Foerderer=bund (accessed on 29 January 2024). [9]

Gallego, A. et al. (2019), "How AI could help - or hinder - women in the workforce", https://www.bcg.com/publications/2019/artificial-intelligence-ai-help-hinder-women-workforce (accessed on 11 December 2023). [14]

Humboldt Foundation (2023), *Sieben Empfehlungen zur Künstlichen Intelligenz (KI) an die Deutsche Bundesregierung*, https://www.humboldt-foundation.de/fileadmin/Bewerben/Programme/Alexander-von-Humboldt-Professur/Positionspapier_zur_Kuenstlichen_Intelligenz_Recommendations_on_AI.pdf (accessed on 2023 October 2023). [10]

Leavy, S. (2018), "Gender bias in artificial intelligence: The need for diversity and gender theory in machine learning", Conference paper, https://www.researchgate.net/profile/Susan-Leavy-4/publication/326048883_Gender_bias_in_artificial_intelligence_the_need_for_diversity_and_gender_theory_in_machine_learning/links/5bce138aa6fdcc204a001d87/Gender-bias-in-artificial-intelligence-the-need-for. [12]

Nadeem, A., B. Abedin and O. Marjanovic (2020), "Gender bias in AI: A review of contributing factors and mitigating strategies", *ACIS 2020 Proceedings*, https://aisel.aisnet.org/acis2020/27. [13]

OECD (2023), *Education at a Glance 2023: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/e13bef63-en. [17]

OECD (2023), *OECD Economic Surveys: Germany 2023*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9642a3f5-en. [23]

OECD (2017), *The Pursuit of Gender Equality: An Uphill Battle*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264281318-en. [16]

OECD.AI (2023), *AI Research Publication Time Series by Institution*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=ai-publication-time-series-by-institution (accessed on 12 October 2023). [2]

OECD.AI (2023), *AI Research Publications Time Series by Country [Zeitreihe von KI-Forschungspublikationen nach Ländern]*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=ai-publications-time-series-by-country (accessed on 11 December 2023). [3]

OECD.AI (2023), *Domestic and International Collaboration in AI Research Publications*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=domestic-and-international-collaboration-in-ai-publications (accessed on 5 November 2023). [8]

OECD.AI (2023), *Domestic and International Collaboration in AI Research Publications [Nationale und internationale Zusammenarbeit bei KI-Forschungspublikationen]*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=domestic-and-international-collaboration-in-ai-publications (accessed on 5 November 2023). [25]

OECD.AI (2023), *Share of Women in AI Scientific Publications by Country [Frauenanteil bei wissenschaftlichen KI Publikationen nach Ländern]*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=share-of-women-in-scientific-publications-by-country-2 (accessed on 5 January 2023). [15]

OECD.AI (2023), *Top Countries by AI Research Application Area*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=top-countries-by-ai-subtopic (accessed on 12 October 2023). [4]

OECD.AI (2023), *Top Policy Areas in AI Publications by Country*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=top-policy-areas-in-ai-publications-by-country (accessed on 11 December 2023). [6]

OECD.AI (2023), *Trends in AI Application Areas by Country [Trends in KI Anwendungsbereichen nach Ländern]*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research&selectedVisualization=trends-in-ai-application-areas-by-country (accessed on 12 October 2023). [5]

Stadler, B. et al. (2023), *The "PARENT" Initiative: PArents in REsearch aNd Technology*, https://doi.org/10.34726/4822. [21]

Statistisches Bundesamt (2023), "6,5 % weniger Studienanfängerinnen und -anfänger in MINT-Fächern im Studienjahr 2021", https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/01/PD23_N004_213.html#:~:text=Frauen%20entscheiden%20sich%20nach%20wie,2021%20bereits%2034%2C5%20%25. (accessed on 15 November 2023). [19]

Süddeutsche Zeitung (2023), "Eltern nach Kürzungen der Kita-Öffnungszeiten besorgt", https://www.sueddeutsche.de/leben/kindergaerten-tuebingen-eltern-nach-kuerzungen-der-kita-oeffnungszeiten-besorgt-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-230211-99-559092 (accessed on 19 October 2023). [24]

Endnote

[1] Globale Rankings werden auf der Grundlage der kumulativen Anzahl der Zitierungen von KI-Forschungspublikationen im Anwendungsgebiet von 2000 bis 2023 auf der Grundlage von Daten des OECD.AI Policy Observatory berechnet (OECD.AI, 2023[4]).

4 KI-Transfer, -Anwendungen und -Recheninfrastruktur

Dieses Kapitel untersucht den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) in der deutschen Wirtschaft, die Hindernisse für eine weitere Verbreitung sowie die KI-Recheninfrastruktur. Deutschland treibt seine KI-Fähigkeiten durch die Modernisierung seiner KI-Infrastruktur voran. Außerdem florieren vor allem diejenigen deutschen Unternehmen, die eine solide Grundlage in der akademischen Forschung aufweisen. Die Einführung von KI in deutschen Unternehmen verläuft im Allgemeinen allerdings nur langsam, wenngleich zunehmend, und steht vor einigen Herausforderungen, wie z. B. Fachkräftemangel, begrenztes Bewusstsein für potenzielle KI-Anwendungsfälle, regulatorische Unsicherheiten und schleppende Digitalisierung. Eine Reihe von Maßnahmen könnte die Diffusion von KI in Deutschland unterstützen, darunter die Schaffung von Vertrauen in die Implementierung von KI-Lösungen durch klare regulatorische Vorgaben, die Verbesserung des Zugangs zu offenen und industriellen Datensätzen, die Nutzung verschiedener Kanäle zur Erhöhung der Verfügbarkeit von Risikokapital und die Vereinfachung von Beschaffungsverfahren. Die Bewertung des aktuellen und zukünftigen KI-Rechenangebots und -bedarfs in Deutschland und die gleichzeitige Erleichterung des Zugangs zu den vorhandenen Kapazitäten für KI-Start-ups und kleine- und mittelständische Unternehmen (KMU) würden ferner dazu beitragen, fundierte Investitionsentscheidungen zu treffen und eine inklusive Infrastruktur für das KI-Ökosystem in Deutschland zu fördern.

Für eine effektive und breite Nutzung von KI müssen Forschungsergebnisse und Anwendungen mit Potenzial für die reale Welt nahtlos aus der Wissenschaft in den privaten Sektor übertragen werden und dort weiterentwickelt und vermarktet werden. Dies macht deutlich, wie wichtig es ist, die Kluft zwischen wissenschaftlichen Erkenntnissen und gewerblichen Anwendungen zum Nutzen der Wirtschaft insgesamt zu überbrücken. Die Verbreitung von KI in Unternehmen wird durch die Komplexität der Integration neuer Technologien in bestehende Arbeitsabläufe und die Anpassung von Organisationsstrukturen zur Ausschöpfung ihres vollen Potenzials erschwert. Die Bundesregierung ergreift in ihrer nationalen KI-Strategie 2018 und deren Fortschreibung 2020 gezielte Maßnahmen, um den Transfer zu stärken, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und europäischen Wirtschaft aufrechtzuerhalten und durch den breiten Einsatz innovativer Technologien auszuweiten (Die Bundesregierung, 2020[1]).

Kasten 4.1. Transfer und Anwendungen: Ergebnisse und Empfehlungen

Transfer zu KMU und Start-ups

Ergebnisse

- Während der Einsatz von KI in Deutschland bislang nur mäßig an Fahrt aufnimmt, haben Faktoren wie der zunehmende Arbeitskräftemangel und der rasante technische Fortschritt (insbesondere im Hinblick auf die Generative KI und ihr produktivitätssteigerndes Potenzial) ein erhöhtes Interesse an KI ausgelöst. Jüngste Daten deuten darauf hin, dass sich Deutschland an einem Wendepunkt bei der Einführung von KI befinden könnte.
- Eine breitere Verbreitung von KI in Unternehmen wird durch schleppende Digitalisierung, unzureichende Konnektivität und ein geringes Verständnis für die möglichen Vorteile von KI behindert. Unternehmen verfügen nicht über die Datenströme, um KI-Anwendungen zu trainieren, zu testen und einzuführen. Unsicherheit über die Einhaltung von Vorschriften für personenbezogene Daten und Bedenken in Bezug auf Geschäftsgeheimnisse halten die Unternehmen zudem davon ab, in KI-Lösungen zu investieren. Ein weiteres Hindernis stellt der Mangel an ausgebildetem Personal dar, das KI-Lösungen identifiziert, entwickelt und wartet. Da erfolgreiche Fälle kaum bekannt sind, können KMU ihre Rendite aus KI-Investitionen nur schwer schätzen.
- Deutschland unterstützt die Verbreitung von KI in Unternehmen durch mehrere Programme und verschiedene Instrumente, darunter Zuschüsse, Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten, Beratungsleistungen, Sensibilisierungsformate/-veranstaltungen und Schulungen.
- Die Zahl der aktiven KI-Start-ups in Deutschland ist in den vergangenen 15 Jahren deutlich gestiegen. Der hohe Anteil von KI-Start-ups, die Ausgründungen von Hochschulen sind, unterstreicht die starke Beziehung zwischen KI-Start-ups und der Wissenschaft. Die Transfereinheiten an den Hochschulen sind jedoch unterbesetzt und Publikationen sind nach wie vor die wichtigsten Leistungsindikatoren.
- Der Betrag an in deutsche KI-Start-ups investiertem Wagniskapital ist seit 2018 gestiegen, bleibt aber nach wie vor geringer als in den USA, China, dem Vereinigten Königreich, Indien und Israel. Während öffentliche Unterstützung in den Anfangsphasen zur Verfügung steht - insbesondere durch das EXIST-Programm -, haben KI-Start-ups keinen Zugang zu Finanzmitteln für die nachfolgenden Wachstumsphasen, die auch als „Tal des Todes“ bezeichnet werden.

Empfehlungen

- Verbesserung der Visibilität von Programmen zur Unterstützung von KI-Anwendungen durch KMU.
- Ausarbeitung von Datenschutzleitlinien und von Bestimmungen für als Geschäftsgeheimnisse eingestufte Daten.
- Erleichterung des Zugangs zu hochwertigen Daten für KMU durch Erhöhung der Verfügbarkeit offener Verwaltungsdaten sowie durch Unterstützung von Unternehmen bei der Verbesserung ihrer Datenreife.
- Überarbeitung von Steueranreizen, Stärkung von Forschungs- und Entwicklungszuschüssen und Erwägung zusätzlicher finanzieller Unterstützung (z. B. kleinere Gutscheine für die Umsetzung Generativer KI-Lösungen), um die KI-Einführung in KMU zu fördern.
- Verbesserung des Zugangs zu Finanzmitteln für KI-Start-ups.
- Überarbeitung und Vereinfachung der Beschaffungsverfahren, um sicherzustellen, dass Start-ups und etablierte Unternehmen die gleichen Chancen haben.

KI-Infrastruktur

Ergebnisse

- Deutschland nimmt eine führende Position bei der Recheninfrastruktur für Forschung und Wissenschaft ein, die in den drei nationalen Zentren des *Gauss Centre for Supercomputing* verankert ist.
- Auch wenn Partner:innen aus der Privatwirtschaft (Start-ups, KMU, Großunternehmen) die Systeme des *Gauss Centre* für einige Projekte allein oder als Teil von Forschungskonsortien nutzen können, werden die Systeme in erster Linie für vorkommerzielle Forschungszwecke eingesetzt.
- Die Vision für Gaia-X besteht darin, einen dezentralen und interoperablen Datenaustausch für Geschäfts- und Forschungspartner:innen zu etablieren, um Daten und Zugangsdienste in großem Maßstab zu teilen.
- Obwohl die Bundesregierung relevante KI-Projekte im Rahmen von Gaia-X fördert und der deutsche Gaia-X Hub aktiv ist, ist er nur wenig bekannt und hat nur wenige Verbindungen zum deutschen KI-Ökosystem. Informationen über die Arten von Datensätzen und Nutzer:innen in Bezug auf KI werden nicht erfasst, was eine Lücke bei den KPIs aufzeigt, die für die KI-Politik hilfreich sein könnten.
- Viele Befragte haben auf einen Fachkräftemangel für den effizienten und effektiven Betrieb der KI-Infrastruktur hingewiesen. Einige gaben an, dass der Zugang zu qualifizierten Arbeitskräften mit dem Zugang zu Rechenzeit einhergehen muss.
- Eine Fortschreibung der KI-Strategie könnte einen KI-Recheninfrastrukturplan beinhalten, der auf den KI-Bedarf und die KI-Bereitschaft verschiedener Akteur:innen in Deutschland, wie Privatwirtschaft, öffentlicher Sektor, KMU, Start-ups, Forscher:innen und andere, eingeht.

Empfehlungen

- Beurteilung der aktuellen und zukünftigen Landschaft der KI-Recheninfrastruktur, um bestehende Kapazitäten und potenzielle Lücken in Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen der Interessenträger:innen zu ermitteln.

- Zuweisung eines Teils der KI-Recheninfrastruktur für Start-ups und KMU mit einem vereinfachten Antragsverfahren und weniger administrativen Hürden.
- Erweiterung der Unterstützungsleistungen um Zeit für Rechenressourcen, technische Unterstützung und Beratung zur effektiven und effizienten Nutzung der KI-Recheninfrastruktur.
- Entwicklung eines speziellen Programms, das Know-how und Schulungen für die effektive und effiziente Nutzung der KI-Recheninfrastruktur bietet.
- Beteiligung an Aktivitäten, um das Bewusstsein für Gaia-X im KI-Ökosystem zu erhöhen.
- Durchführung einer Bewertung der Gaia-X-Datensätze, die für KI besonders wertvoll sind, und entsprechende Kennzeichnung dieser Datensätze.

Verbreitung von KI in Unternehmen

Während größere Unternehmen bei der KI-Integration vorne liegen, nehmen das Interesse und die Nutzung bei KMU langsam zu, wie jüngste Umfragen zeigen. Dies ist teilweise auf Faktoren wie Arbeitskräftemangel und Generative KI zurückzuführen. In Schlüsselsektoren wie Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und wissensintensiven Dienstleistungen wurde KI bereits in signifikantem Umfang eingeführt. Zu den Herausforderungen für Unternehmen zählen Kompetenzmangel, Datenschutzbedenken, geringe Digitalisierung und ein begrenztes Bewusstsein für KI-Anwendungsfälle. Die Bundesregierung fördert die Einführung von KI durch finanzielle Unterstützung, die sowohl auf den Forschungstransfer als auch auf die praktische Umsetzung in KMU abzielt, Bildungsinitiativen und die Schaffung von Plattformen zum Datenaustausch.

Deutsche Firmen gehen bei der Einführung von KI-Lösungen vorsichtig vor, wobei einige in ihren Branchen führend sind

Nach den neuesten vergleichbaren Daten auf EU-Ebene nutzten 2023 12 % der deutschen Unternehmen mindestens ein KI-System (Abbildung 4.1). Dieser Wert stellt einen Anstieg gegenüber dem Stand von 2021 (10,6 %) dar und lag über dem EU-Durchschnitt (8 %). Mehr als ein Drittel der deutschen Großunternehmen nutzte KI, wobei die Nutzungsquote bei kleinen Unternehmen bei 10 % und bei mittleren Unternehmen bei 16 % lag. Diese Werte entsprachen zwar dem EU-Durchschnitt, waren aber niedriger als die entsprechenden Werte der EU-Länder, die bei der Einführung künstlicher Intelligenz an der Spitze stehen. Dies gilt auch für Großunternehmen. Die deutschen Unternehmen lagen in allen Branchen über dem EU-Durchschnitt, wobei allerdings erhebliche Unterschiede bei der Einführung der KI zu verzeichnen waren (Abbildung 4.2).

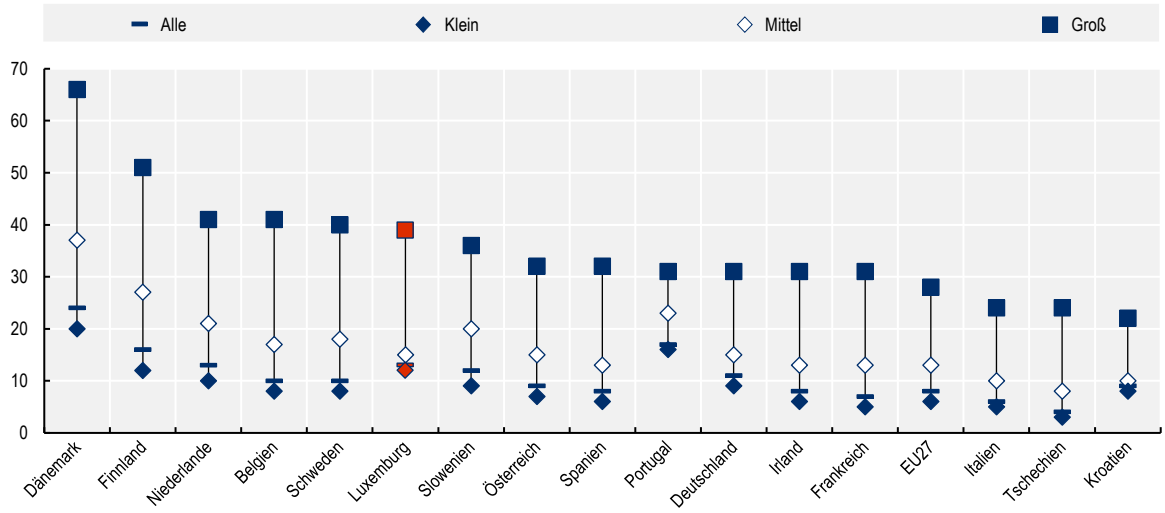
Jüngste Daten aus nationalen Umfragen zeigen auch eine Zunahme der Nutzung von KI-Lösungen und des Interesses daran in Deutschland. Im Juni 2023 nutzten bereits 13,3 % der befragten Unternehmen KI, 9,2 % beabsichtigten dies (ifo, 2023[2]). Darüber hinaus haben 36,7 % Gespräche über potenzielle KI-Anwendungsfälle geführt (Abbildung 4.3, Schaubild A). Eine zweite nationale Umfrage ergab eine ähnliche Gesamteinführungsquote von KI-Anwendungen über alle Unternehmen hinweg von 14 %, während 23 % Pläne für eine künftige Einführung angaben (Abbildung 4.3, Schaubild B) (DIHK, 2023[3]). Eine dritte nationale Umfrage ergab, dass 15 % der deutschen Unternehmen KI nutzen, was einen Anstieg um 6 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr darstellt (bitkom, 2023[4]). Die Einführungsquoten nach Branchen unterschieden sich von denen aus der EU-Umfrage, insbesondere was die relative Nutzung im verarbeitenden Gewerbe anbelangt. Es ist jedoch hervorzuheben, dass den beiden hier genannten nationalen Erhebungen detaillierte Informationen auf Unternehmensebene fehlen, etwa ob KI zur Verbesserung interner Prozesse, zur Verbesserung der Kundenbeziehungen oder zur Entwicklung neuer

Produkte und Dienstleistungen eingesetzt wird. Auch gibt es keine Aufschlüsselung der KI-Nutzung nach Unternehmensgröße.

Vergleiche mit Nicht-EU-Ländern sind aufgrund von Unterschieden in der Fragestellung und der Abdeckung problematisch (Montagnier and Ek, 2021[5]). Neueste Erkenntnisse aus dem *Business Trends and Outlook Survey* (BTOS) liefern jedoch einige Erkenntnisse für die Vereinigten Staaten. Im Jahr 2023 nutzten nur 3,9 % der US-Unternehmen KI, um Waren herzustellen und Dienstleistungen zu erbringen. Der Informationssektor nutzte KI mit 13,8 % am meisten. Weitere 6,5 % und 22 % der Unternehmen berichteten über Pläne für eine Einführung innerhalb der nächsten sechs Monate (US Census Bureau, 2023[6]). Diese Daten beziehen sich auf den Einsatz künstlicher Intelligenz zur *Entwicklung* neuer Produkte und Waren, während neuere Daten über den breiteren *Einsatz* und die Nutzung aufgeschlüsselt nach Wirtschaftssektoren fehlen. McElheran u. a. (2023[7]) stellten eine geringe durchschnittliche Verbreitung bei US-Unternehmen (6 %) fest, wenn auch eine höhere Konzentration in bestimmten Sektoren und einer geringeren Anzahl sehr großer Unternehmen (über 5.000 Beschäftigte). Gewichtet nach Arbeitsplätzen lag die durchschnittliche Nutzung in US-Unternehmen etwas über 18 %. Die Analyse stützt sich jedoch auf Daten aus der *Annual Business Survey 2018* (ABS), und die aktuellen Quoten dürften, insbesondere angesichts der jüngsten Entwicklungen im Bereich der KI, höher sein.

Abbildung 4.1. Deutsche Unternehmen liegen bei der Einführung von KI in Unternehmen über dem EU-Durchschnitt, aber hinter den EU-Spitzenreitern

In Prozent der Unternehmen mit zehn oder mehr Beschäftigten, 2023



Hinweis: Die EU-Spitzenreiter sind die fünf Länder mit dem höchsten KI-Einsatz – einfacher Durchschnitt.
Quelle: Eurostat (2023[8]), *Digital Economy and Society Database*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/science?lang=en&subtheme=isoc&display=list&sort=category (zugegriffen am 16 October 2023).

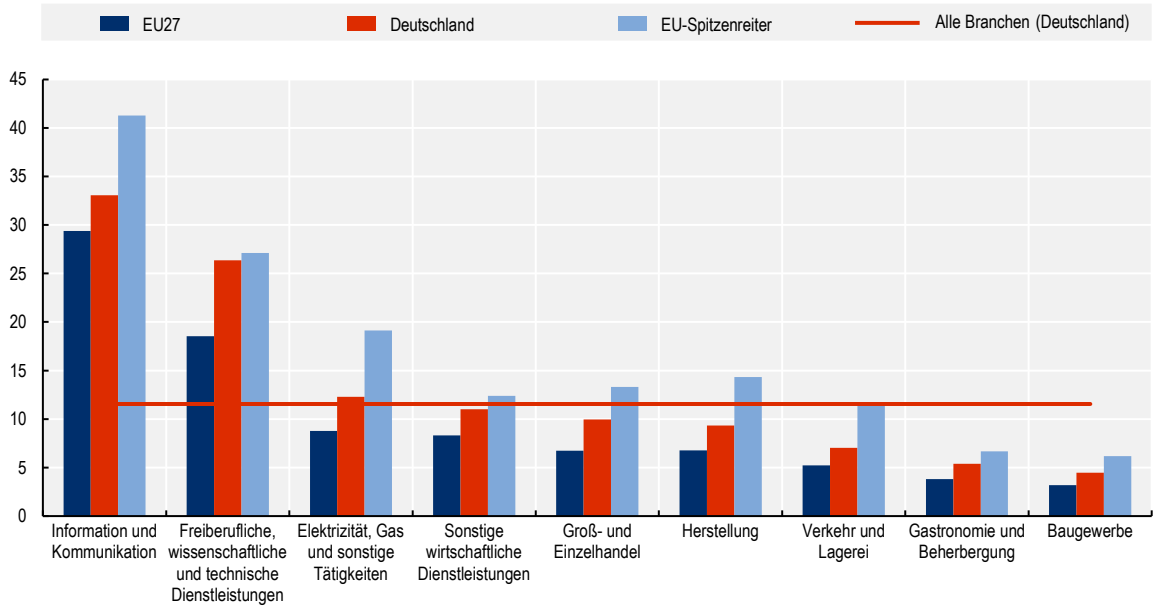
Die branchenübergreifende Einführung von KI wird durch die KI-bezogenen Aktivitäten großer deutscher Unternehmen veranschaulicht. 2017 hat Siemens ein KI-Labor mit derzeit 250 Forscher:innen eröffnet. KI war 2022 einer der elf zentralen technologischen Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte von Siemens (Siemens, 2023[9]). Darüber hinaus gab das Unternehmen für 2023 eine Erhöhung der Forschung und Entwicklung in Bezug auf KI und das industrielle Metaverse um rund 0,5 Mrd. EUR bekannt (Siemens, 2023[10]). Auch Bosch richtete 2017 ein KI-Zentrum (das Bosch Center for Artificial Intelligence, BCAI) ein, um innovative KI-Technologien zu entwickeln. SAP hat 2016 ebenfalls ein zentrales KI-Team eingerichtet. Einige der Produktionswerke von Siemens, Bosch und BMW gehören zum *Global Lighthouse Network* des

Weltwirtschaftsforums mit den fortschrittlichsten Produktionsstätten der Industrie 4.0 weltweit (WEF, 2023[11]).

Deutsche Unternehmen belegten 2019 im Automobilsektor den dritten Platz unter den Vergleichsländern beim Einsatz von KI in großem Maßstab (Capgemini, 2019[12]). KI wird in dieser Branche hauptsächlich für i) Design- und Anpassungszwecke zur Beschleunigung der Umsetzung von Ideen und zur Reduktion von Innovationszyklen, ii) die Optimierung der Entwicklung autonomer Fahrzeuge und iii) die Entwicklung von Fahr- und Kundenassistenten wirksam genutzt (Capgemini, 2023[13]).

Abbildung 4.2. Unternehmen in IKT und wissensintensiven Branchen sind führend bei der Nutzung von KI

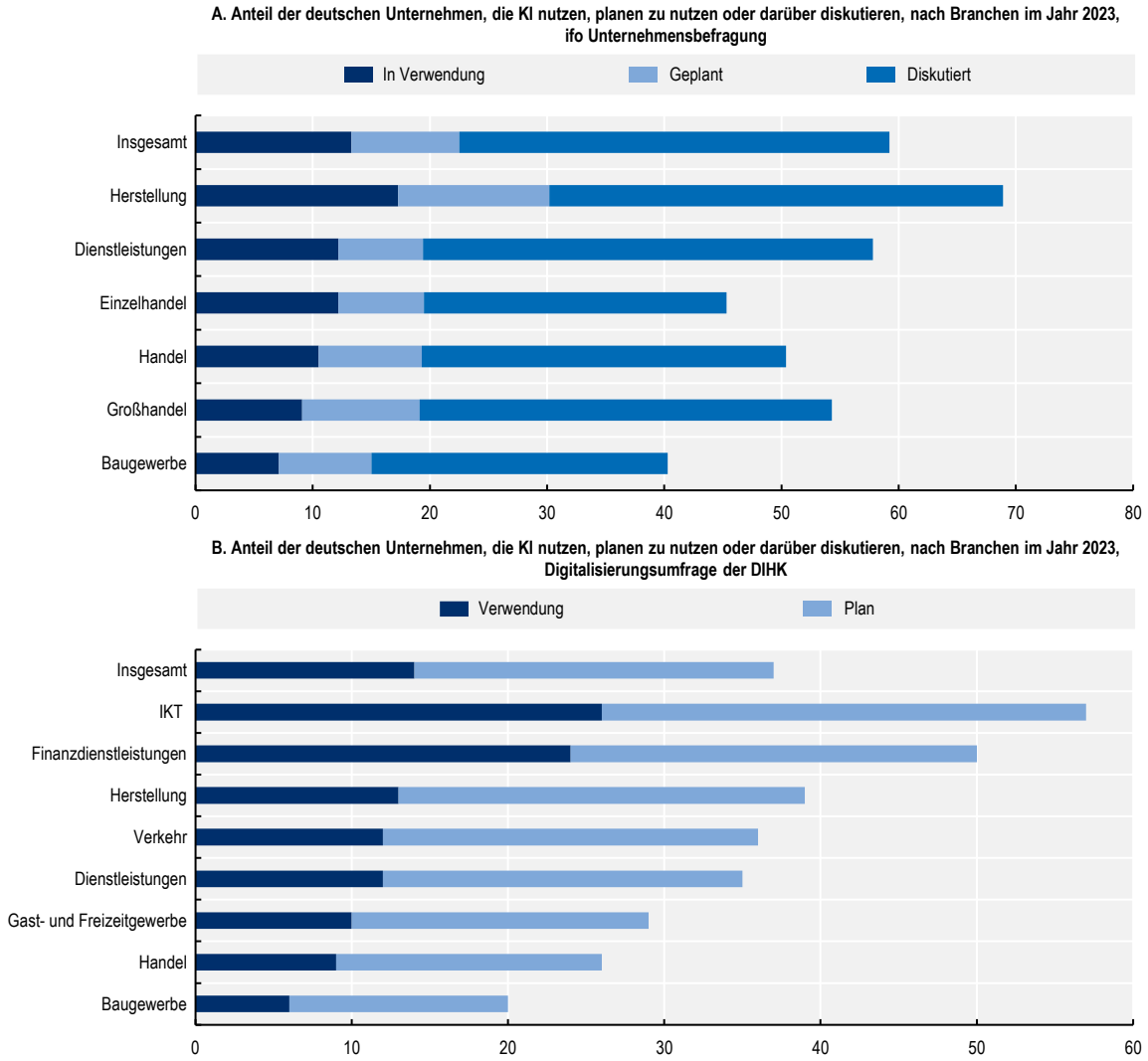
In Prozent der Unternehmen mit zehn oder mehr Beschäftigten, 2023



Hinweis: Die EU-Spitzenreiter sind die fünf Länder mit dem höchsten KI-Einsatz – einfacher Durchschnitt.
Quelle: Eurostat (2023[8]), *Digital Economy and Society Database*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/science?lang=en&subtheme=isoc&display=list&sort=category (zugegriffen am 16 October 2023).

Mercedes-Benz erhielt als erster Automobilhersteller von der US-Regierung die Zulassung für eine autonome Fahrfunktion nach SAE-Level 3. Das Unternehmen ließ seine *Drive-Pilot*-Funktion in Nevada zertifizieren, sodass das Auto alle Fahraufgaben erledigen kann, wobei der:die Fahrer:in allerdings jederzeit bereit sein muss, die Kontrolle zu übernehmen (The Verge, 2023[14]). Der Volkswagen-Konzern nutzt bei seiner Tochtermarke Audi auch die Software FelGAN als Designinspiration. Diese Eigenentwicklung der unternehmensinternen IT-Abteilung und Audi Design schlägt fotorealistische Designs vor oder kombiniert bestehende Designs gezielt neu. In der Produktion wird KI eingesetzt, um Anomalien durch Schall oder bestimmte Muster zu entdecken und fehlerhafte Teile zu erkennen. Maschinelles Lernen und digitale Kopien von Modellen, sogenannte digitale Zwillinge, tragen dazu bei, die Produktion energie- und kosteneffizienter zu gestalten.

Abbildung 4.3. Jüngste nationale Umfragen zeigen eine verstärkte Nutzung und ein gesteigertes Interesse deutscher Unternehmen im Hinblick auf KI



Hinweise: Schaubild A: Das ifo Institut hat im Rahmen der ifo-Konjunkturumfrage für Juni 2023 im Auftrag des Hanseatic Blockchain Institute e.V. nach Einstellungen zur KI gefragt. Die ifo-Konjunkturumfrage basiert auf rund 9.000 monatlichen Antworten von Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe, dem Dienstleistungssektor, dem Handel und dem Baugewerbe (ifo, 2023[2]). Schaubild B: Die Deutsche Industrie und Handelskammer (DIHK) stellte im Rahmen ihrer Digitalisierungsumfrage 2022/2023 die Frage zur Anwendung von KI nach Branchen. Die Analyse stützt sich auf die Antworten von 4.073 Unternehmen aus acht verschiedenen Wirtschaftssektoren.
Quellen: Schaubild A: ifo Institute (2023[2]), "13,3 % der Unternehmen in Deutschland nutzen Künstliche Intelligenz", https://www.ifo.de/fakten/2023-08-02/unternehmen-deutschland-nutzen kuenstliche-intelligenz (zugegriffen am 16 October 2023); Schaubild B: DIHK (2023[3]), *Digitale Innovationen, Technologien und Produkte*, https://www.dihk.de/de/themen-und-positionen/wirtschaft-digital/digitalisierung/digitalisierungsumfrage-2023 (zugegriffen am 24 October 2023).

Generative KI kann die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen erhöhen

Der vermehrte Einsatz und das gestiegene Interesse an KI-Lösungen ist offenbar vom Aufkommen Generativer KI beeinflusst (ifo, 2023[2]). Der Arbeitskräftemangel hat Unternehmen auch gezwungen, nach die Kosten senkenden und die Prozesseffizienz steigernden Lösungen zu suchen. Dies steht im Einklang mit Ergebnissen, die zeigen, dass Arbeitgeber:innen in Deutschland mit größerer Wahrscheinlichkeit Kompetenzmangel als Grund für die Einführung von KI im Fertigungs- und im Finanzsektor angeben als

Arbeitgeber:innen in anderen OECD-Ländern (Österreich, Kanada, Frankreich, Irland, Vereinigtes Königreich und Vereinigte Staaten) und dass die Verbesserung der Arbeitsleistung und der Kosteneffizienz bei deutschen Arbeitgebern sogar noch häufigere Gründe für die Einführung von KI sind (Lane, Williams and Broecke, 2023[15]).

Der Zusammenhang zwischen KI-Einsatz und Unternehmensproduktivität wird noch untersucht, da die vorhandene Literatur nicht eindeutig ist (Calvino and Fontanelli, 2023[16]). Empirische Belege deuten jedoch auf positive und signifikante Auswirkungen auf die Produktivität für Deutschland hin. Eine Studie ergab, dass der Einsatz von KI bei deutschen Unternehmen 2019 rund 6 % zu den gesamten jährlichen Kosteneinsparungen für die deutsche Wirtschaft beitrug (Rammer, Fernandez and Czarnitzki, 2022[17]). Die Studie stellte außerdem fest, dass die Einführung künstlicher Intelligenz das jährliche Wachstum der Mitarbeiterproduktivität innerhalb des Unternehmens steigert. Calvino und Fontanelli (2023[16]) stellten bei einer Stichprobe deutscher KI-Nutzer:innen mit Online-Präsenz ebenfalls positive und signifikante Auswirkungen von KI auf die Produktivität fest.

Jüngste Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass die Einführung generativer KI in verschiedenen Branchen zu erheblichen Produktivitätszuwächsen führen könnte. Schätzungen reichen von 0,1 bis 0,6 Prozent jährlich über die nächsten zehn bis zwanzig Jahre (McKinsey Global Institute, 2023[18]) und bis zu 1,4 Prozent über einen Zeitraum von zehn Jahren (Briggs and Kodnani, 2023[19]). Die Nutzung von ChatGPT durch die Arbeitnehmer:innen war auch mit einer Erhöhung des Firmenwerts (Eisfeldt et al., 2023[20]) und des Umsatzwachstums bei KMU (Soni, 2023[21]) verbunden.

Verschiedene Studien haben die Produktivitätseffekte Generativer KI-Tools in experimentellen Umgebungen untersucht. Dell'Acqua u. a. (2023[22]) haben festgestellt, dass der Einsatz generativer KI die Leistung hoch qualifizierter Arbeitskräfte, insbesondere von Berater:innen, im Vergleich zu denen, die sie nicht nutzen, um bis zu 40 % verbessern kann. Bei Aufgaben, die über die aktuellen Fähigkeiten von KI hinausgehen, war es jedoch 19 % weniger wahrscheinlich, dass KI verwendende Berater:innen richtige Lösungen erzielen. Bei der Programmierung erledigten Entwickler:innen mit *GitHub Copilot* – einem KI-Programmierassistenten, der relevanten Code und Funktionen bereitstellt – Aufgaben 55,8 % schneller als ohne das Tool (Peng, Kalliamvakou and Cihon, 2023[23]). Weniger erfahrene oder ältere Programmierer:innen und diejenigen mit langen Arbeitszeiten profitierten am meisten von der Verwendung des KI-Tools. In gleicher Weise stellten (Brynjolfsson, Li and Ray, 2023[24]) fest, dass Call-Center-Agent:innen mit Zugang zu einem Gesprächsassistenten einen Produktivitätsschub von 14 % verzeichneten. Laut (Noy and Zhang, 2023[25]) wurden die größten Zuwächse bei neuen oder geringqualifizierten Arbeitskräften beobachtet. Die Forschung zu den Arbeitsmarkteffekten generativer KI ist jedoch noch relativ jung, und weitere von Expert:innen begutachtete Forschung ist erforderlich, um endgültige Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Generative KI bietet eine breite Palette möglicher Anwendungen auf Unternehmensebene. Potenzielle Anwendungsfälle mit dem höchsten geschätzten Wert sind Software-Engineering, Kundenbeziehungen, Marketing und Vertrieb sowie Forschung und Entwicklung (McKinsey Global Institute, 2023[18]). In KMU kann die Nutzung vielfältig sein, von der Erstellung von Inhalten und der Automatisierung von Büroarbeiten bis hin zu Prototyping und Kundensupport und Interaktion (Tabelle 4.1).

Generative KI kann auch in der Robotik eingesetzt werden, wo große Sprachmodelle (LLMs) die Roboterintelligenz verbessern, die Interaktion zwischen Mensch und Roboter begünstigen und die Autonomie erhöhen können (Zenga et al., 2023[26]). Robotik kann auch mit Bild-, Audio- und Videogenerierungsmodellen kombiniert werden, um fortschrittliche Systeme mit multimodalen Fähigkeiten zu entwickeln, die diese Funktionen kombinieren (Lorenz, Perset and Berryhill, 2023[27]). Mit 397 Industrierobotern pro 10.000 Beschäftigten im Jahr 2021 hat die deutsche Fertigungsindustrie die höchste Roboterdichte pro Mitarbeiter:in (The Robot Report, 2022[28]). Deutschland gehört mit einem Marktanteil von 36 % innerhalb der EU zu den fünf größten Nutzern weltweit (IFR, 2023[29]). Deutschland ist gut positioniert, um die Chancen von LLMs zu nutzen, die Leistungsfähigkeit von Robotern weiter zu

verbessern und in der Intelligenzrobotik eine führende Rolle zu übernehmen. Ziel des Aktionsplans Robotikforschung, den das BMBF im November 2023 gestartet hat (BMBF, 2023[30]), ist es, die Position Deutschlands in der KI-basierten Robotik zu stärken, unter anderem durch den Aufbau eines „*Robotics Institute Germany*".

Große deutsche Unternehmen erkunden zunehmend potenzielle Anwendungen generativer KI in ihren Produkten. Siemens ist vor Kurzem eine Partnerschaft mit Microsoft eingegangen, um die Codegenerierung für die Automatisierung in der Industrie mithilfe von ChatGPT zu beschleunigen (Siemens, 2023[10]). Die Unternehmenssoftwarefirma SAP hat in drei Unternehmen für generative KI in Deutschland (Aleph Alpha) und im Ausland (Anthropic in den USA und Cohere, ein US-amerikanisch-kanadisches Unternehmen) investiert. BMW hat sich mit Zapata und dem *Center for Quantum Engineering* des MIT zusammengetan, um die Herausforderung der Optimierung seiner Anlagenplanung mit Techniken generativer KI anzugehen (Markets and Markets, 2023[31]). Mercedes-Benz testet derzeit in den USA ein GPT-basiertes Sprachsteuerungssystem in seinen Fahrzeugen. Der Assistent soll Informationen über die Zielorte bereitstellen oder wissensbasierte Fragen beantworten. Basierend auf den Ergebnissen dieses Betatests wird Mercedes prüfen, ob in Zukunft ein großes Sprachmodell für das „dialogische Kommunizieren" in seinen Fahrzeugen angeboten werden soll (Handelsblatt, 2023[32]).

Die im Rahmen dieser Studie konsultierten Akteur:innen haben festgestellt, dass die Unternehmen trotz des wachsenden Interesses die spezifischen Anwendungen generativer KI in ihrem Betrieb noch nicht vollständig verstehen. Darüber hinaus befinden sich Anwendungen generativer KI im industriellen Umfeld (z. B. für prädiktive Wartung) noch im Forschungsstadium. Es wurde jedoch weithin anerkannt, dass die Verfügbarkeit standardisierter KI-Lösungen, einschließlich generativer KI, die Integration in den Geschäftsbetrieb erleichtern wird. Dies könnte insbesondere bei KMU zu einer hohen Einführungsquote führen. Insbesondere Branchen wie Einzelhandel und Gewerbe setzen KI wirksam ein, um die Marketinganstrengungen zu verbessern, während sich der Sektor für professionelle Aktivitäten auf die Automatisierung von Produktionsprozessen konzentriert (Eurostat, 2023[8]). Folglich liegen hier potenzielle Anwendungsfälle generativer KI für diese spezifischen Zwecke.

Tabelle 4.1. Anwendungen von Generativer KI in KMU

Anwendungsfall	Beschreibung
Inhaltserstellung	Marketinginhalte: Generierung von Text für Anzeigen, soziale Medien und Kampagnen, Blogging und Suchmaschinenoptimierung
Personalisierte Kundenkommunikation	Generieren von personalisierten E-Mails und Inhalten auf der Grundlage von Kundendaten
Kundensupport	Bereitstellung von First-Level-Support durch KI-Chatbots
Produktdesign und -entwicklung	Erstellung neuer oder Änderung vorhandener Produktdesigns
Grafikdesign	Gestaltung von Logos, Marketingmaterialien und anderen Materialien
Prototyping und 3D-Modellierung	Unterstützung bei der Erstellung von Designs für schnelle Iteration und Prüfung
Automatisierung von Schreibarbeiten und Berichten	Entwerfen von Berichten, Erstellung von Rechnungen und Bearbeitung von Routine-Schreibarbeiten
Sprachübersetzung	Übersetzung von Inhalten in mehrere Sprachen

Quelle: Soni, V. (2023[21]), "Impact of generative AI on small and medium enterprises' revenue growth: The moderating role of human, technological, and market factors", https://researchberg.com/index.php/rcba/article/view/169.

Die Befragten haben auch darauf hingewiesen, dass die derzeit auf dem Markt befindlichen großen Sprachmodelle nur in geringem Umfang mit deutschen Texten trainiert wurden, was zu ungenaueren Ergebnissen führt. Die begrenzte Verfügbarkeit offener Daten für das Trainieren deutscher LLMs wurde als aktuelle Einschränkung identifiziert, verbunden mit dem Bedarf an erheblicher Rechenkapazität. Sowohl aus der Wissenschaft als auch aus der Wirtschaft hieß es, Deutschland müsse dringend ein eigenes großes Sprachmodell entwickeln, um sowohl die Genauigkeit zu erhöhen als auch die Einhaltung der EU-Rechtsvorschriften, insbesondere in Bezug auf den Datenschutz, sicherzustellen (Löser et al., 2023[33]; AKI, 2023[34]).

Engpässe könnten eine breitere Einführung von KI behindern

Trotz des gestiegenen Interesses deutscher Unternehmen an KI wiesen die befragten Expert:innen auf Herausforderungen hin, die die KI-Verbreitung in deutschen Unternehmen, insbesondere bei KMU, verzögern oder sogar behindern können.

Das Haupthindernis, das von Arbeitgeber:innen für die Verbreitung von KI in Unternehmen genannt wird, ist der Mangel an KI-Kompetenzen. KMU können häufig die benötigten KI-Talente nicht erhalten, um KI-Anwendungen zu ermitteln, zu entwickeln, umzusetzen und zu warten.

Unternehmen sehen oft nicht den Vorteil, den die KI für ihre Geschäftsmodelle bringen könnte. Die Expert:innen beschrieben traditionelle deutsche Unternehmen, insbesondere KMU, als „zu erfolgreich, um innovativ zu sein“. Diese Unternehmen mögen in der Vergangenheit überaus erfolgreich gewesen sein, aber ihr Erfolg hat zu Selbstgefälligkeit geführt. Dies senkt ihre Bereitschaft, in neue und möglicherweise disruptive Innovationen zu investieren und sich an sie anzupassen, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit und das Wachstum langfristig beschränkt werden könnten. Darüber hinaus stellt es eine Herausforderung dar, die Investitionsrendite (ROI) für KI-Anwendungen zu schätzen, da die meisten von ihnen Anpassungen erforderlich machen, um sie auf die individuellen Arbeitsumgebungen und -prozesse jedes Unternehmens abzustimmen. Die Befragten gaben an, dass Unternehmen, die KI-Investitionen in Betracht ziehen, mit Entscheidungsproblemen konfrontiert sind, da kaum erfolgreiche Anwendungsfälle bekannt sind.

Erhebliche Bedenken ergeben sich aus Unsicherheiten in Bezug auf die Einhaltung der Vorschriften. Die größte Herausforderung für Unternehmen, die KI aktiv nutzen, ist in diesem Zusammenhang die Unsicherheit in Bezug auf die Einhaltung der Datenschutzvorschriften für KI-Anwendungen. In einer Umfrage des Leibnitz-Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) gaben 76 % der teilnehmenden Unternehmen an, dass dieses Thema sehr oder relativ wichtig sei (Rammer, 2021[35]). Die befragten Expert:innen bestätigten, dass deutsche Unternehmen, insbesondere KMU und Start-ups, mit Herausforderungen durch die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) konfrontiert sind, da ihnen oft die notwendigen personellen Ressourcen fehlen, die mit der Verordnung vertraut sind und die Einhaltung der Rechtsvorschriften sicherstellen können. Ebenso erwarten sie, dass die Verabschiedung der Verordnung der Europäischen Union zu Künstlicher Intelligenz („KI-Verordnung der EU“, siehe Kapitel 6) (EU, 2024[36]) für die meisten KMU eine Herausforderung darstellt und dass die Einhaltung der Anforderungen des Gesetzes die Kosten der KI-Nutzung erhöhen wird.

Es besteht eine Pfadabhängigkeit zwischen dem Grad der Digitalisierung und dem Einsatz von KI. Deutschland hinkt bei der Konnektivität hinterher, mit weniger schnellen Internetverbindungen und einem sehr geringen Anteil an Hochgeschwindigkeits-Glasfaseranschlüssen, die zwar ausgebaut werden, aber nur langsam (Abbildung A A.7). Auch die deutschen Mobilfunkbreitband-Abonnenten verbrauchen aus Kostengründen weniger Daten als im OECD-Durchschnitt. Der Digitalisierungsindex 2022 der Bundesregierung zeigt, dass die Digitalisierung in kleinen deutschen Unternehmen mit 1 bis 49 Beschäftigten am wenigsten vorangeschritten ist und für alle Größenklassen deutlich unter dem EU-Durchschnitt liegt. Auch wenn mittelgroße Unternehmen mit 50 bis 249 Beschäftigten Fortschritte bei der Digitalisierung machen, liegt ihr Indexwert immer noch unter dem Bezugswert von 2020 (Die Bundesregierung, 2023[37]). Laut Eurostat-Daten zum Digitalisierungsgrad von Unternehmen nehmen die

deutschen KMU den siebten Rang in der EU ein und liegen hinter den EU-Spitzenreitern, d. h. Finnland, Dänemark, Schweden, Irland, den Niederlanden und Malta (Eurostat, 2023[38]). Dieses Ergebnis steht auch im Zusammenhang damit, dass deutsche KMU aufgrund von Bedenken hinsichtlich der Vertraulichkeit häufig kein Vertrauen in KI-Lösungen haben. Den befragten Expert:innen zufolge befürchten KMU, die sich auf bestimmte Nischenprodukte bzw. -märkte spezialisiert haben, dass konkurrierende Unternehmen durch den Einsatz neuer Technologien Zugang zu ihrem Fachwissen erhalten, und sie dadurch ihren Wettbewerbsvorteil auf dem Markt verlieren.

Der niedrige Digitalisierungsgrad und die geringe Bereitschaft zur Datennutzung in Unternehmen erschweren es diesen, KI-Lösungen einzuführen, da diese komplementären Vermögenswerte maßgeblich mit der KI-Nutzung verbunden sind (Calvino and Fontanelli, 2023[16]). Die Entwicklung von KI-Systemen hängt davon ab, dass jedes Unternehmen und jede Branche über eine digitale Datenstrategie verfügen, da Daten zum Trainieren, Testen, Validieren und Bewerten von KI-Modellen benötigt werden. KMU verfügen jedoch häufig nicht über ausreichende quantitative und qualitative Daten in einem strukturierten Format und die Kompetenz, Daten aus verschiedenen Datenquellen zu integrieren. Der Zugang zu Rechenressourcen und Cloud-Diensten, die für rechenintensive Aufgaben wie Deep Learning unerlässlich sind, stellt ebenfalls ein Hindernis dar.

Einführung von KI im verarbeitenden Gewerbe

Die Einführung von KI im verarbeitenden Gewerbe verläuft in Deutschland bislang relativ langsam, obwohl KI eine der entscheidenden Grundlagentechnologien von *Industrie 4.0* ist, d. h. dem Paradigmenwechsel in den Fertigungsprozessen, den Deutschland seit 2011 verfolgt. Zu den primären KI-Anwendungen im industriellen Umfeld zählen prädiktive Wartung, Qualitätskontrolle, Prozessoptimierung und die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter (Emerj, 2022[39]; Peres et al., 2020[40]). Die Vielfalt industrieller Systeme und Anwendungen macht es erforderlich, über maßgeschneiderte, unternehmensspezifische KI-Anwendungen zu verfügen. In der EU setzt die Mehrheit der Sektoren auf „AI as a Service“, mit Ausnahme des IKT-Sektors, in dem kommerzielle Software oder gebrauchsfertige Systeme zum Einsatz kommen. Dennoch entwickelt mehr als ein Drittel der Gerätehersteller entweder eigene KI-Systeme oder passt handelsübliche Systeme an (Abbildung 4.4).

Die Integration von KI in Unternehmensstrukturen und Wertschöpfungsketten erfordert erhebliche Investitionen und organisatorische Veränderungen. Aufgrund unzureichender Belege für erfolgreiche industrielle KI-Anwendungen sehen viele Fertigungsunternehmen jedoch keine Rendite. Interviews mit einer führenden Transfereinrichtung zeigten, dass die meisten Projekte auf der Ebene des „Konzeptnachweises“ stehen bleiben. Herausforderungen wie mangelnde Kompetenzen zur Aufrechterhaltung von Lösungen (z. B. für Umschulung und Umverteilung von Personal), fehlende eindeutige Rendite und ein Mangel an substanziellen Belegen für einen industriellen Erfolg behindern Fortschritte bei der Markteinführung über diese Phase hinaus. Ein Anbieter von KI-Lösungen betonte, dass die verzögerte Einführung industrieller KI auch mit kulturellen und kompetenzbezogenen Fragen auf Unternehmensebene verbunden sei. Die vorherrschende Konzentration auf die Technik behindert umfassendere organisatorische Veränderungen.

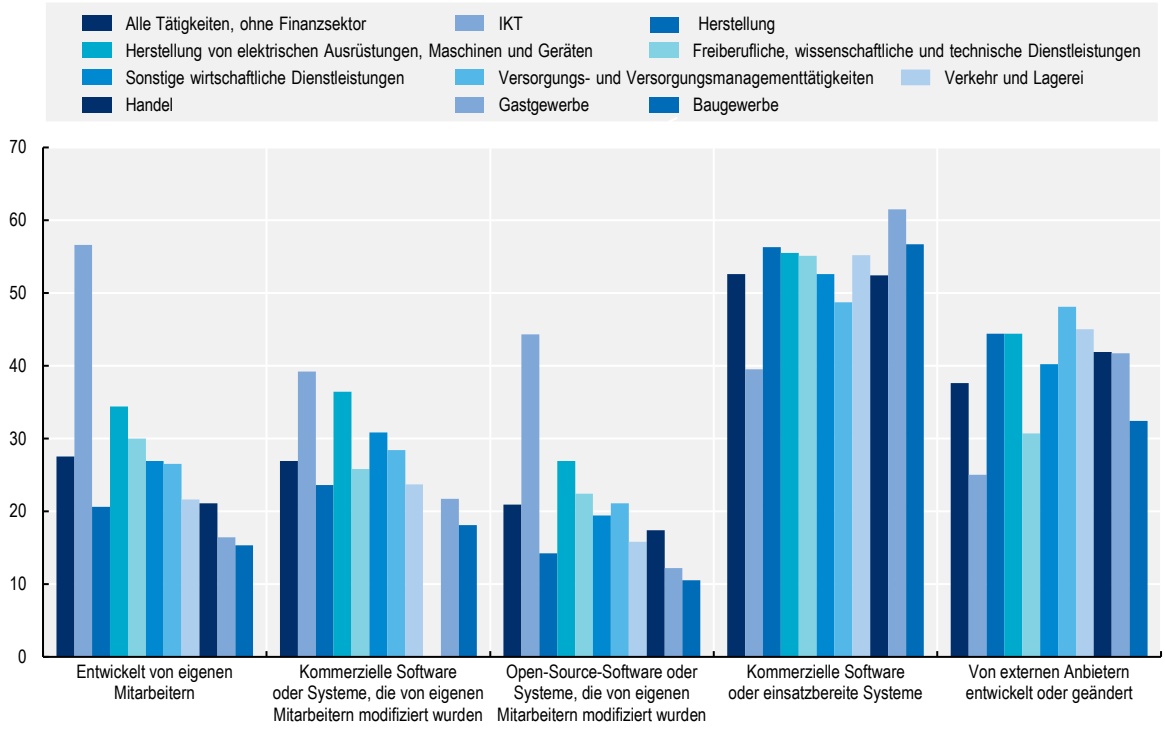
Die Integration von KI in industrielle Geschäftsmodelle und Prozesse erfordert große Mengen an hochwertigen Daten aus verschiedenen Quellen, um ML- und *Deep-Learning*-Modelle effektiv zu trainieren. Die Befragten betonten jedoch, dass sowohl die Verfügbarkeit als auch die Qualität der Daten erhebliche Engpässe darstellen. Größere Datenmengen zu beschaffen, stellt insbesondere in Fertigungsumgebungen mit unterschiedlichen Datenquellen, wie eingebetteten Maschinensensoren und digitalisierten Prozessen wie Bestandsmanagement, eine Herausforderung dar. Die Digitalisierung von Daten ist daher eine Voraussetzung dafür, dass KMU industrielle KI nutzen können.

Die Umsetzung einer Datenstrategie und die Vornahme organisatorischer Änderungen zur Ausrichtung von Geschäftsmodellen an industrieller KI können die Erfassung, Kuration und Speicherung von Daten

verbessern. Die aktuelle Forschung beschäftigt sich mit der Frage, wie anfängliche Herausforderungen im Zusammenhang mit Datenknappheit bewältigt werden können, indem die Nutzung synthetischer Daten untersucht wird, wozu auch die Erstellung von Daten gehört, die einer realen Betriebsumgebung ähneln. Sie befasst sich auch mit Lerntransfer oder der Anwendung von Wissen aus einem Quellbereich, um das Lernen in einem neuen Bereich mit begrenzten Daten zu verbessern (Peres et al., 2020[40]).

Abbildung 4.4. In den meisten Branchen sind Unternehmen Käufer von KI-Lösungen, während einige auch eigene Lösungen entwickeln müssen

In Prozent der Unternehmen mit zehn oder mehr Beschäftigten in den 27 Mitgliedstaaten der EU, die mindestens eine KI-Technologie verwenden, 2021



Quelle: Eurostat (2023[8]), *Digital Economy and Society Database*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/science?lang=en&subtheme=isoc&display=list&sort=category (zugegriffen am 16 October 2023).

Um die Verfügbarkeit von Daten für bestimmte Branchen zu erhöhen, haben die EU und Deutschland branchenbezogene Datenräume finanziert. „Datenräume“ bezeichnen sichere und kontrollierte virtuelle Umgebungen, in denen Daten gespeichert, gemeinsam genutzt und verarbeitet werden. Diese Räume sollen den nahtlosen und vertrauenswürdigen Datenaustausch zwischen den Beteiligten erleichtern und so Zusammenarbeit, Innovation und die Entwicklung neuer Dienste und Anwendungen fördern. Im Mai 2023 veröffentlichte das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) das Förderkonzept für Manufacturing-X mit einer Mittelausstattung von 152 Mio. Euro (Plattform Industrie 4.0, 2023[41]). Die Erschließung des ungenutzten Potenzials von Industriedaten gehört zu den zentralen Zielen der 2023 veröffentlichten aktualisierten Nationalen Datenstrategie (Kasten 4.2). Die Schaffung branchenbezogener Datenräume, einschließlich Manufacturing-X, ist Teil der in der Strategie vorgesehenen Maßnahmen. Manufacturing-X soll ein offener, dezentraler und kollaborativer Datenraum für Industrie 4.0 werden, indem anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Umsetzung branchenübergreifender Anwendungsfälle finanziert werden.

Kasten 4.2. Die Nationale Datenstrategie steht im Einklang mit dem europäischen und nationalen Recht

Die Nationale Datenstrategie steht im Einklang mit dem europäischen und nationalen Recht und umfasst verschiedene Initiativen zur Förderung einer verantwortungsvollen und effektiven branchenübergreifenden Datennutzung

Die im Februar 2020 eingeführte **Europäische Datenstrategie** zielt darauf ab, einen einheitlichen Markt für Daten zu schaffen, um Europas globale Wettbewerbsfähigkeit und Datensouveränität zu stärken. Sie umfasst Maßnahmen wie die Schaffung gemeinsamer europäischer Datenräume, die EU-weite Erleichterung des Zugangs zu Daten sowie Investitionen in Infrastruktur und Governance-Mechanismen. Zwei wichtige Gesetzgebungsakte, der europäische Daten-Governance-Rechtsakt und der Data Act (Datenverordnung), sind für die Erreichung der Ziele der Strategie von wesentlicher Bedeutung, indem sie den Datenaustausch erleichtern, die Datenverfügbarkeit erhöhen und die Bedingungen für die Datennutzung klarstellen.

Der im Juni 2022 in Kraft getretene und seit September 2023 geltende **europäische Daten-Governance-Rechtsakt** zielt darauf ab, das Vertrauen in die gemeinsame Datennutzung zu stärken, Mechanismen zur Erhöhung der Datenverfügbarkeit zu fördern und technische Hindernisse für die Weiterverwendung von Daten zu überwinden. Der Rechtsakt unterstützt außerdem die Einrichtung und Entwicklung gemeinsamer europäischer Datenräume in strategischen Bereichen wie Gesundheit, Umwelt, Energie, Produktion oder öffentlicher Verwaltung. Der Rechtsakt enthält vier Maßnahmenpakete, um i) die Weiterverwendung bestimmter Daten des öffentlichen Sektors zu erleichtern, ii) vertrauenswürdige Datenvermittler:innen zu gewährleisten, iii) die gemeinsame Nutzung von Bürger- und Geschäftsdaten zu fördern und iv) die sektorübergreifende und grenzüberschreitende Datennutzung zu erleichtern.

Im Januar 2024 trat die Verordnung über harmonisierte Regeln für den fairen Datenzugang und eine faire Datennutzung – der *Data Act* (Datenverordnung) – in Kraft, die den europäischen Daten-Governance-Rechtsakt ergänzt. Während der Daten-Governance-Rechtsakt Prozesse und Strukturen regelt, die die freiwillige gemeinsame Datennutzung erleichtern, stellt der *Data Act* (Datenverordnung) klar, wer unter welchen Bedingungen aus Daten Wert schaffen kann. Diese Verordnung zielt darauf ab, die Verfügbarkeit von Daten zum Nutzen von Unternehmen, Bürger:innen und öffentlichen Verwaltungen zu verbessern, indem i) klare Regeln für die Datennutzung und die damit verbundenen Bedingungen für Unternehmen und Verbraucher:innen festgelegt werden, die an der Datenerzeugung beteiligt sind, insbesondere im Zusammenhang mit dem Internet der Dinge, ii) vertragliche Ungleichgewichte beseitigt werden, um faire Praktiken für die Datenweitergabe zu fördern, iii) öffentlichen Stellen der Zugang zu Daten des Privatsektors und deren Nutzung für spezifische Zwecke des öffentlichen Interesses ermöglicht werden und iv) Vorschriften eingeführt werden, die den Kund:innen einen einfachen Wechsel zwischen verschiedenen Anbieter:innen von Datenverarbeitungsdiensten ermöglichen.

Die ***Nationale Datenstrategie*** für Deutschland basiert auf europäischem und nationalem Recht und ist mit verschiedenen nationalen Initiativen verknüpft. Sie skizziert einen umfassenden Ansatz zur verantwortungsvollen, effektiven und nachhaltigen Nutzung von Daten. Sie richtet sich an verschiedene Sektoren, darunter den öffentlichen Sektor, die Forschung, Unternehmen und Einzelpersonen. Die wichtigsten Punkte der Strategie sind:

1. **Mehr Daten**: Initiativen zur Generierung von mehr Daten, zur Erleichterung des Zugangs zu Datensätzen der öffentlichen Verwaltung und zur Förderung der gemeinwohlorientierten Datennutzung.

2. **Bessere Daten**: Einführung standardisierter Datenbeschreibungen, von Kennzeichnungsmechanismen und Qualitätssicherung zur Gewährleistung der Einheitlichkeit und Vertrauenswürdigkeit der Daten.
3. **Förderung der Datennutzung und Datenkultur**: Förderung datenbasierter staatlicher Maßnahmen, Unterstützung der Entwicklung sektoraler Datenräume und Förderung umfassender Datenkompetenzen in der Bevölkerung, um eine verantwortungsvolle Datenkultur zu pflegen.
4. **Roadmap**: Eine Roadmap skizziert den Umsetzungsplan bis zum vierten Quartal 2024 unter Berücksichtigung von EU-Rechtsvorschriften, Bundesgesetzen, relevanten Strukturen und Vernetzungsinitiativen.

Quelle: EC (2020[42]), *A European Strategy for Data*, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0066; EC (2022[43]), *European Data Governance Act*, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-governance-act; EC (2024[44]), *Data Act*, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-act; Die Bundesregierung (2023[45]), *Fortschritt durch Datennutzung [Progress through Data Utilisation]*, https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2023/datenstrategie.pdf.

Datenräume können KMU die Implementierung von KI erleichtern, indem sie eine Plattform für den Zugriff auf und die Integration von Daten aus verschiedenen Quellen, einschließlich öffentlicher Datenbanken, Forschungseinrichtungen und anderer Unternehmen, bieten. KMU können ihre Daten auch monetarisieren, indem sie sie auf der Plattform teilen und zur Innovation entlang der Lieferkette beitragen. Die geringe Datenreife und fehlendes Personal können jedoch einige KMU daran hindern, an Datenräumen teilzunehmen.

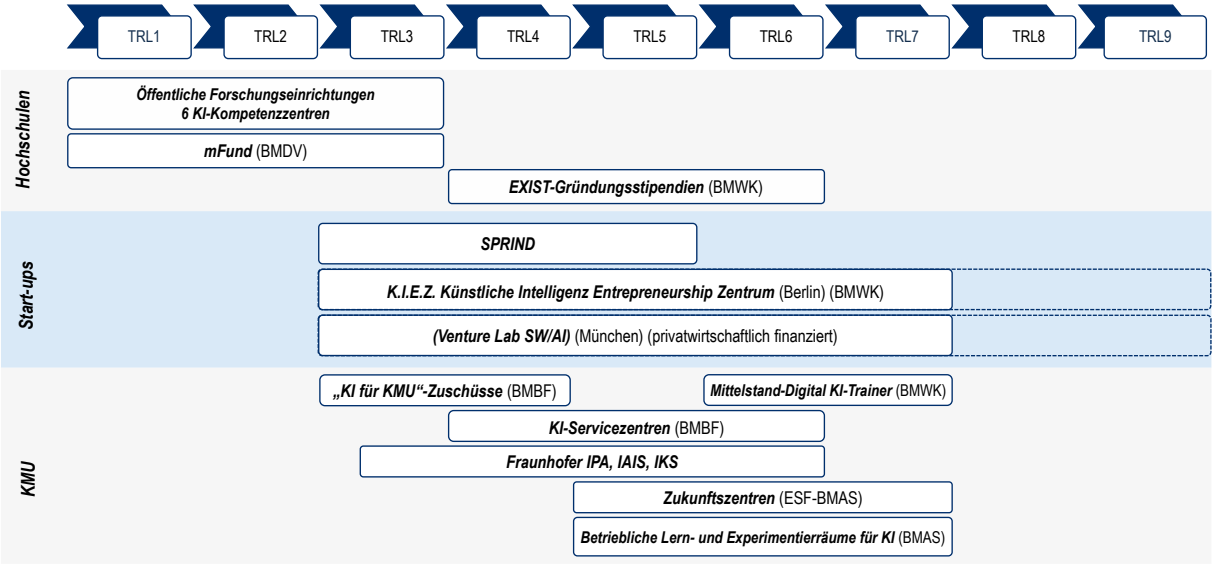
Deutsche Institutionen verfügen über viele Programme, um den Einsatz von KI in Unternehmen, insbesondere KMU, zu fördern

In Deutschland unterstützen mehrere Programme und Institutionen den Transfer von KI-Forschungsergebnissen aus der Wissenschaft in die gewerbliche Nutzung im Privatsektor (Abbildung 4.5). Die nationale KI-Strategie stellte insbesondere für diesen Aktionsbereich 166 Mio. EUR bereit, d. h. 8 % der bisher im Rahmen der Strategie insgesamt bereitgestellten Mittel.

Das 2020 ins Leben gerufene Programm *Künstliche Intelligenz für KMU* (KI4KMU) ist ein Förderprogramm des BMBF. Es richtet sich speziell an KMU mit maximal 249 Mitarbeiter:innen und einem Jahresumsatz von 50 Mio. EUR oder einer Jahresbilanzsumme von 43 Mio. EUR (BMBF, 2020[46]). Das Programm kofinanziert innovative Projekte, die von KMU in Zusammenarbeit mit Einrichtungen wie Hochschulen und Start-ups, die als Technologieanbieter:innen oder Testanwender:innen dienen, geleitet und koordiniert werden. Es wird erwartet, dass diese Projekte ein beträchtliches Maß an Innovation im Vergleich zum internationalen Stand der Technik im Bereich der KI-bezogenen Wissenschaft und Technologie aufweisen.

Das Programm umfasst verschiedene Themen, darunter automatisierte Informationsverarbeitung, digitale Assistenten, Computer Vision/Bildverstehen, Sprach- und Textverständnis, *Privacy-by-Design*-Ansätze, datengesteuerte Systeme, Data Engineering, Rückverfolgbarkeit und Erklärbarkeit von Prozessen und Systemen zur automatisierten Entscheidungsunterstützung und Entscheidungsfindung. Außerdem fördert es neue Ansätze zur Schaffung von Transparenz in KI-Systemen. Jedes Projekt sollte sich auf einen bestimmten Bereich, wie erneuerbare Energien, Ökologie, Umweltschutz, Logistik, Mobilität, Automobilindustrie, Produktionstechnologien, Prozesssteuerung und -automatisierung, innovative nutzerorientierte Dienstleistungen und die Daten- und IKT-Wirtschaft, konzentrieren.

Abbildung 4.5. Programme und Transferinstitutionen in Deutschland unterstützen den KI-Forschungstransfer vom Labor hin zum Unternehmen



Quelle: Erstellung der OECD auf der Grundlage von Informationen, die im Rahmen des Länderberichts gesammelt wurden.
Hinweis: Die Abbildung dient lediglich der Veranschaulichung und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Das 2020 ins Leben gerufene Programm *Künstliche Intelligenz für KMU* (KI4KMU) ist ein Förderprogramm des BMBF. Es richtet sich speziell an KMU mit maximal 249 Mitarbeiter:innen und einem Jahresumsatz von 50 Mio. EUR oder einer Jahresbilanzsumme von 43 Mio. EUR (BMBF, 2020[46]). Das Programm kofinanziert innovative Projekte, die von KMU in Zusammenarbeit mit Einrichtungen wie Hochschulen und Start-ups, die als Technologieanbieter:innen oder Testanwender:innen dienen, geleitet und koordiniert werden. Es wird erwartet, dass diese Projekte ein beträchtliches Maß an Innovation im Vergleich zum internationalen Stand der Technik im Bereich der KI-bezogenen Wissenschaft und Technologie aufweisen.

Das Programm umfasst verschiedene Themen, darunter automatisierte Informationsverarbeitung, digitale Assistenten, Computer Vision/Bildverstehen, Sprach- und Textverständnis, *Privacy-by-Design*-Ansätze, datengesteuerte Systeme, Data Engineering, Rückverfolgbarkeit und Erklärbarkeit von Prozessen und Systemen zur automatisierten Entscheidungsunterstützung und Entscheidungsfindung. Außerdem fördert es neue Ansätze zur Schaffung von Transparenz in KI-Systemen. Jedes Projekt sollte sich auf einen bestimmten Bereich, wie erneuerbare Energien, Ökologie, Umweltschutz, Logistik, Mobilität, Automobilindustrie, Produktionstechnologien, Prozesssteuerung und -automatisierung, innovative nutzerorientierte Dienstleistungen und die Daten- und IKT-Wirtschaft, konzentrieren.

Mit Zuschüssen in Höhe von bis zu 1 Mio. EUR, die rund 50 % der Kosten decken, werden die Fördermittel im Rahmen eines Auswahlverfahrens vergeben, wobei zweimal jährlich Anträge angenommen werden. Im Rahmen des Programms wurden bereits 61 Projekte unterstützt, an denen 107 KMU beteiligt waren. Der Förderzeitraum erstreckt sich in der Regel über zwei bis drei Jahre. Das Programm hat bei den KMU großes Interesse ausgelöst, wobei die Anträge das in jeder Runde verfügbare Fördervermögen um das Sechs- bis Achtfache überschritten. Da die ersten Projekte im Jahr 2020 starteten, sind erst wenige von ihnen abgeschlossen und die Ergebnisse der meisten Projekte sind noch in Arbeit und noch nicht verfügbar.

Im November 2022 hat das BMBF die Einrichtung von vier *KI-Servicezentren* in ganz Deutschland gefördert. Diese Zentren sollen den Zugang zur Recheninfrastruktur verbessern, KI-Expertise bereitstellen und den umfassenden Transfer von KI durch einen Katalog von Dienstleistungen, einschließlich Hardware,

Software, Daten und Modellen, Lösungsentwicklung, Anpassung von KI-Modellen an spezifische Anforderungen, Beratung und Schulung, unterstützen (BMBF, 2022[47]). Diese Zentren, die zunächst mit jeweils mindestens 10 Mio. EUR für einen Zeitraum von 60 Monaten ausgestattet wurden, bieten KMU und Start-ups kostenlose Computing- und Beratungsdienste an. Es wird erwartet, dass sie sich nach dem Ende der Erstfinanzierung selbst tragen werden. Die vier Zentren sind:

- WestAI (Dortmund/Bonn/Jülich/Aachen/Paderborn) verbindet die großen Rechenkapazitäten des *Jülich Super Computing Centre* (JSC) und der RWTH Aachen mit der KI-Expertise des *Lamarr Institute for Machine Learning and Artificial Intelligence* und der Universität Paderborn.
- KISSKI (Hannover/Göttingen/Kassel) konzentriert sich auf KI für sensible und kritische Infrastrukturen, insbesondere im Gesundheitswesen und in der Energiewirtschaft.
- Das *hessian AI Service Center* (Darmstadt) konzentriert sich auf die sogenannte dritte Welle der KI, z. B. große generalisierbare Modelle oder datenintensive Anwendungen.
- Das KI-Servicezentrum Berlin-Brandenburg (Hasso-Plattner-Institut) widmet sich den Herausforderungen und Chancen der KI in vom Strukturwandel betroffenen Regionen.

Die „Digitale Strategie 2025“ des BMWK zielt darauf ab, die innovative Digitalisierung in Wirtschaft und Gesellschaft voranzutreiben (BMWi, 2016[48]), indem insgesamt 26 regionale „Mittelstand 4.0 Kompetenzzentren“[1] eingerichtet werden, (BMWi, 2020[49]), um KMU durch Verbindungen zwischen Unternehmen, Wissenstransfer und digitale Transformation zu unterstützen. Im Jahr 2019 hat die Einführung von „KI-Trainer:innen“ ihre Rolle bei der Aufklärung von KMU über KI gestärkt (BMWK, 2023[50]). Derzeit sind 80 solcher KI-Trainer:innen auf nationaler Ebene tätig und ihre Zahl dürfte sich 2024 noch erhöhen. Die Förderung für diese Zentren endete 2020, das BMWK führte jedoch die Förderung von *Mittelstand-Digital Zentren* ein, die sich auf Plattformwirtschaft und KI konzentriert. Im Jahr 2023 unterstützen 30 solcher Zentren KMU, mit einer Schwerpunktverlagerung in Richtung der KI im Jahr 2024 (BMWK, 2023[51]). Das zunächst allgemein auf Digitalisierungsunternehmen ausgerichtete Netzwerk der Mittelstand-Digital Zentren hat 2024 sein Hauptaugenmerk auf die KI gerichtet. Dieser Schwerpunkt wird auf der Förderung der Nutzung von KI-Anwendungen in KMU und der Sicherstellung des Zugangs zu hochwertigen Daten und von deren Aufbereitung liegen (Mittelstand-Digital, 2023[52]).

In Zusammenarbeit mit der Deutschen Industrie- und Handelskammer (DIHK) organisieren die Mittelstand-Digital Zentren Veranstaltungen, um Unternehmen bei der Einführung von KI zu unterstützen. Zu diesen Veranstaltungen gehören individuelle Beratungsgespräche und Seminare zu einer Reihe von KI-Themen, wie KI-Nutzung im Büromanagement und KI-basiertes Monitoring von Bürogebäuden (DIHK, 2023[3]).

Die *Zukunftszentren* sind ein Projekt, das 2019 vom Europäischen Sozialfonds (ESF) und vom BMAS sowie zum Teil von verschiedenen Bundesländern gefördert wurde. Die Zentren sind essenziell für Unternehmen, die Beratung, Vermittlung und Informationen zu Digitalisierung und KI-Anwendungen suchen. Sie unterstützen KMU dabei, mit minimalen Hindernissen Beratung und Schulung zu erhalten. Derzeit sind in Deutschland 12 regionale Zentren aktiv. Das Programm verfügt über einen Finanzierungspool von rund 125 Mio. EUR aus Mitteln des ESF, des Bundes und zusätzlich auch der Länder (BMAS, 2022[53]).

Die *KI Lern- und Experimentierräume*, die Teil der *Initiative Neue Qualität der Arbeit* (INQA) sind und vom BMAS finanziert werden, bieten Räume zur Entwicklung von KI-Kompetenzen. Das Programm, das von September 2019 bis September 2024 läuft, gibt KMU die Möglichkeit, KI in einem operativen Kontext zu erkunden. Die Projektergebnisse zeigen auf, wie KI die Arbeitswelt verändern kann und welche Chancen und Vorteile KI für KMU bietet (KOMKI, 2023[54]).

Die *Stiftung Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung* steht an der Spitze des Projekts *en[AI]ble*, das den Transfer von der Forschung in die Wirtschaft fördern und die breite und profitable Einführung von KI-Technologie im Mittelstand unterstützen soll (Stiftung Mittelstand-Gesellschaft-Verantwortung, 2023[55]). Es wurde ebenfalls vom BMAS im Rahmen der INQA gefördert und lief von September 2020 bis

September 2023. Die Initiative zielte darauf ab, die gemeinsamen Herausforderungen anzugehen, mit denen Unternehmen und insbesondere KMU konfrontiert sind, die mit dem Mangel an Kompetenzen und Ressourcen zu kämpfen haben, die für die Bewertung und Umsetzung von auf ihre spezifischen Bedürfnisse zugeschnittenen KI-Lösungen erforderlich sind. Um diese Lücke zu schließen, hat *en[AI]*ble ein maßgeschneidertes KI-Qualifizierungsprogramm entwickelt, das speziell auf die Anforderungen des Mittelstands abgestimmt ist. Mit dieser Qualifikation sollen Mitarbeiter:innen, Betriebsräte, Führungskräfte in KMU und Berater:innen in die Lage versetzt werden, KI-Anwendungen effektiv zu bewerten.

Die *Fraunhofer-Gesellschaft* stellt einen besonderen Aspekt der deutschen Forschungstransferlandschaft dar. Sie konzentriert sich auf wesentliche, zukunftsrelevante Technologien für Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie und spielt eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Sie betreibt 76 Institute und Forschungseinrichtungen in Deutschland und verfügt über ein jährliches Forschungsvolumen von 3 Mrd. EUR (Fraunhofer-Gesellschaft, 2023[56]). Drei Fraunhofer-Institute sind für den Transfer von KI-Forschung besonders relevant: i) Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS), ii) Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) und iii) Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO).

Insbesondere das Fraunhofer IPA und IAO bieten in ihrem gemeinsam geführten *KI-Fortschrittszentrum Lernende Systeme und Kognitive Robotik* drei kostenlose Programme an, um Unternehmen auf dem Weg zur potenziellen Nutzung von KI weiterzubringen. Erstens stellt das Programm „*AI Explorer*“ Unternehmen, die KI- oder Robotikanwendungen ohne spezifisches Konzept erkunden, Wissen bereit. In Workshops bewerten Fraunhofer-Mitarbeiter die KI- und Robotik-Landschaft des Unternehmens und geben Orientierungshilfe zur praktischen Umsetzung. Zweitens ermöglicht es das Programm „*Quick Checks*“ Unternehmen, die Machbarkeit einzelner KI- oder Robotikanwendungen zu bewerten. Fraunhofer-Mitarbeiter beurteilen die Durchführbarkeit des Projekts anhand des vorgestellten Anwendungsfalles. Drittens können Fraunhofer-Mitarbeiter im Rahmen des Programms „*Exploring Projects*“ Konzeptnachweise erarbeiten – eigenständige, voll funktionsfähige Systeme, die nicht in die Kernprozesse des Unternehmens integriert sind. Viertens konzentriert sich das Format „*AI Innovation Seed*“ auf die Erwägung und Entwicklung innovativer unternehmensübergreifender Lösungen im KI-Bereich. Bisher haben sich rund 250 Unternehmen an den Programmen beteiligt, darunter große Unternehmen und KMU aus dem verarbeitenden Gewerbe. Bei mehr als 30 % dieser Projekte war das Ergebnis eine Einführung einsatzfähiger KI-Systeme durch Unternehmen.

Eine der Hauptaktivitäten des vom BMBF geförderten *Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz* (DFKI) ist der Transfer von KI-Forschungsergebnissen in kommerzielle Anwendungen. Das Zentrum betreibt öffentlich-private Forschungspartnerschaften mit Software-, Automobil- und Fertigungsunternehmen mit einem jährlichen Projektvolumen von 82,6 Mio. EUR im Jahr 2022 (DFKI, 2023[57]).

Die *Plattform Lernende Systeme* ist ein Expertennetzwerk zum Thema KI. Ihr Ziel besteht darin, als unabhängige Vermittlerin den interdisziplinären Austausch und gesellschaftlichen Dialog über KI zu fördern. Das 2017 vom BMBF eingerichtete Netzwerk stützt sich auf rund 200 Mitglieder aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft, um in Arbeitsgruppen Positionen zu Chancen und Herausforderungen zu entwickeln und Handlungsoptionen für den verantwortungsvollen Einsatz von KI zu identifizieren. Ein Beispiel hierfür ist die „KI-Roadmap für KMU“ (Lernende Systeme, 2021[58]), die Anwendungsfälle und praktische Umsetzungspläne für KI in mittelständischen Unternehmen umfasst.

KMU und andere Unternehmen haben häufig keine Kenntnis von den zahlreichen verfügbaren Programmen

Die Plattform bietet auch einen Überblick über die aktuellen Programme und Aktivitäten der Bundesregierung auf dem Gebiet der KI (Lernende Systeme, 2023[59]). Trotz der Existenz der Plattform waren die Befragten der Ansicht, dass die finanzielle und nichtfinanzielle Unterstützung für die Umsetzung

von KI-Lösungen in Unternehmen zu vereinzelt und fragmentiert ist. Dies erklärt, warum sie oft nicht wissen, welche Initiativen es gibt, und nicht in der Lage sind, diejenigen zu finden, die ihren Bedürfnissen am besten entsprechen. Die Plattform könnte verbessert werden, indem sie in ein interaktiveres Instrument umgewandelt wird, mit dem Unternehmen ihre KI-Bereitschaft selbst bewerten, ihre spezifischen Bedürfnisse verstehen und die für ihre Bedürfnisse am besten geeignete Unterstützung finden könnten. Auch Wirtschaftsverbände spielen eine Rolle bei der Sensibilisierung für aktuelle Initiativen im Zusammenhang mit KI-Transfers in Unternehmen.

Tabelle 4.2. Ausgewählte Transferinitiativen zur Förderung der Verbreitung von KI in Unternehmen

Initiative	Gefördert durch	Jahr der Einführung/Etablierung	Jahr des Endes	Wichtigste Ziele
Zuschüsse für KI für KMU	BMBF	2020	Laufend	Kofinanzierung innovativer Projekte unter Leitung und Koordinierung von KMU in Zusammenarbeit mit Einrichtungen wie Hochschulen und Start-ups
Vier KI-Servicezentren: i) WestAI, ii) KISSKI, iii) hessian AI Service Center, iv) KI-Servicezentrum Berlin Brandenburg	BMBF	2022	Laufend	Verbesserung des Zugangs zu Recheninfrastruktur, Bereitstellung von KI-Expertise und Förderung des breiten Transfers von KI durch einen Katalog von Dienstleistungen
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)	BMBF	1988	Laufend	Förderung von Transferforschung in Geschäftsanwendungen durch öffentlich-private Forschungspartnerschaften mit Software-, Automobil- und Fertigungsunternehmen
KI-Trainer:innen	BMWK	2019	Laufend	Stärkung der Mittelstand 4.0 Kompetenzzentren und Mittelstand-Digital Zentren, um KMU dabei zu unterstützen, Herausforderungen und Chancen von KI zu verstehen
Mittelstand-Digital Zentren	BMWK	2020	Laufend	Derzeit 30 Zentren, die KMU über Innovationstreiber informieren und ihren Fokus 2024 auf KI verlagern
Räume auf Unternehmensebene zum Lernen und Experimentieren mit KI	BMAS	2019	2023	Berät KMU, wie KI die Arbeitswelt verändern und welche Chancen und Vorteile KI für KMU bieten kann
Zukunftszentren	BMAS	2019	Bis 2026	Derzeit 12 regionale Zentren, die Unternehmen Beratung, Vermittlung, Training und Informationen zur Digitalisierung und Einführung von KI-Anwendungen bieten
en[AI]ble	BMAS	2020	2023	Förderung der breiten und rentablen Einführung von KI-Technologie in KMU durch individuelle KI-Qualifizierung
Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA	Industrie- und Dienstleistungsunternehmen, Bundes- und Länderregierungen	1959	Laufend	Unterstützung von Unternehmen mit Beratungs-, Finanzierungs- und Umsetzungsleistungen wie Machbarkeitsstudien, Schnellprüfungen und Workshops sowie der Entwicklung komplexer technischer Produktionsmodule auf Basis maschinellen Lernens
Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO	Industrie- und Dienstleistungsunternehmen, Bundes- und	1981	Laufend	Zusammenarbeit mit Unternehmen, um KI-basierte Systeme zu entwickeln, die nach ethischen Grundsätzen arbeiten

Initiative	Gefördert durch	Jahr der Einführung/Etablierung	Jahr des Endes	Wichtigste Ziele
	Länderregierungen			und die neuesten Ergebnisse aus der KI-Forschung umsetzen, um Mitarbeiter:innen von komplexen Prozessen zu entlasten und neue Arten von Serviceangeboten für Kunden zu schaffen
Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS	Industrie- und Dienstleistungsunternehmen, Bundes- und Länderregierungen	2006	Laufend	Unterstützung von Unternehmen bei der Optimierung von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen sowie bei der Entwicklung neuer digitaler Geschäftsmodelle in den Bereichen KI, maschinelles Lernen und Big Data
KI-Innovationszentrum Lernsystem und Robotik	Fraunhofer IPA und IAO	2019	Laufend	Unterstützung von Unternehmen bei der Erkundung potenzieller KI-Nutzung in ihren Unternehmen durch drei verschiedene Programme

KI-Start-ups

KI-Start-ups sind in Deutschland stark in der wissenschaftlichen Forschung verwurzelt und sind vorwiegend in den Bereichen Software und IT tätig. Sie stehen Herausforderungen bei der Finanzierung gegenüber und stützen sich mehr auf Cashflow und öffentliche Zuschüsse als auf Wagniskapital, das weniger verfügbar ist als in den Ländern, die auf dem Gebiet der KI führend sind. Programme der Bundesregierung wie EXIST unterstützen das Wachstum in der Frühphase und fördern Innovation und Unternehmertum.

KI-Start-ups sind Innovationsführer in Deutschland, und viele von ihnen wurden aus der wissenschaftlichen Forschung ausgegründet

Eine Möglichkeit der Markteinführung von KI-Forschung sind innovative Start-ups, die ein Konzept zu einer Lösung weiterentwickeln, die einen ungedeckten Bedarf deckt. Die Zahl der aktiv tätigen KI-Start-ups in Deutschland ist in den vergangenen 15 Jahren deutlich von rund 1.200 im Jahr 2007 auf rund 3.000 im Jahr 2021 gestiegen, wobei für 2022 und 2023 ein leichter Rückgang erwartet wird (Abbildung 4.6). Dieser Rückgang ist teilweise auf mehrere Faktoren zurückzuführen. Einige Start-ups haben ihre Aktivität während der wirtschaftlich schwierigen COVID-19-Pandemie und der Konjunkturflaute 2022 eingestellt. Positiv zu vermerken ist, dass einige starke Start-ups die 12-Jahres-Marke erreicht haben und nicht mehr als KI-Start-ups gelten. Das Interesse an der Gründung von KI-bezogenen Unternehmen stieg 2023 wieder an, insbesondere angesichts der raschen Einführung neuer KI-Anwendungen, die auf der Analyse riesiger Datenmengen basieren, wie ChatGPT (Rammer, 2023[60]).

Deutsche KI-Start-ups sind überwiegend (57 %) im Bereich Softwareprogrammierung und IT-Dienstleistungen tätig. Dazu gehören Datenbank- und Datenanalysedienste, Hosting, Cloud-Computing-Dienste, Installation und Wartung von IT-Infrastruktur, Hardware-Design und Software-Architektur. 19 % entfallen auf Beratungsdienste (Wirtschafts-, Steuer-, Rechts-, Finanzberatung, Werbung), die restlichen KI-Start-ups verteilen sich auf verschiedene Sektoren (Rammer, 2023[60]).

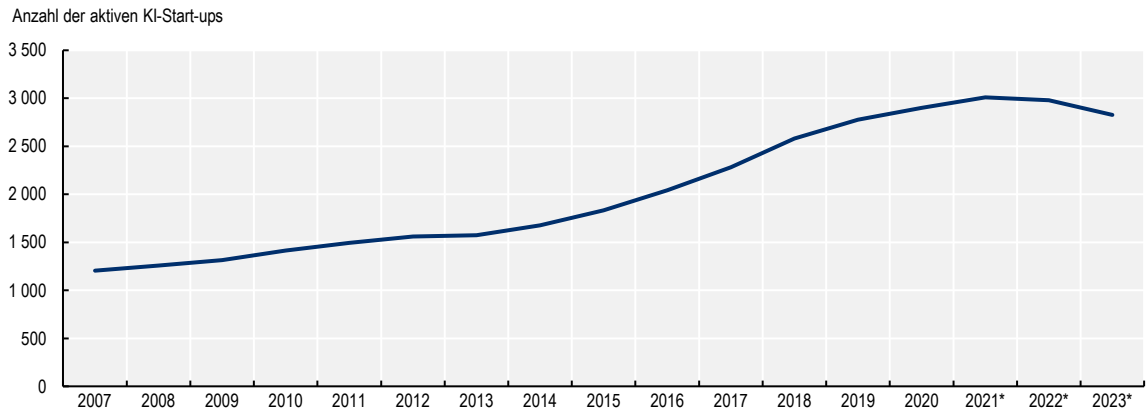
Junge und kleine Unternehmen sind führend bei KI-Innovationen. In einer aktuellen Studie zu KI-Nutzer:innen mit Online-Präsenz bezeichneten sich 40 % der deutschen KI-Unternehmen als Mikro-Start-ups, die nach 2015 gegründet wurden und 10 oder weniger Mitarbeiter:innen beschäftigen. Fast die Hälfte der KI-Unternehmen in Kanada wies ähnliche Merkmale auf, aber nur 28 % im Vereinigten

Königreich und 27 % in den Vereinigten Staaten. Ältere und größere Unternehmen stellten dagegen 2,3 % der KI-Unternehmen in Deutschland dar (Dernis et al., 2023[61]).

KI-Start-ups und die Wissenschaftsgemeinde in Deutschland stehen in einem soliden, interdependenten Verhältnis. Das zeigt sich an der Entstehung seiner KI-Start-ups: 41,5 % der KI-bezogenen Start-ups gehen aus der akademischen Forschung hervor, während nur 2,4 % aller Start-ups aus wissenschaftlichen Einrichtungen stammen (KI Bundesverband, 2023[62]). Dies unterstreicht die starke und interdependente Beziehung zwischen KI-Start-ups und der Wissenschaftsgemeinde. Die Befragten betonten jedoch, dass Transferabteilungen an Hochschulen häufig unterbesetzt sind und Veröffentlichungen nach wie vor die wichtigsten Leistungsindikatoren (KPIs) für Hochschulen darstellen, was für einzelne Forscher:innen zu einem begrenzten Anreiz für die Beteiligung an Wissenstransferaktivitäten oder Transfer von Forschungsergebnissen an die Industrie führt. Tatsächlich besteht in Deutschland ein ungenutztes Potenzial für eine deutliche Erweiterung seiner Transferstrukturen innerhalb der Hochschulen.

Abbildung 4.6. Die Zahl der KI-Start-ups in Deutschland ist in den vergangenen zehn Jahren gestiegen

Anzahl der wirtschaftlich aktiven KI-Start-ups in Deutschland



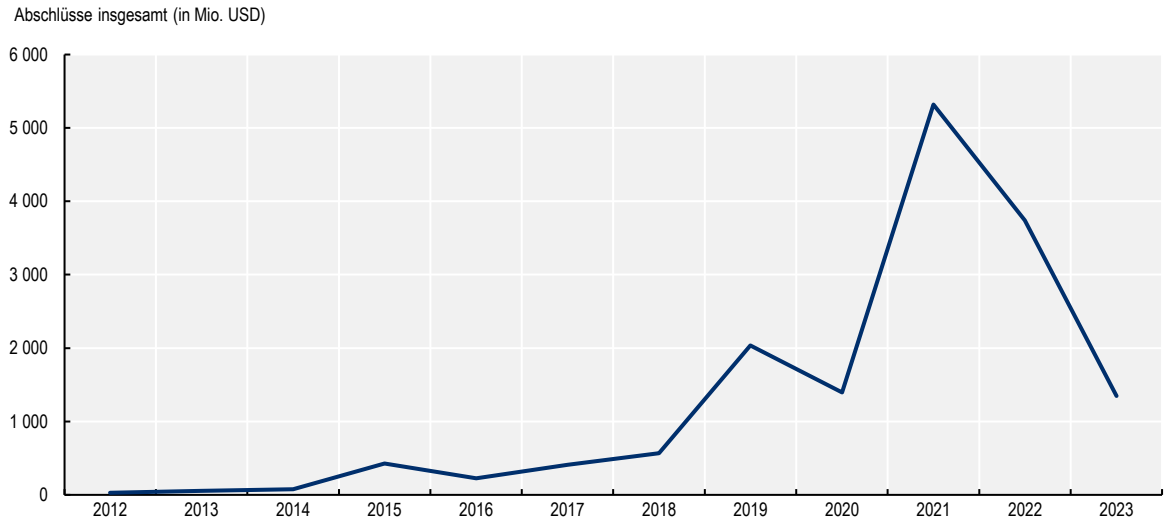
Hinweis: Die mit * gekennzeichneten Jahre sind Prognosewerte.
Quelle: Rammer, C. (2023[60]), *Das Ökosystem für KIStartups. Vermarktung, Finanzierung, Fachkräfte und Vernetzung in Unternehmensgründungen im Bereich Künstliche Intelligenz*, https://www.zew.de/publikationen/das-oekosystem-fuer-ki-startups-in-deutschland-vermarktung-finanzierung-fachkraefte-und-vernetzung-in-unternehmensgruendungen-im-bereich-kuenstliche-intelligenz (zugegriffen am 17 October 2023).

Die finanzielle Förderung für Wachstumsphasen ist begrenzt

Die Fähigkeit von Start-ups, dynamisch zu bleiben und im Markt zu wachsen, hängt erheblich von der Verfügbarkeit von Risikokapital ab. In Deutschland waren die Wagniskapital-Investitionen in KI-Start-ups 2018 besonders gering (758 Mio. USD), sind aber seither auf 3,7 Mrd. USD im Jahr 2022 gestiegen (Abbildung 4.7). Dies folgt dem weltweiten Trend, verstärkt in KI-Start-ups und insbesondere in Generative KI zu investieren. Weltweit stieg der jährliche Wert der Wagniskapital-Investitionen in KI-Start-ups zwischen 2015 und 2022 um über 300 % (über 31 Mrd. USD auf fast 125 Mrd. USD) (OECD.AI, 2023[63]). Der größte Anstieg erfolgte zwischen 2020 und 2021, als solche Investitionen um mehr als 130 % (von etwa 92 Mrd. USD auf 215 Mrd. USD) in die Höhe schossen, wobei der überwiegende Teil an KI Unternehmen in den Vereinigten Staaten und China floss.

Abbildung 4.7. Die Wagniskapital-Investitionen in deutsche KI-Start-ups sind gestiegen

Summe der Wagniskapital-Investitionen in KI in Deutschland



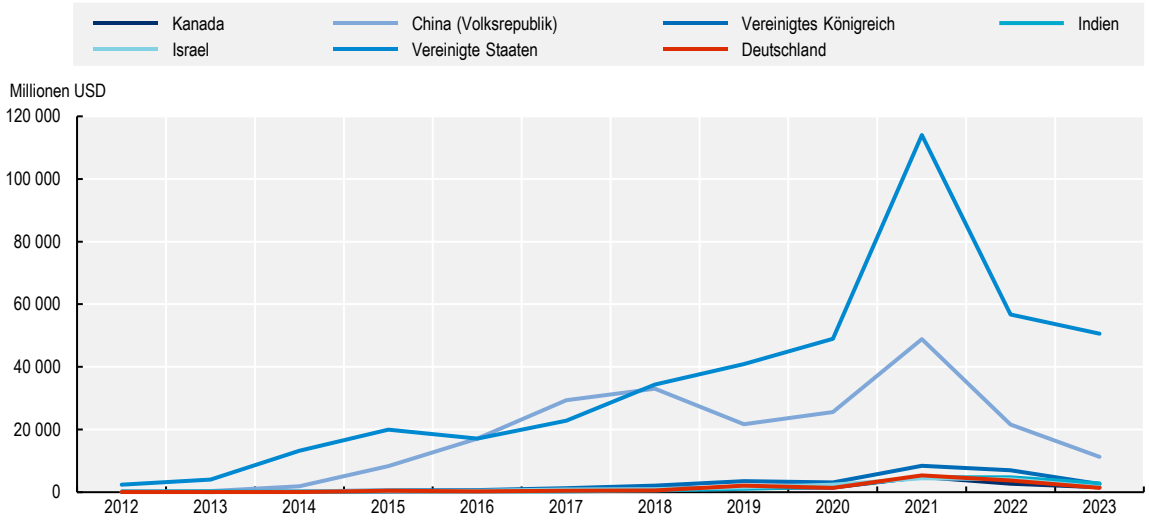
Hinweis: Die Werte für 2023 sind geschätzt. Weitere Informationen finden Sie im Hinweis zur Methodik unter www.oecd.ai/p/methodology.
Quelle: OECD.AI (2023[64]), *VC Investments in AI by Country [Wagniskapital-Investitionen in KI nach Ländern]*, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=investments-in-ai-and-data&selectedVisualization=vc-investments-in-ai-by-country (zugegriffen am 13 März 2023).

Wagniskapital-Investitionen in Deutschland unterstützen vor allem Start-ups, die KI-Lösungen für Geschäftsprozesse und unterstützende Dienstleistungen entwickeln, wie beispielsweise Celonis, eine KI-basierte Datenverarbeitungsplattform, das InsureTech-Unternehmen Wefox sowie Forto Logistics, eine digitale Speditions- und Versandmanagementplattform. Mehrere vielversprechende Start-ups für Nachhaltigkeit, die Wagniskapital-Investitionen erhalten, wie Enpal und Twaice, haben KI in den Mittelpunkt gestellt (siehe Kapitel 8). In Deutschland sind auch sehr erfolgreiche durch Wagniskapital finanzierte Start-ups im Bereich der großen Sprachmodelle (Aleph Alpha) und der Sprachübersetzung (DeepL) entstanden.

Allerdings ist die Verfügbarkeit von Wagniskapital-Finanzierung in Deutschland immer noch deutlich geringer im Vergleich zu den in KI-Start-ups in den USA und China investierten Beträgen, wo die Wagniskapital-Investitionen 14-mal bzw. fünfmal höher sind. Wagniskapital-Finanzierung ist auch in geringem Umfang verfügbar als im Vereinigten Königreich, in Israel und Indien. Die meisten Wagniskapitalgeber, die KI-Start-ups in Deutschland finanzieren, sind ausländische Investoren. Dies verdeutlicht die Risikoaversion deutscher Investoren (Abbildung 4.8).

Abbildung 4.8. Die Verfügbarkeit von Wagniskapital-Finanzierung in Deutschland ist geringer als in den führenden Ländern

Summe der Wagniskapital-Investitionen in KI nach Ländern



Hinweis: Die Werte für 2023 sind geschätzt. Weitere Informationen finden Sie im Hinweis zur Methodik unter www.oecd.ai/p/methodology.
Quelle: OECD.AI (2023[63]), *Worldwide VC Investments in AI [Weltweite Wagniskapital-Investitionen in KI]*, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=investments-in-ai-and-data (zugegriffen am 13. März 2023).

Das Risikokapitalangebot in Deutschland ist zwar begrenzt, doch könnten es auch nachfrageseitige Faktoren geben, die erklären, warum sich KI-Start-ups weniger auf diese Finanzierungsquelle stützen. Rund die Hälfte der KI-Start-ups entscheidet sich bewusst gegen eine Wagniskapital-Finanzierung (Rammer, 2023[60]), und zwar vor allem, weil sie die vollständige Kontrolle über strategische Geschäftsentscheidungen behalten wollen und aus alternativen Quellen ausreichende Finanzmittel erhalten haben. Im Gegensatz zu anderen externen Investoren können Wagniskapitalgeber ein ureigenes Interesse daran haben, Einfluss auf die strategische Ausrichtung auszuüben, die Faktoren wie das Tempo der Expansion oder die zu erschließenden Märkte beinhaltet. Damit ist die primäre Finanzierungsquelle für KI-Start-ups in Deutschland der Cashflow, also die Einnahmen aus dem laufenden Betrieb (Abbildung 4.9). Im Vergleich zu allen Start-ups in Deutschland stützen sich KI-Start-ups, einschließlich solcher, die in weniger zukunftsweisenden Sektoren tätig sind, verstärkt auf Kapitaleinlagen von Eigentümern und öffentliche Fördermittel, wobei Wagniskapital an dritter Stelle steht. Die traditionelle Bankenfinanzierung ist weniger verbreitet. Angesichts der erheblichen technologischen und marktbedingten Unsicherheiten im Zusammenhang mit bahnbrechenden technologischen Fortschritten erweisen sich herkömmliche Bankkredite als weniger geeignet. Im Gegensatz dazu ist die Finanzierung durch öffentliche Zuschüsse und Wagniskapital für die Unterstützung dieser risikoreichen Investitionen umso geeigneter (Rammer, 2023[60]).

Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung unterschiedlicher Finanzierungskanäle für KI-Start-ups in Deutschland. Auch wenn sich etwa die Hälfte der deutschen KI-Start-ups gegen eine Wagniskapital-Finanzierung entscheidet, um die vollständige Kontrolle über ihre Geschäftsentscheidungen zu behalten, ist dieser Finanzierungsweg bedeutend. Im Vergleich zu anderen Ländern könnte die vergleichsweise begrenzte Verfügbarkeit von Wagniskapital-Finanzmitteln in Deutschland KI-Start-ups, die mit finanziellen Engpässen konfrontiert sind, veranlassen, diese Finanzierungsoption in Betracht zu ziehen oder sich andernorts niederzulassen. Mit ihren beträchtlichen Wagniskapital-Investitionen bieten sich insbesondere die Vereinigten Staaten als attraktiver Zielort für einen derartigen Schritt an (Rammer, 2021[35]). Angesichts

der zentralen Rolle der öffentlichen Förderung für deutsche KI-Start-ups (Abbildung 4.9) ist es unerlässlich, dass Deutschland finanzielle Förderprogramme aufrechterhält.

In der Pre-Seed- und Seed-Finanzierungsphase unterstützt Deutschland KI-Start-ups vor allem durch das EXIST-Gründungsstipendium, ein durch das BMWK und den Europäischen Sozialfonds (ESF) kofinanziertes Programm. EXIST fördert eine Unternehmenskultur in akademischen Institutionen, fördert innovationsgetriebene Spin-offs und hilft Hochschulabsolvent:innen, Wissenschaftler:innen und Studierenden, technologiegetriebene, wissensbasierte Start-ups zu gründen. Im Rahmen der nationalen KI-Strategie hat Deutschland im aktuellen EXIST-Förderprogramm für Wissenschafts-Start-ups mit mehreren Einzelmaßnahmen einen neuen KI-Schwerpunkt etabliert.

Vier herausragende deutsche KI-Regionen (Berlin, München, Darmstadt und Hamburg) haben Modellprojekte initiiert, die durch die EXIST-Programme gefördert werden. Das primäre Ziel dieser EXIST-KI-Modellprojekte ist es, KI-Start-up-Konzepte in der Frühphase zu ermitteln und ihnen die notwendigen Ressourcen für die Skalierung zur Verfügung zu stellen. Diese Projekte konzentrieren sich auch auf Networking innerhalb des Start-up-Ökosystems, den Aufbau von Verbindungen zwischen Hochschulen, Start-up-Teams und Unternehmen und die Priorisierung von Skalierung und Internationalisierung. Ein neues Pilotprojekt ist das *Künstliche Intelligenz Entrepreneurship Zentrum* (K.I.E.Z.) des Berliner Forschungsverbundes „Science & Startups“. Das K.I.E.Z. bietet maßgeschneiderte Möglichkeiten für schnelles und nachhaltiges Wachstum für KI-Start-ups innerhalb eines prominenten europäischen und globalen Ökosystems. Sein Hauptziel ist es, den Erfolg wissenschaftsbasierter KI-Start-ups zu fördern und den Technologietransfer voranzutreiben.

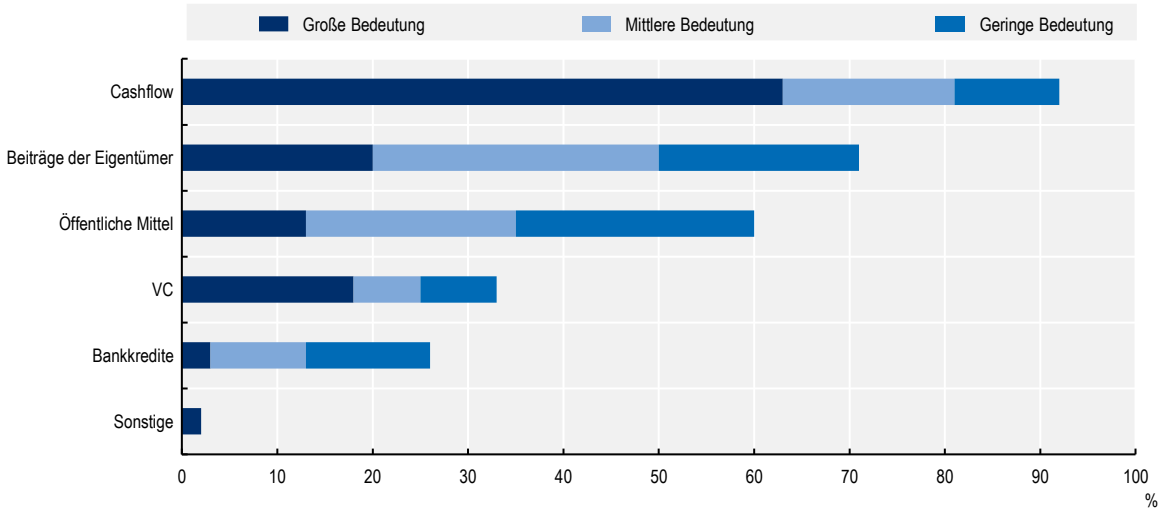
UnternehmerTUM ist das Zentrum für Innovation und Gründung an der Technischen Universität München. Es bietet eine breite Palette von Programmen und Ressourcen zur Unterstützung von Unternehmern, Start-ups und Innovationsprojekten. Dazu gehören Inkubatoren, Accelerator-Programme, Beratungsleistungen sowie der Zugang zu Netzwerken und Ressourcen zur Förderung von Innovation und Unternehmertum im Raum München. Es spielt eine bedeutende Rolle in der bayerischen Start-up-Szene, wo es zur Förderung von Technologie, Innovation und Unternehmertum beiträgt (UnternehmerTUM, 2023[65]).

EXIST gilt als erfolgreiches Programm, aber das Antragsverfahren wird als langwierig, unflexibel und zu stark zentralisiert angesehen. Das Programm bietet zwei Antragsrunden pro Jahr an (im Januar und Juli). Die Befragten plädierten für einen stärker dezentralisierten Ansatz, der sich bei der Prüfung und Bewertung der Vorschläge auf Hochschulen stützen sollte. Auch EXIST ist auf die frühen Stadien des Wachstums von Start-ups beschränkt.

Wie in anderen Ländern gibt es die größten Lücken bei der finanziellen Förderung in späteren Wachstumsphasen – dem sogenannten „*Tal des Todes*“. Dies ist auf die begrenzte Entwicklung des Risikokapitalmarkts in Deutschland zurückzuführen. Darüber hinaus hoben die Befragten hervor, dass die Vorschriften für die öffentliche Auftragsvergabe für Start-ups nicht hilfreich sind, was dazu führt, dass sie weniger innovativen KI-Lösungen für den öffentlichen Sektor anbieten und keinen Zugang zu einem Markt haben, der ihr Wachstum unterstützen könnte.

Abbildung 4.9. Deutsche KI-Start-ups stützen sich eher auf Cashflows und Kapitaleinlagen von Eigentümer:innen als auf Wagniskapital

Bedeutung verschiedener Finanzierungsquellen für die Finanzierung von KI-Start-ups,
Anteil an allen KI-Start-ups in %, 2023



Quelle: Rammer, C. (2023[60]), *Das Ökosystem für KIStartups. Vermarktung, Finanzierung, Fachkräfte und Vernetzung in Unternehmensgründungen im Bereich Künstliche Intelligenz*, https://www.zew.de/publikationen/das-oekosystem-fuer-ki-startups-in-deutschland-vermarktung-finanzierung-fachkraefte-und-vernetzung-in-unternehmensgruendungen-im-bereich-kuenstliche-intelligenz (zugegriffen am 17 October 2023).

Innovative Start-ups bieten zwar bereits Lösungen für den öffentlichen Sektor an (siehe Kapitel 8), aber es gibt noch ungenutztes Potenzial, wie auch in der Start-up-Strategie 2022 anerkannt wird (BMWK, 2022[66]). In der Strategie wird hervorgehoben, dass sowohl öffentliche Beschaffer stärker für die im Vergaberecht bestehenden Möglichkeiten innovativer Auftragsvergabe sensibilisiert als auch Start-ups ermutigt werden müssen, diese Möglichkeiten besser zu nutzen.

Deutschland hat die strategische Bedeutung der Innovationsbeschaffung in den nationalen politischen Rahmenbedingungen für die öffentliche Beschaffung, Innovation und Forschung und Entwicklung erkannt (PwC, 2020[67]). Im Jahr 2009 hat Deutschland eine Gesetzesänderung in den Rahmenbedingungen für Beschaffung umgesetzt, um es Regierungsstellen zu ermöglichen, innovative Aspekte der beschafften Produkte als Auswahlkriterien in Ausschreibungen anzugeben. Innovationsfördernde Instrumente sind jedoch in öffentlichen Beschaffungsstellen nur teilweise bekannt, und oft erschwert mangelnde Marktkenntnis die Vorbereitung von Ausschreibungen. Darüber hinaus sind die Anforderungen an die Eignung häufig hoch, was Umsatz, Referenzen, Anzahl der Mitarbeiter:innen und andere Kriterien betrifft (BMWK, 2023[68]). Das Kompetenzzentrum für innovative Beschaffung (KOINNO) ist der wichtigste Akteur auf nationaler Ebene, der die Umsetzung der Innovationspolitik im Beschaffungswesen unterstützt. KOINNO bietet öffentlichen Einrichtungen Werkzeuge und spezielle Beratungsleistungen für innovatives Management und innovative Produkte an. Während die Erstellung von Leitlinien für öffentliche Einrichtungen ein positiver Schritt zur Steigerung der öffentlichen Beschaffung KI-getriebener Innovationen ist, könnte es Potenzial für weitere Analysen der Faktoren, die Start-ups daran hindern, weiter an öffentlichen Ausschreibungen teilzunehmen, sowie für die Erkundung von Möglichkeiten zur Überarbeitung einiger Anforderungen geben.

Deutschland könnte eine Reihe von Kanälen wirksam nutzen, um die Verfügbarkeit von Wagniskapital im Land zu erhöhen, wie es im OECD-Bericht zur Innovationspolitik in Deutschland 2022 empfohlen wird (Kasten 4.3). Darüber hinaus könnte die Bundesregierung nach dem Vorbild des Deep-Tech-Plans in Frankreich einen eigenen Fonds zur Unterstützung wissenschaftsbasierter Start-ups einrichten, um den

Bedürfnissen von Start-ups im KI-Bereich gerecht zu werden. Der Deep-Tech-Plan wurde 2019 mit einem Budget von 3 Mrd. EUR für den Zeitraum 2019 bis 2025 gestartet und von der französischen öffentlichen Investitionsbank (*Banque publique d'Investissement,* BPI) überwacht. Er fördert die Gründung und das Wachstum von Start-ups im Deep-Tech-Bereich sowie die regionalen und sektoralen Innovationsökosysteme. Bis 2022 ermöglichte der Plan die Gründung von 870 Deep-Tech-Start-ups mit einer Gesamtförderung von 2 Mrd. EUR. Im Jahr 2022 wurden die Mittel für den Deep-Tech-Plan durch das Programm France 2030 um 500 Mio. EUR erhöht. Weitere 100 Mio. EUR, die Deep Tech gewidmet sind, werden Start-ups in verschiedenen Entwicklungsphasen Eigenkapitalhilfe leisten (Bpifrance, 2023[69]; Ministre de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, 2023[70]).

Kasten 4.3. Wie können Finanzmärkte gefördert werden, die der Skalierung bahnbrechender Innovationen förderlich sind?

Empfehlungen aus dem OECD-Bericht zur Innovationspolitik 2022

- **Überarbeitung des Rechtsrahmens für deutsche Kapitalsammelstellen, um Investitionen in riskante Innovationen zu fördern.** Die Bundesregierung sollte die Anforderung in Betracht ziehen, dass institutionelle Fonds einen bestimmten Prozentsatz in Wagniskapital- oder Private-Equity-Fonds für innovative Unternehmen investieren. So stellen etwa deutsche Pensionsfonds, Versicherungsunternehmen und öffentliche Finanzinstitutionen nur sehr wenig Risikokapital zur Verfügung, obwohl sie zu den wenigen Quellen gehören, die das für die Skalierung der vielversprechendsten Innovationen notwendige Finanzierungskapital bereitstellen könnten (einschließlich Investitionen in private Unternehmen durch Wagniskapitalfonds und Investitionen in börsennotierte Unternehmen). Ein anderer Ansatz könnte darin bestehen, Mitarbeiterbeteiligungsprogramme zu erleichtern.
- **Ausweitung von Steueranreizen, insbesondere jenen, die es privaten Investoren ermöglichen, Kapitalverluste mit sonstigen Erträgen zu verrechnen oder zukünftige Gewinne von der Steuer zu befreien, wenn sie der Anlagekategorie Wagniskapital entstammen.** Solche Anreize sollten sowohl für das Wagniskapitalsegment (vorbörsliche Emissionen) als auch für Investitionen über den Aktienmarkt (Entwicklungs- und Wachstumsfinanzierung) gelten. Das Vereinigte Königreich und Frankreich beispielsweise bieten jeweils sechs unterschiedliche Steueranreize, um die Versorgung der Wagniskapitalmärkte mit privatem Kapital zu verbessern.
- Die Bundesregierung sollte die Entwicklung von Finanzinstrumenten auf EU-Ebene fördern, die zur Skalierung innovativer Unternehmen beitragen und deren Abwanderung verhindern. Das zur Skalierung einiger der Unternehmen mit größtem Potenzial notwendige Finanzierungsvolumen steht häufig weder innerhalb Deutschlands noch innerhalb der Europäischen Union zur Verfügung, was zur Folge hat, dass Unternehmen regelmäßig in Länder abwandern, in denen Finanzmittel leichter verfügbar sind, wie etwa die Vereinigten Staaten oder das Vereinigte Königreich. Die Bundesregierung sollte darauf hinwirken, auf EU-Ebene die Entwicklung von außerbörslichem Beteiligungskapital für Investitionen in noch nicht öffentlich verfügbare Technologien und digitale Innovationsträger zu etablieren. Die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) könnte eine stärkere Rolle bei der Entwicklung des inländischen Wagniskapitalmarkts für stärker risikobehaftete Investitionen einnehmen.

Quelle: OECD (2022[71]), *OECD Reviews of Innovation Policy: Germany 2022: Building Agility for Successful Transitions*, https://doi.org/10.1787/50b32331-en.

Empfehlungen für den KI-Transfer zu KMU und Start-ups

Verbesserung der Visibilität staatlicher Programme zur Förderung der KI-Anwendung durch KMU

Deutschland setzt viele Programme zur Entwicklung und Integration von KI in die Wirtschaft um. Die zu unterstützenden Begünstigten kennen die Programme jedoch möglicherweise nicht oder finden es schwierig, die Möglichkeiten zu nutzen. Um ihre Bekanntheit und Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen, könnte die Plattform *Lernende Systeme,* die staatliche Angebote zentralisiert, verbessert werden, um eine interaktivere Erfahrung zu bieten. So könnte sie beispielsweise ein Selbstbewertungsinstrument für Unternehmen enthalten, um ihre KI-Bereitschaft zu beurteilen, ihre Bedürfnisse zu definieren und zu der geeignetsten Unterstützungsinitiative geführt zu werden. Die Plattform könnte auch einen offenen und durchsuchbaren Katalog mit Erfolgsgeschichten, Anwendungen und Anwendungsfällen im Bereich der KI mit Informationen über die wirtschaftlichen Auswirkungen von KI führen, um Unternehmen dabei behilflich zu sein, zu verstehen, was sie erreichen können.

Erarbeitung von regulatorischen Leitlinien zur Förderung der KI-Umsetzung

Um das Vertrauen von KMU in die Einführung von KI zu erhöhen, sollten Datenschutzbehörden klare regulatorische Leitlinien und Ratschläge zu Technologien für die ethische und verantwortungsvolle Nutzung von Daten bereitstellen. In dieser Hinsicht sollte ihr Mandat die Unterstützung innovativer Akteur:innen bei der Einhaltung der DSGVO umfassen. Außerdem sollten regulatorische Leitlinien auch in Bezug auf Bestimmungen für Daten, die als Geschäftsgeheimnisse eingestuft werden, bereitgestellt werden. Die Bundesregierung sollte in Zusammenarbeit mit Wirtschaftsverbänden auch Programme einführen, die Orientierungshilfe zur Umsetzung der KI-Verordnung der EU geben.

Verbesserung der Verfügbarkeit offener Verwaltungsdaten, Unterstützung der Unternehmen bei der Verbesserung ihrer Datenreife und Förderung von Initiativen zum Datenaustausch, um KMU den Zugang zu hochwertigen Daten zu erleichtern

Die Verfügbarkeit von und der Zugang zu offenen und industriellen Daten haben sich als Engpässe für die KI-Entwicklung erwiesen. Die Bundesregierung könnte Gesetze einführen und durchsetzen, die Regierungsbehörden auf allen Ebenen verpflichten, nicht sensible Daten in offenen Formaten zu veröffentlichen. Dies würde ein breites Spektrum an Informationen für das Trainieren von KI-Modellen zu deutschen Inhalten verfügbar machen. Programme zur Förderung von KMU bei Transferaktivitäten könnten ihren Schwerpunkt auf die Verbesserung der Datenreife in Unternehmen legen. Die Förderung könnte durch eine Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen oder staatlichen Stellen flankiert werden, um KMU beim Austausch von Daten aus sektoralen Datenräumen, beim Zugriff auf solche Daten sowie bei ihrer Nutzung zu unterstützen. Die Festlegung von Datenqualitätsstandards könnte KMU dabei helfen, sicherzustellen, dass gemeinsam genutzte Daten zuverlässig und zutreffend sind und den Rechtsvorschriften entsprechen.

Überarbeitung von Steueranreizen, Stärkung von Forschungs- und Entwicklungszuschüssen und Einführung von Gutschriften zur Unterstützung der KI-Einführung durch KMU

Deutschland setzt Programme zur Förderung der Entwicklung und Integration von KI in Unternehmen um. Diese Initiativen, insbesondere diejenigen, die Zuschüsse für Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der KI bereitstellen, stehen einer hohen Nachfrage gegenüber und können dem Bedarf vieler KMU nicht gerecht werden. Es besteht die Möglichkeit, zusätzliche Mittel bereitzustellen, um KMU, die in Zusammenarbeit mit Forschungspartner:innen oder Start-ups an der Forschung, Entwicklung und

Umsetzung von KI beteiligt sind, stärker zu unterstützen. Finanzielle Förderung könnte im Rahmen der Steuerpolitik geleistet werden. Deutschland könnte eine Überarbeitung bestehender Steueranreize in Betracht ziehen, die speziell auf Unternehmen zugeschnitten sind, die in KI-Technologien investieren. Dazu könnten Steuervorteile für KI-Forschungsausgaben, Schulungen zur Verbesserung von KI und datenbezogenen Fertigkeiten oder Investitionen zur Verbesserung der Datenreife gehören. Angesichts des Potenzials generativer KI, die Produktivität zu erhöhen, könnte die Bundesregierung darüber hinaus die Einführung von Gutschriften in geringen Beträgen (z. B. 5.000-10.000 EUR) in Betracht ziehen, um die Zusammenarbeit von KMU mit Berater:innen zu unterstützen, um generative KI-Lösungen auf ihre Unternehmen zuschneiden zu können.

Verbesserung des Zugangs zu Finanzmitteln für KI-Start-ups

Während öffentliche Unterstützung für neue und kleine Unternehmen in *Pre-Seed*- und *Seed*-Runden verfügbar und effektiv ist, stehen KI-Start-ups vor Herausforderungen beim Zugang zu Kapital für ihre Expansion. Die Verfügbarkeit von Wagniskapital könnte durch eine Überarbeitung des Rechtsrahmens für Kapitalsammelinstitute erhöht werden. So könnte z. B. gefordert werden, dass institutionelle Fonds wie Pensionsfonds und Versicherungsgesellschaften einen bestimmten Prozentsatz in Wagniskapital oder *Private-Equity-Fonds* für innovative Unternehmen investieren. Um die Unternehmensfinanzierung zu mobilisieren, könnte die Bundesregierung Steueranreize einführen und ausweiten, die es privaten Investoren bei Investitionen in der Anlagekategorie Wagniskapital ermöglichen, Kapitalverluste mit sonstigen Erträgen zu verrechnen, oder Steuerbefreiungen für zukünftige Gewinne gewähren. Darüber hinaus könnte die öffentliche Unterstützung durch die Einrichtung eines gezielten Finanzierungsprogramms zur Förderung von KI-Start-ups in ihrer Wachstumsphase verstärkt werden. Ein derartiges Programm sollte wissenschaftsgestützten Projekten Vorrang einräumen, die Potenzial für bedeutende technologische Fortschritte und wirtschaftliche Vorteile aufweisen.

Überarbeitung und Vereinfachung der Beschaffungsverfahren, um sicherzustellen, dass Start-ups und etablierte Unternehmen die gleichen Chancen haben

Durch den Zugang zu öffentlichen Aufträgen könnten Start-ups im Bereich der KI einen Markt für ihre Produkte und Dienstleistungen erhalten. Die Vergabestellen setzen jedoch nur teilweise innovationsfördernde Instrumente ein und ihre Anforderungen sind häufig hoch, was Umsatz, Referenzen, Anzahl der Beschäftigten und andere Kriterien betrifft. Die Bundesregierung sollte Leitlinien vorgeben, die sicherstellen, dass Start-ups – insbesondere solche mit wissenschaftsbasierten Innovationen – neben etablierten Unternehmen gleichen Zugang zu Chancen aus öffentlicher Beschaffung haben. Darüber hinaus sollte die Bundesregierung analysieren, welche Faktoren Start-ups von der Teilnahme an öffentlichen Ausschreibungen abhalten, und Möglichkeiten erkunden, einige Anforderungen zu überarbeiten.

KI-Infrastruktur

Als zentraler Akteur in der KI-Forschung und -Entwicklung baut Deutschland seine KI-Fähigkeiten aus, indem es in die KI-Recheninfrastruktur mit spezialisierten Hardware- und Software-Stacks investiert. Die strategischen Investitionen des Landes in die Modernisierung der Recheninfrastruktur und die Teilnahme am Gaia-X-Projekt spiegeln sein Engagement für die Verbesserung von KI-Anwendungen und Datenaustausch wider.

Deutschlands nationale KI-Strategie ist auf die Stärkung der Recheninfrastruktur, insbesondere für Forschung und Wissenschaft, und die Förderung des Datenzugangs ausgerichtet

Neben Daten und Algorithmen ist die KI-Recheninfrastruktur ein wesentlicher Bestandteil der KI-Entwicklung. Es wird erwartet, dass sie die Fähigkeiten der KI mit der Zeit vorantreiben und verbessern wird. Sie unterscheidet sich von anderen KI-Inputs wie Daten oder Algorithmen, da sie auf „Stacks“ oder Schichten physischer Infrastruktur und Hardware sowie KI-spezifischer Software basiert (OECD, 2023[72]). Fortschritte bei der KI-Recheninfrastruktur haben den Übergang von Allzweckprozessoren wie Hauptprozessoren (CPUs) zu spezialisierter Hardware ermöglicht, die weniger Energie für mehr Berechnungen pro Zeiteinheit benötigt. Fortschrittliche KI wird heute überwiegend auf spezialisierter Hardware trainiert, die für bestimmte Arten von Operationen optimiert ist, wie z. B. Grafikprozessoren (GPUs), Tensor-Prozessoren (TPUs) und andere. Fortschrittliche KI-Forschung wird rechenintensiver und teurer und viele Länder verfügen nicht über die KI-Rechenkapazität, um ihre nationalen KI-Strategien umzusetzen. Die Nachfrage nach KI-Rechenleistung ist drastisch gestiegen, insbesondere für neuronale Deep-Learning-Netzwerke. Die Sicherung spezieller Hardware, die speziell für KI entwickelt wurde, kann aufgrund komplexer Lieferketten eine Herausforderung darstellen, wie Engpässe in der Halbleiterindustrie zeigen (Khan, Mann and Peterson, 2021[73]).

Die deutsche KI-Strategie 2018 und die Fortschreibung 2020 beinhalten erhebliche Investitionen in die KI-Recheninfrastruktur. Konkret werden im Rahmen der Strategien erhebliche Investitionen in die Entwicklung einer fortschrittlichen KI-Infrastruktur zur Unterstützung nationaler Anwendungen in den Bereichen Wissenschaft, Forschung und Entwicklung und Lehre sowie zur Erleichterung des Datenaustauschs und der Datennutzung getätigt. Die Fortschreibung 2020 der Strategie schlägt einen KI-Ansatz „*Made in Europe*“ vor und skizziert verschiedene Initiativen, darunter die Modernisierung der bestehenden Supercomputing-Infrastruktur und die Erhöhung der Rechenkapazität durch neue Initiativen. Im Rahmen der Strategie werden 512 Mio. EUR für die Entwicklung der Dateninfrastruktur und die Förderung des Gaia-X-Projekts bereitgestellt. Ziel dieser Investitionen ist es, mehr Daten aus bisher unzugänglichen Datenpools bereitzustellen, die deutschen KI-Kompetenzzentren zu stärken und sie mit regionalen KI-Anwendungszentren zu koordinieren (Die Bundesregierung, 2020[1]).

Laut der German Datacenter Association, dem Branchenverband der Betreiber und Eigentümer von Rechenzentren in Deutschland, steigt die Nachfrage nach Infrastruktur und Dienstleistungen im KI-Bereich in Deutschland, wobei viele KI-Anwendungen eine Infrastruktur mit hohen Sicherheits- und Datenschutzanforderungen erfordern. Entsprechend stellt der Branchenverband in seinem German Datacenter Outlook 2023-2024 fest, dass viele Unternehmen planen, in den kommenden Jahren entsprechende Kapazitäten in Deutschland einzurichten (GDA, 2023[74]).

Deutschlands strategischer Ansatz bei der KI-Recheninfrastruktur konzentriert sich auf den Aufbau einer modernen Infrastruktur zur Förderung der Forschungsexzellenz. Das Engagement für die Modernisierung der bestehenden deutschen KI-Infrastruktur umfasst den beschleunigten Ausbau des *Gauss Centre for Supercomputing* auf Exascale-Kapazität sowie Investitionen in Hochleistungsrechenkapazitäten gemeinsam mit den betreffenden Bundesländern, um Anwendungen in den Bereichen Wissenschaft, Forschung und Lehre zu fördern. Die nationale Rechenkapazität Deutschlands für KI wird zudem durch ein umfangreiches bundesweites Netzwerk von Hochschulen und Forschungseinrichtungen gestärkt, die in Recheninfrastruktur für ihre Studierenden und Forschenden investiert haben. Der strategische Ansatz Deutschlands umfasst auch Cloud-Initiativen, nämlich die Verpflichtung zum Aufbau einer leistungsfähigen und sicheren föderierte Dateninfrastruktur zur Unterstützung der interoperablen gemeinsamen Datennutzung im Rahmen des Projekts Gaia-X (Die Bundesregierung, 2020[1]).

Deutschland verfügt über eine weltweit erstklassige Recheninfrastruktur für Forschung und Wissenschaft

Deutschland hat eine führende Position in der Recheninfrastruktur für Forschung und Wissenschaft inne, die sich auf das *Gauss Centre for Supercomputing* (Kasten 4.3) und auf die in Forschungseinrichtungen und Hochschulen integrierte Infrastruktur stützt. Obwohl diese Infrastruktur nicht ausschließlich KI-spezifisch ist, sind viele ihrer fortschrittlichen Fähigkeiten auf KI-Anwendungen übertragbar. Das *Gauss Centre* vereint die drei größten nationalen Supercomputing-Zentren Deutschlands zu einem Netzwerk führender Supercomputing-Infrastruktur, bestehend aus dem Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS), dem *Jülich Supercomputing Centre* (JSC) und dem Leibniz-Rechenzentrum in München (LRZ). Ihre Finanzierung erfolgt durch Fördermittel des Bundes, insbesondere für die Modernisierung und den Ausbau der Infrastruktur, sowie der Länder für die Betriebskosten. Die deutsche KI-Strategie sieht vor, das *Gauss Centre* auf Exascale-Kapazität aufzurüsten, einschließlich der Bereitstellung von GPUs und Spezialhardware zum Trainieren von KI-Systemen.

Obwohl das *Gauss Centre* führende Supercomputing-Kapazitäten bietet, ist diese Infrastruktur nicht nur für KI-Arbeitslasten bestimmt. Zu den Nutzer:innen des *Gauss Centre* gehören Forschungskonsortien und Studierende sowie Unternehmen aus der Privatwirtschaft und Industriepartner:innen, die sich um die Nutzung solcher Infrastrukturen als Konsortium bewerben, wobei häufig eine Partnerschaft mit Forschungseinrichtungen oder Hochschulen, die die Projektanträge einreichen, erforderlich ist. Auch wenn Partner:innen aus der Privatwirtschaft, wie Start-ups, KMU, und Großunternehmen, die Systeme des *Gauss Centre* für einige Projekte allein oder als Teil von Forschungskonsortien nutzen können, werden die Systeme jedoch in erster Linie für vorkommerzielle Forschungszwecke eingesetzt. Derzeit können Forschungsergebnisse aus solchen Partnerschaften nicht für kommerzielle Zwecke genutzt werden, was auf Herausforderungen beim Transfer von Forschungsergebnissen aus dem Bereich der KI in kommerzielle Anwendungen hinweist. Der Zugang zur Infrastruktur des *Gauss Centre* kann ebenfalls eine Herausforderung darstellen, da für die Genehmigung eines Projekts ein hohes Maß an Dokumentation und Prüfung erforderlich ist, wie zum Beispiel das Erfordernis der Bildung eines Konsortiums. Zudem sind die Nutzer:innen oft mit langen Wartezeiten bei der Projektgenehmigung konfrontiert.

Das Gauss Centre ist auch ein wichtiger Partner im Gemeinsamen Unternehmen für europäisches Hochleistungsrechnen (EuroHPC), einer 2018 gegründeten Initiative der Europäischen Union mit einem Budget von etwa 7 Mrd. EUR für den Zeitraum 2021-2027. Deutschland beteiligt sich als wichtiger Partner am EuroHPC-Supercomputing-Netzwerk, aber das Netzwerk bietet deutschen Forscher:innen, Wissenschaftler:innen und Akademiker:innen auch die Möglichkeit, europaweit auf größere Rechenkapazitäten zuzugreifen und so zu den Spitzenleistungen Europas in Forschung und Wissenschaft beizutragen. Wie beim Gauss-Netzwerk wird die EuroHPC-Infrastruktur traditionell für Anwendungen in Wissenschaft, Forschung und Lehre genutzt, die nicht kommerzieller Natur sind.

Traditionell wird nur ein Teil der EuroHPC-Infrastruktur für KI-Anwendungen genutzt, obwohl die Nachfrage nach Infrastruktur zur Unterstützung von KI-Projekten in den letzten Jahren gestiegen ist. Dies hat zu einer Änderung der Anforderungen in Bezug auf die Berechtigung zur Nutzung der EuroHPC-Infrastruktur geführt. Im November 2023 sagte die Europäische Kommission zu, im Rahmen der EU-Initiative für KI Start-ups den Zugang zur EuroHPC-Infrastruktur auf europäische KI-Start-ups, KMU und die breitere KI-Gemeinschaft auszuweiten. Dies hat zum Ziel, die Weiterentwicklung und Skalierbarkeit von KI Modellen in Europa zu fördern, indem der Zugang zu leistungsfähigen Supercomputern für KI-Training und -Tests erleichtert wird, um „die Trainingszeiten von Monaten oder Jahren auf Wochen zu verkürzen“ (EC, 2023[75]). Im Januar 2024 kündigte die Europäische Kommission außerdem mehrere Änderungen ihrer Politik an, die darauf abzielen, Unternehmen in ganz Europa, darunter Start-ups und KMU, die Nutzung von KI-Rechenkapazitäten zu erleichtern. Dazu gehört auch eine Änderung der EuroHPC-Verordnung, um zusätzlich zu anderen Initiativen „KI-Fabriken“, einem neuen Aspekt des Programms, einzurichten (EC, 2024[76]).

Die Ausweitung des Infrastrukturzugangs auf die breitere KI-Gemeinschaft könnte dazu beitragen, dass deutsche KI-Start-ups und KMU in der Lage sind, die vorhandene weltweit erstklassige Infrastruktur für KI-Forschung und kommerzielle Anwendungen in ganz Europa wirksam zu nutzen, einschließlich Infrastruktur, die für KI-Arbeitslasten geeignet ist, wie die des *Gauss Centre*. EuroHPC hat außerdem eine neue Forschungs- und Innovationsausschreibung gestartet, um ein europäisches Zentrum zur Unterstützung europäischer KI-Nutzer:innen bei der Suche nach Hochleistungsrechenkapazitäten einzurichten. Ein solches Unterstützungszentrum könnte auch helfen, eine Verbindung zwischen jenen im deutschen KI-Ökosystem, die nach KI-Rechenressourcen suchen, und relevanter Infrastruktur, relevanten Dienstleistungen und relevantem Support in ganz Europa herzustellen (EuroHPC, 2023[77]).

Deutschlands Spitzenleistungen in der KI-Forschung sind in öffentlichen Einrichtungen wie führenden Hochschulen und zugehörigen Forschungsinstituten verankert. Dies steht im Gegensatz zu anderen Ländern, insbesondere den Vereinigten Staaten, wo die führende KI-Forschung, angeführt von großen Technologieunternehmen, zunehmend vom privaten Sektor durchgeführt oder privat finanziert wird. Dies veranschaulicht, wie innerhalb von Ländern Klüfte in der Rechenkapazität auftreten oder sich ausweiten könnten, insbesondere zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor. Dies ist im Zusammenhang damit zu betrachten, welche Gruppen Zugang zur Rechenkapazität und zu den umfangreicheren personellen und finanziellen Ressourcen haben, die für die fortgeschrittene KI-Forschung erforderlich sind (OECD, 2023[72]).

Kasten 4.4. Das Gauss Centre for Supercomputing

Die Exzellenz der deutschen Recheninfrastruktur stützt sich auf drei Supercomputing-Zentren

Das *Gauss Centre for Supercomputing* vereint die drei größten nationalen Supercomputing-Zentren Deutschlands zur führenden Supercomputing-Institution des Landes: das HLRS, das JSC und das LRZ.

Das HLRS in Stuttgart ist eine Forschungs- und Dienstleistungsinstitution der Universität Stuttgart, die wissenschaftlichen Nutzer:innen und der Industrie Dienstleistungen im Bereich der Systeme, Lehre und Ausbildung zum Hochleistungsrechnen sowie nationale und internationale Forschungszusammenarbeit anbietet.

Das JSC in Jülich ist eines der größten interdisziplinären Forschungszentren Europas und bietet Hochleistungskapazitäten für Wissenschaftler:innen nationaler und internationaler Hochschulen und Forschungslabore sowie für Industriepartner:innen. Das JSC bietet Dienstleistungen zur Unterstützung beim Betrieb von Hochleistungsrecheninfrastrukturen an, einschließlich Datenspeicherung, Visualisierungssystemen, Netzwerken und Software sowie Unterstützung und Schulung der Nutzer:innen an. Projektanträge auf Zugang zur Infrastruktur des JSC werden im Rahmen eines wissenschaftlichen Peer-Review-Verfahrens geprüft, das vom John von Neumann-Institut für Computing durchgeführt wird. Im Jahr 2024 soll JUPITER, einer der schnellsten Supercomputer der Welt, am JSC in Betrieb gehen. Er wird einer der leistungsfähigsten Supercomputer für KI-Anwendungen sein und voraussichtlich KMU und Start-ups im Rahmen der neuen EuroHPC-Initiative zur Verbesserung des Zugangs zu Recheninfrastruktur im gesamten europäischen KI-Ökosystem zugänglich gemacht werden.

Das LRZ in München stellt der Wissenschaftsgemeinde von den Biowissenschaften bis zur Astrophysik eine weltweit erstklassige Hochleistungsrecheninfrastruktur zur Verfügung. Es werden Anstrengungen unternommen, um den Betrieb des Zentrums so energieeffizient wie möglich zu gestalten. Das LRZ konzentriert sich auf die Entwicklung von Fähigkeiten für die nächste Computergeneration, einschließlich der Forschung zu neuen Technologien wie Quantencomputing und der Integration von KI in große Hochleistungsrechensysteme. Es bietet Bildungsprogramme für Hochleistungsrechnen, einschließlich maschinellen Lernens, an. Neben seiner Rolle als nationales Supercomputing-Zentrum

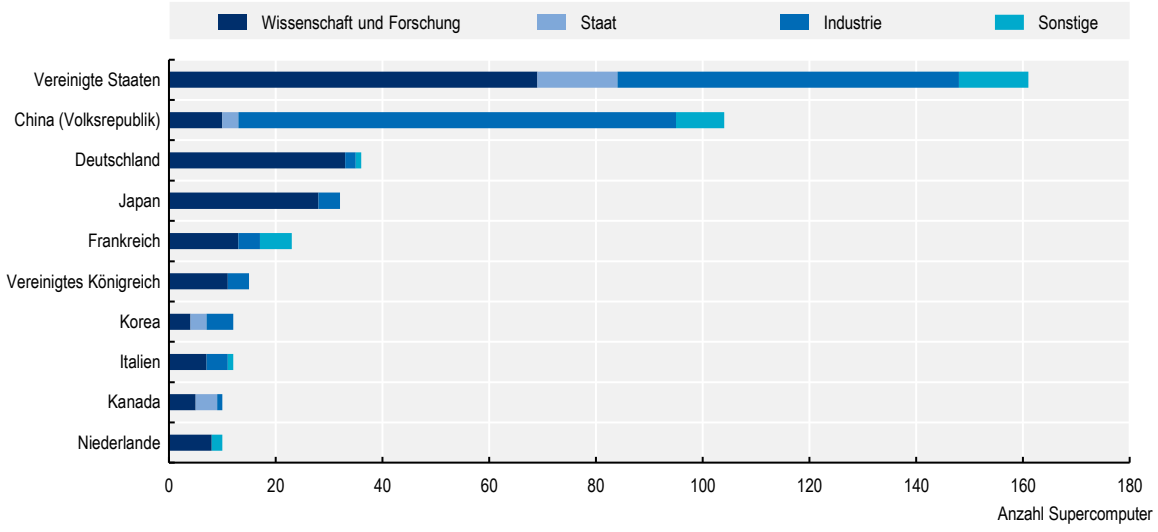
ist das LRZ der IT-Dienstleister für alle Hochschulen in München sowie für Forschungseinrichtungen in ganz Bayern.

Quelle: GCS (2023[78]), *Our Centres*, Gauss Centre for Supercomputing, https://www.gauss-centre.eu/about-us/our-centres; EuroHPC (2023[79]), *Discover EuroHPC JU*, https://eurohpc-ju.europa.eu/about/discover-eurohpc-ju_en; JSC (2024[80]), *JUPITER - The Arrival of Exascale in Europe*, https://www.fz-juelich.de/en/ias/jsc/jupiter.

Im internationalen Vergleich nimmt Deutschland bei den nationalen Supercomputing-Kapazitäten, insbesondere bei Rechenanwendungen in Wissenschaft, Forschung und Lehre, eine führende Stellung ein. Nach der Top500[2] -Liste vom November 2023, einer freiwilligen Weltrangliste von Supercomputern, liegt Deutschland bei der höchsten Anzahl von Supercomputern (mit 36 Supercomputern hinter den USA mit 161 und der Volksrepublik China (im Folgenden „China“) mit 104) an dritter Stelle von 35 Ländern, wobei fast alle nationalen Rechenkapazitäten Wissenschafts- und Forschungsanwendungen unterstützten (Abbildung 4.10). Obwohl Supercomputer zunehmend mit spezialisierter Infrastruktur aktualisiert werden, um die effiziente Ausführung KI-spezifischer Arbeitslasten zu ermöglichen, unterscheidet die Top500-Liste Supercomputer nicht nach der auf KI spezialisierten Arbeitslastkapazität. Daher kann die Analyse der Top500-Liste nur als stellvertretendes Maß für die nationale Rechenkapazität der Länder dienen, unter dem Vorbehalt, dass die Infrastruktur nicht unbedingt nur für KI-Zwecke genutzt wird und einige Länder in den letzten Jahren nicht konsequent Ergebnisse für das freiwillige Ranking vorgelegt haben.

Abbildung 4.10. Deutschland hat laut der Top500-Liste die drittmeisten Supercomputer, wobei fast alle nationalen Rechenkapazitäten Wissenschafts- und Forschungsanwendungen unterstützen

Nach Volkswirtschaft und Sektor, Top-10-Volkswirtschaften, November 2023



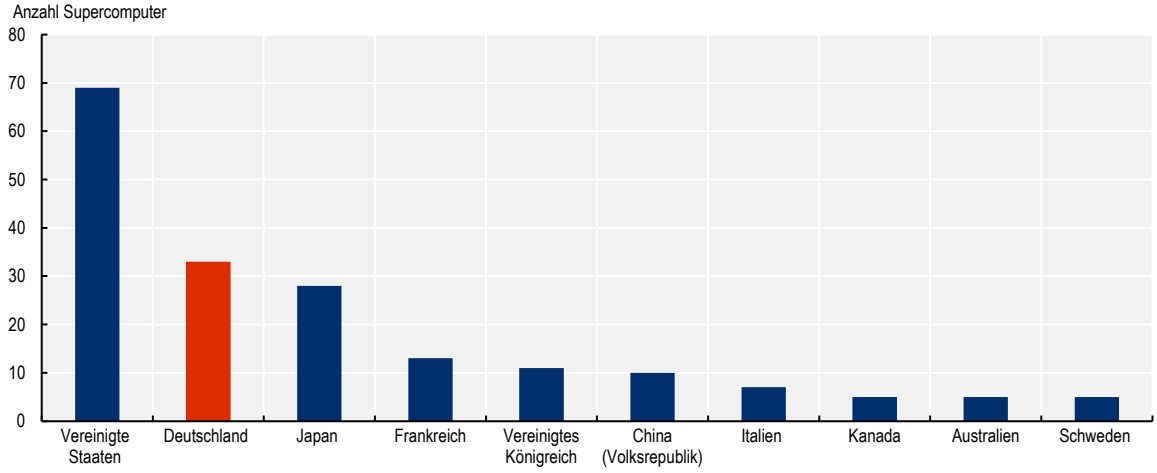
Hinweis: Von den im November 2023 in den Top500 genannten 35 Volkswirtschaften sind nur die zehn führenden abgebildet. Die Top500-Liste erscheint zweimal im Jahr und wird von Jack Dongarra, Martin Meuer, Horst Simon und Erich Strohmaier erstellt. Die Beiträge zu der Liste sind freiwillig, was zu methodischen Herausforderungen führt, da einige Länder in den letzten Jahren nicht durchgängig Ergebnisse vorgelegt haben. Diese Zahl sollte nur als richtungsweisendes Proxy-Maß für die nationale KI-Rechenkapazität betrachtet werden, wobei auf mehrere Vorbehalte hinzuweisen ist. Sie unterscheidet Supercomputer nicht nach der Arbeitslastkapazität, die auf KI spezialisiert ist. Da Arbeitslasten nicht auf mehreren Supercomputern ausgeführt werden können, sollte dieses Maß zudem mit Vorbehalt betrachtet werden (z. B. wären 10 Supercomputer, die sich auf denselben Rmax-Wert wie ein einzelner Supercomputer aufsummieren, nicht gleichwertig mit diesem).
Quelle: Abbildung erstellt mit Daten aus TOP500 (2023[81]), *The List*, https://www.top500.org/ (zugegriffen am 15 November 2023).

Eine einfache Zählung der Top500-Liste vermittelt kein vollständiges Bild davon, welche Volkswirtschaften über die größte Supercomputing-Kapazität verfügen, da verschiedene Supercomputer trotz erheblicher Unterschiede bei der Geschwindigkeit und Leistung behandelt werden, als ob sie gleich wären (OECD, 2023[72]). Die führende Position Deutschlands in der Recheninfrastruktur ist für Forschungs- und Wissenschaftsanwendungen sowohl in Bezug auf die Anzahl der Supercomputer als auch auf die Leistung bemerkenswert. So steht Deutschland beispielsweise bei der Zahl der Supercomputer für Wissenschaft und Forschung (33) an zweiter Stelle hinter den Vereinigten Staaten (69), gefolgt von Japan (28), Frankreich (13), dem Vereinigten Königreich (11), China (10), Italien (7), Kanada (5), Australien (5) und Schweden (5) (Abbildung 4.11). Bei der Leistung von Supercomputern für Wissenschafts- und Forschungsanwendungen, gemessen in „Rmax“ – der maximalen Leistung eines Computers – liegt Deutschland auf Platz fünf (Abbildung 4.12), vor China und hinter den Vereinigten Staaten und Finnland (wo der leistungsstarke LUMI-Supercomputer Teil des EuroHPC-Netzwerks ist). Dies zeigt, dass Deutschlands Supercomputer für Forschung und Wissenschaft eine vergleichsweise hohe Leistung (gemessen in Rmax) aufweisen.

Die Analyse der Top500-Liste verdeutlicht Deutschlands starke Position bei der Recheninfrastruktur für Wissenschafts- und Forschungsanwendungen und weist auf Lücken in der weltweit erstklassigen Recheninfrastruktur im staatlichen und industriellen Bereich hin. So verfügen sowohl die Vereinigten Staaten als auch China über beträchtliche industrielle und staatliche Kapazitäten, die zu ihrem hohen Rang unter den Top500 beitragen, während Deutschland fast keine industriellen Supercomputer auf der Liste und keine staatlichen Supercomputer im Ranking hat (Abbildung 4.10).

Abbildung 4.11. Deutschland nimmt bei der Anzahl an Supercomputern für Wissenschafts- und Forschungsanwendungen eine führende Stellung ein

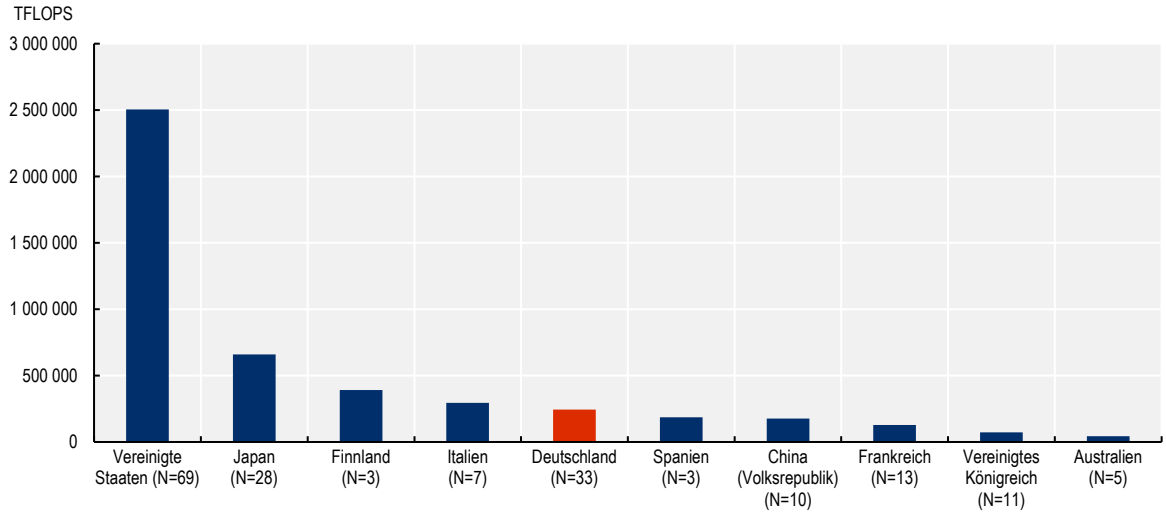
Anzahl der Top-Supercomputer für Wissenschaft und Forschung nach Volkswirtschaft, November 2023



Hinweis: Siehe Anmerkungen in Abbildung 4.10.
Quelle: Abbildung erstellt mit Daten aus TOP500 (2023[81]), *The List*, https://www.top500.org/ (zugegriffen am 15 November 2023).

Abbildung 4.12 Deutschlands Supercomputer für Wissenschafts- und Forschungsanwendungen rangieren hinsichtlich ihrer Leistung auf Platz fünf

Top500-Supercomputer für Wissenschaft und Forschung nach Volkswirtschaften geordnet nach Gesamt-Rmax, der maximalen Leistung eines Computers, November 2023



Hinweis: Siehe Anmerkungen in Abbildung 4.10. TFLOPS steht für teraFLOPS, ein Maß für ein Computersystem, das eine Billion (10^{12}) Gleitkommaoperationen pro Sekunde ausführen kann. Das N in Klammern hinter dem Ländernamen bezieht sich auf die Anzahl der Supercomputer, die für Wissenschafts- und Forschungsanwendungen bestimmt und für dieses Land in der Top500-Liste vom November 2023 aufgeführt sind.
Quelle: Abbildung erstellt mit Daten aus TOP500 (2023[81]), *The List*, https://www.top500.org/ (zugegriffen am 15 November 2023).

Die Analyse globaler Wagniskapital-Investitionen in deutsche KI-Computing-Start-ups – gemessen an auf Preqin verfügbaren Informationen über Wagniskapital-Transaktionen, nach mehreren Stichwörtern[3] – zeigt, dass die Wagniskapital-Investitionen in KI-Computing- und KI-Hardware-Start-ups in Deutschland in den letzten Jahren von etwa 11 Mio. USD im Jahr 2017 auf 222 Mio. USD im Jahr 2021 gestiegen sind und im Jahr 2023 rund 138 Mio. USD betrugen. Wie der globale Wagniskapital-Markt verzeichneten auch die gesamten Wagniskapital-Investitionen in deutsche KI-Computing-Start-ups seit 2021 einen deutlichen Rückgang, der allgemeinere Wagniskapital-Trends widerspiegelt, denen zufolge die Investoren nach dem Technologieboom der COVID-19-Pandemie, steigenden Zinssätzen und zunehmendem Inflationsdruck zurückhaltend bleiben.

Während die Wagniskapital-Investitionstrends bei KI-Computing-Start-ups die allgemeinen Trends in der globalen Wagniskapital-Branche widerspiegeln, waren die Investitionen in Deutschland im Jahr 2022 niedriger als in vergleichbaren Volkswirtschaften wie dem Vereinigten Königreich, Korea und Kanada, aber höher als in Volkswirtschaften wie Spanien und Japan. Wagniskapital-Finanzierung für deutsche KI-Computing-Start-ups kommt überwiegend aus dem deutschen Inlandsmarkt und den Vereinigten Staaten, wobei kleinere Wagniskapital-Beiträge auch von Investoren in Ländern wie dem Vereinigten Königreich und Österreich stammen (OECD.AI, 2023[64]). Dies weist auf die bedeutende Rolle von Investoren aus Nicht-EU-Ländern wie den Vereinigten Staaten und dem Vereinigten Königreich bei der Finanzierung und Skalierung deutscher Hardware- und Infrastrukturunternehmen hin und zeigt, dass die inländischen und EU-Risikokapitalmärkte möglicherweise weiter ausgebaut werden müssen.

Deutschland konkurriert um Fachkräfte, um die KI-Infrastruktur effizient und wirksam nutzen zu können

Für die effiziente und wirksame Nutzung von KI-Rechenressourcen werden Fachkräfte, häufig Ingenieur:innen oder Personen mit technischer Hardware-Expertise, benötigt. Da Unternehmen jedoch weltweit um die besten KI-Talente konkurrieren, die Rechenleistungsanforderungen der KI-Arbeitslasten steigen und sich der Hardware-Stack für KI-Computing weiterentwickelt, sind qualifizierte Arbeitskräfte, die auf KI-Infrastruktur spezialisiert sind, weltweit rar (OECD, 2023[72]). Im Einklang mit globalen Trends hat sich die Anzahl der Stellenangebote in Deutschland mit KI-Computing-bezogenen Stichwörtern mehr als verdoppelt, von etwa 12 % der gesamten IT-Stellenangebote im Jahr 2019 auf etwa 25 % im Jahr 2023 (OECD.AI, 2024[82]). Dies deutet auf einen Anstieg des Bedarfs an KI-Computing-bezogenen Fähigkeiten in den letzten Jahren hin. Solche Fähigkeiten werden derzeit im Rahmen von Studiengängen, an Forschungsinstituten und durch Ausbildung am Arbeitsplatz erworben. Interviews mit Mitarbeiter:innen im deutschen KI-Ökosystem zeigten einen Fachkräftemangel für den effizienten und wirksamen Betrieb der KI-Infrastruktur. Einige gaben an, dass der Zugang zu qualifizierten Arbeitskräften mit dem Zugang zu Rechenzeit einhergehen muss.

Die deutsche KI-Strategie unterstützt Cloud- und Dateninfrastrukturinitiativen

Obwohl in Deutschland im weltweiten Vergleich erstklassige Infrastruktur zur Unterstützung von Forschung und Wissenschaft existiert, stützen sich Unternehmen bei ihrer KI-Rechenkapazität stark auf *Hyperscale*-Cloud-Anbieter:innen – in der Regel von Unternehmen mit Sitz in den Vereinigten Staaten. Eine Analyse des deutschen KI-Start-up-Ökosystems zeigt, dass nur 7 % der KI-Start-ups staatliche Recheninfrastruktur nutzen, während 84 % der KI-Start-ups Cloud-Computing-Infrastrukturen privater Anbieter:innen nutzen (Rammer, 2023[60]). Souveräne Cloud-Computing-Optionen können in Deutschland begrenzt sein, da sie oft nicht verfügbar, nicht sehr benutzerfreundlich oder im Vergleich zur Kapazität großer ausländischer Unternehmen kostenmäßig nicht wettbewerbsfähig sind. Die Abhängigkeit von ausländischen Cloud-Anbieter:innen und die geringere digitale Akzeptanz in traditionellen industriellen Sektoren sowie Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes und der Privatsphäre können eine Rolle bei der geringen Akzeptanz von Cloud-Lösungen durch Unternehmen spielen. Während z. B. Deutschland (10,3 %) im Jahr 2021 bei Unternehmen, die Cloud-Computing erwerben, um ihre eigene Software zu betreiben, im Durchschnitt der 27 Mitgliedstaaten der EU (9,8 %) lag, rangierte es in einem niedrigeren Bereich als andere führende Cloud-Nutzer (Schweden 32,2 %, Dänemark 28,1 %, Norwegen 25,3 %) (Eurostat, 2023[8]).

Gaia-X wird in der Fortschreibung 2020 der deutschen KI-Strategie hervorgehoben und die Plattform wurde um einen deutschen Gaia-X-Hub und verschiedene in einem föderierten Katalog aufgeführte Daten erweitert (Gaia-X, 2021[83]). Die Vision für Gaia-X besteht darin, einen dezentralen und interoperablen Datenaustausch für Geschäfts- und Forschungspartner:innen zu etablieren, um Daten und Zugangsdienste in großem Maßstab zu teilen. Das BMWK fördert im Rahmen eines Gaia-X Förderwettbewerbs mehrere Projekte, die KI beinhalten, zum Beispiel *Gaia-X 4 Future Mobility*, „Autowerkstatt“ 4.0, Cooperants, EuProGigant, Merlot und OpenGPT-X. Die Fördermittel für den Wettbewerb beliefen sich zwischen 2021 und 2024 auf rund 117 Mio. Euro.

Obwohl die Bundesregierung einschlägige KI-Projekte im Rahmen von Gaia-X fördert und der deutsche Gaia-X-Hub aktiv ist, ist er größtenteils nicht in das deutsche KI-Ökosystem eingebunden und die Initiative ist nur wenig bekannt. Informationen über die Arten von Datensätzen und die Nutzer:innen im Zusammenhang mit KI werden nicht nachverfolgt, was auf eine Lücke bei den wichtigsten Leistungsindikatoren (KPIs) hinweist, die für die Formulierung der KI-Politik Deutschlands hilfreich sein könnten.

Deutschland verfügt über zahlreiche Hochleistungs-Supercomputer, die für KI genutzt werden könnten, wobei die Zugänglichkeit von Rechenleistung bewertet werden muss

Viele nationale KI-Politikinitiativen enthalten keine detaillierten Maßnahmen für KI-Infrastruktur, die den Bedürfnissen der Akteur:innen im Bereich der KI über das gesamte Innovationskontinuum hinweg entsprechen, sondern konzentrieren sich auf Allzweck-Computing. Die Umsetzung der in nationalen KI--Strategien enthaltenen KI-Ambitionen in konkretere Überlegungen – wie etwa die Überprüfung der aktuellen (und die Prognose der zukünftigen) nationalen KI-Infrastruktur und des Rechenbedarfs öffentlicher und privater Akteur:innen – würde eine effizientere und gezieltere Planung von KI-Infrastrukturinvestitionen ermöglichen. Außerdem sollte geprüft werden, ob die nationale KI-Rechenkapazität im Eigentum inländischer Anbieter:innen steht oder bei Anbieter:innen im Ausland, z. B. über Cloud-Computing-Anbieter:innen, gemietet wird. Auf der Grundlage des nationalen Bedarfs, der Anforderungen an die Datenlokalisierung und der Sicherheitsprioritäten könnte Aufmerksamkeit für den Aufbau inländischer oder im regionalen Eigentum stehender Vor-Ort- und/oder Cloud-Computing-Kapazitäten gerechtfertigt sein (OECD, 2023[72]).

Zusätzlich zur Bestandsaufnahme des nationalen KI-Infrastrukturbedarfs gibt es in einigen Ländern Initiativen zur Erhöhung der für Forschung und Wissenschaft verfügbaren KI-Infrastruktur. Kanadas nationale KI-Strategie (2017, 2021) nutzt ein nationales Netzwerk von KI-Forschungsinstituten und unterstützt den Erwerb von Hochleistungsrechenkapazität für die KI-Forschung. Im Jahr 2020 wurde die erste Bedarfsanalyse für digitale Forschungsinfrastruktur in Kanada gestartet, um den künftigen Bedarf an digitaler Forschungsinfrastruktur und Dienstleistungen zu ermitteln (Digital Research Alliance of Canada, 2020[84]). Im Jahr 2022 führte das Vereinigte Königreich die Überprüfung „*Future of Compute*“ durch, um den Bedarf an digitaler Forschungsinfrastruktur, einschließlich KI, zu untersuchen, und forderte ein integriertes Rechenökosystem und erhebliche Investitionen in öffentliche KI-Infrastrukturen (Alan Turing Institute, 2022[85]). Die Vereinigten Staaten streben an, Forscher:innen über die vorgeschlagene *National AI Research Resource* (NAIRR) weltweit erstklassige Computerressourcen und Datensätze zur Verfügung zu stellen. Auch weiter oben in der Lieferkette der KI-Infrastruktur gibt es Initiativen, wie beispielsweise das koreanische K-Cloud-Projekt, das KI-Chips von Weltrang im Inland herstellen und einsetzen will, um für eine verbesserte nationale Cloud-Computing-Infrastruktur zu sorgen.

Obwohl für Wissenschaft und Forschung eine umfangreiche Infrastruktur vorhanden ist, würde eine Bedarfsanalyse außerdem dazu beitragen, Lücken in der Bereitstellung von KI-Infrastruktur entlang des Innovationskontinuums in Deutschland festzustellen und Kapazitäten im öffentlichen und privaten Sektor aufzuzeigen. Der KI-Bedarf und die KI-Bereitschaft verschiedener Sektoren in Deutschland wie Privatwirtschaft, öffentlicher Sektor, KMU, Start-ups, Forscher:innen und andere sollten in einem KI--Recheninfrastrukturplan explizit berücksichtigt werden, wobei zukünftige Prognosen, soweit möglich, enthalten sein sollten.

Empfehlungen zur KI-Infrastruktur

Schaffung eines inklusiveren, zugänglicheren und von Expert:innen geleiteten Ökosystems für KI-Infrastruktur in Deutschland

Deutschlands nationale KI-Strategie legt den Schwerpunkt auf Recheninfrastruktur, insbesondere für Forschung und Wissenschaft, und auf die Förderung des Zugangs zu Daten. Unterstützt durch diese Investitionen hat Deutschland eine weltweit erstklassige Recheninfrastruktur für Forschung und Wissenschaft aufgebaut. Auf der Grundlage der obigen Erkenntnisse könnte Deutschland Maßnahmen ergreifen, um ein inklusiveres, zugänglicheres und von Expert:innen geleitetes Ökosystem für seine nationale KI-Infrastruktur zu schaffen.

Angebots- und Bedarfsanalyse für KI-Recheninfrastruktur

Im Einklang mit international bewährten Verfahren sollte Deutschland seine derzeitige KI--Recheninfrastrukturlandschaft beurteilen und bestehende Kapazitäten und potenzielle Lücken in Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen der Interessenträger:innen – einschließlich Forschungseinrichtungen, Unternehmen, KMU und Start-ups – gegenüber dem Angebot „KI-tauglicher" Infrastruktur sowohl aus dem öffentlichen als auch dem privaten Sektor abschätzen. Diese Analyse sollte auch den voraussichtlichen Bedarf an KI-Recheninfrastruktur so weit wie möglich prognostizieren. Expertengestützte OECD-Studien wie *A Blueprint for Building National Compute Capacity for Artificial Intelligence* (2023[72]) könnten als Leitfaden für eine solche Analyse dienen.

Ausweitung des Infrastrukturzugangs für Start-ups und KMU

Deutschland sollte einen Teil seiner KI-Recheninfrastruktur mit einem gestrafften Antragsverfahren und verringerten administrativen Hürden für Start-ups und KMU vorsehen. Es könnten auch Anreize zur Förderung von Partnerschaften zur gemeinsamen Nutzung der KI-Recheninfrastruktur zwischen großen Unternehmen, die über eine KI-Infrastruktur verfügen, und kleineren Start-ups und KMU ohne solche Kapazitäten geprüft werden.

Unterstützung über die Rechenzeit hinaus

Deutschland sollte den Umfang der Unterstützungsleistungen um die Zuweisung von KI--Recheninfrastrukturressourcen (z. B. aus öffentlicher Recheninfrastruktur) sowie um technische Hilfe und Beratung zur wirksamen und effizienten Nutzung solcher Infrastruktur erweitern. Dies könnte durch spezielle Programme geschehen, die Fachwissen und Ausbildung in der wirksamen und effizienten Nutzung von KI-Recheninfrastruktur bieten, wozu Hochschulkurse, Workshops, Seminare, eine Expertengemeinschaft und Partnerschaften mit dem Privatsektor gehören könnten.

Steigerung der Bekanntheit von Gaia-X in der KI-Gemeinschaft und Tracking wichtiger Datensätze für KI

Die Bundesregierung und der Gaia-X-Hub sollten die Bekanntheit von Gaia-X im KI-Ökosystem steigern, etwa durch den Austausch von Informationen und die Organisation von Präsentationen mit deutschen KI-Akzeleratoren und -Inkubatoren, Hochschulen, Forschungsinstituten und der Privatwirtschaft. Gaia-X-Datensätze, die für KI besonders wertvoll sind, sollten bewertet und so gekennzeichnet werden, dass sie im KI-Ökosystem leicht zu finden sind. Informationen über die Arten von Gaia-X-Datensätzen und den Nutzer:innen im Zusammenhang mit KI sollten ebenfalls verfolgt werden, um KI-bezogene KPIs zu entwickeln, die in die zukünftige KI-Politikgestaltung einfließen.

Literatur

AKI (2023), *Large European AI Models - Feasibility Study*, Akademie für Künstliche Intelligenz gGmbH, https://leam.ai/wp-content/uploads/2023/05/LEAM-Feasibility-STudy.pdf. [34]

Alan Turing Institute (2022), *UK AI Research Infrastructure Requirements Review*, https://www.turing.ac.uk/work-turing/uk-ai-research-infrastructure-requirements-review. [85]

bitkom (2023), “Deutsche Wirtschaft drückt bei Künstlicher Intelligenz aufs Tempo [German industry is pressing ahead with artificial intelligence]”, https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-Wirtschaft-drueckt-bei-Kuenstlicher-Intelligenz-aufs-Tempo (accessed on 11 December 2023). [4]

BMAS (2022), *ESF Plus-Programm “Zukunftszentren”*, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, https://www.bmas.de/DE/Arbeit/Digitalisierung-der-Arbeitswelt/Austausch-mit-der-betrieblichen-Praxis/Zukunftszentren/zukunftszentren.html (accessed on 11 December 2023). [53]

BMBF (2023), *Action Plan on Robotics Research*, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/robotik/aktionsplan-robotik.html (accessed on 11 December 2023). [30]

BMBF (2022), “Förderung von vier KI-Servicezentren gestartet [Funding launched for four AI service centres]”, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/11/foerderung-von-4-ki-zentren-gestartet.html (accessed on 4 December 2023). [47]

BMBF (2020), “Richtlinie zur Förderung von Projekten zum Thema „Erforschung, Entwicklung und Nutzung von Methoden der Künstlichen Intelligenz in KMU [Announcement of the guideline for the funding of projects on the topic of R&D and use of AI methods in SMEs]”, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2020/03/2876_bekanntmachung.html (accessed on 11 December 2023). [46]

BMWi (2020), *Förderbekanntmachung für ein bundesweites „Netzwerk Mittelstand-Digital“*, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/PDF-Anlagen/foerderbekanntmachung-m-d.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (accessed on 24 October 2023). [49]

BMWi (2016), *Digitale Strategie 2025*, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitale-strategie-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (accessed on 24 October 2023). [48]

BMWK (2023), “Die Zentren im Netzwerk Mittelstand-Digital unterstützen vor Or”, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand-4-0/mittelstand-40-kompetenzzentren.html (accessed on 24 October 2023). [51]

BMWK (2023), *KI Trainer*, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, https://www.mittelstand-digital.de/MD/Navigation/DE/Praxis/KI-Trainer/ki-trainer.html (accessed on 24 October 2023). [50]

BMWK (2023), *KOINNO and the Startup Strategy of the Federal Government*, Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, https://www.koinno-bmwk.de/en/information/news/detail/koinno-und-die-startup-strategie-der-bundesregierung/ (accessed on 5 December 2023). [68]

BMWK (2022), *Start-up Strategy*, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Existenzgruendung/start-up-strategie-der-bundesregierung.html (accessed on 11 December 2023). [66]

Bpifrance (2023), “Bilan du Plan Deeptech à 4 ans : doublement du nombre de startups deeptech créées entre 2018 et 2022 [Review of the 4-year Deeptech Plan: Doubling the number of deeptech startups created between 2018 and 2022]”, https://presse.bpifrance.fr/bilan-du-plan-deeptech-a-4-ans-doublement-du-nombre-de-startups-deeptech-creees-entre-2018-et-2022/ (accessed on 20 October 2023). [69]

Briggs, J. and D. Kodnani (2023), “The potentially large effects of artificial intelligence on economic growth”, Goldman Sachs, https://www.gspublishing.com/content/research/en/reports/2023/03/27/d64e052b-0f6e-45d7-967b-d7be35fabd16.html#. [19]

Brynjolfsson, E., D. Li and L. Ray (2023), “Generative AI at work”, *NBER Working Paper Series*, No. 31161, National Bureau of Economic Research, https://doi.org/10.3386/w31161. [24]

Calvino, F. and L. Fontanelli (2023), “A portrait of AI adopters across countries: Firm characteristics, assets’ complementarities and productivity”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2023/02, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/0fb79bb9-en. [16]

Capgemini (2023), *Harnessing the Value of Generative AI: Top Use Cases across Industries*, Capgemini Research Institute, https://prod.ucwe.capgemini.com/wp-content/uploads/2023/07/Final-Web-Version-Report-Harnessing-the-Value-of-Gen-AI.1.pdf. [13]

Capgemini (2019), *Accelerating Automotive’s AI Transformation: How Driving AI Enterprise-wide Can Turbo-charge Organizational Value*, https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2019/03/30-min-%E2%80%93-Report-3-11-1.pdf. [12]

Dell’Acqua, F. et al. (2023), “Navigating the jagged technological frontier: Field experimental evidence of the effects of AI on knowledge worker productivity and quality”, *Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Working Paper*, No. 24-013, https://doi.org/10.2139/ssrn.4573321. [22]

Dernis, H. et al. (2023), “Identifying artificial intelligence actors using online data”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2023/01, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/1f5307e7-en. [61]

DFKI (2023), *Company Profile*, German Research Center for Artificial Intelligence, https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medienhttps://www.dfki.de/en/web/about-us/dfki-at-a-glance/company-profile (accessed on 11 December 2023). [57]

Die Bundesregierung (2023), *Fortschritt durch Datennutzung [Progress through Data Utilisation]*, https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2023/datenstrategie.pdf;jsessionid=40CF947A91E05F046F50EB305A75F333.live862?__blob=publicationFile&v=3. [45]

Die Bundesregierung (2023), *Kernergebnisse des Digitalisierungsindex 2022*, https://www.de.digital/DIGITAL/Navigation/DE/Lagebild/Digitalisierungsindex/digitalisierungsindex.html (accessed on 16 October 2023). [37]

Die Bundesregierung (2020), *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung - Fortschreibung 2020*, https://www.ki-strategie-deutschland.de/files/downloads/201201_Fortschreibung_KI-Strategie.pdf (accessed on 11 October 2023). [1]

Digital Research Alliance of Canada (2020), *Canadian Digital Research Infrastructure Needs Assessment*, https://alliancecan.ca/en/initiatives/canadian-digital-research-infrastructure-needs-assessment. [84]

DIHK (2023), *Digitale Innovationen, Technologien und Produkte*, https://www.dihk.de/de/themen-und-positionen/wirtschaft-digital/digitalisierung/digitalisierungsumfrage-2023 (accessed on 24 October 2023). [3]

EC (2024), "Commission launches AI innovation package to support Artificial Intelligence startups and SMEs", European Commission, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_383 (accessed on 11 December 2023). [76]

EC (2024), *Data Act*, European Commission, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-act. [44]

EC (2023), "Commission opens access to EU supercomputers to speed up artificial intelligence development", European Commission, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_5739. [75]

EC (2022), *European Data Governance Act*, European Commission, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-governance-act. [43]

EC (2020), *A European Strategy for Data*, European Commission, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0066. [42]

Eisfeldt, A. et al. (2023), "Generative AI and firm values", https://doi.org/10.2139/ssrn.4436627. [20]

Emerj (2022), *Manufacturing AI Use Cases and Trends – An Executive Brief*, https://emerj.com/ai-sector-overviews/manufacturing-ai-use-cases-and-trends-an-executive-brief/ (accessed on 10 January 2023). [39]

EU (2024), *Regulation (EU) 2024/ ..... of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*, https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-24-2024-INIT/en/pdf. [36]

EuroHPC (2023), *Discover EuroHPC JU*, European Union, https://eurohpc-ju.europa.eu/about/discover-eurohpc-ju_en (accessed on 11 December 2023). [79]

EuroHPC (2023), "Open call to support HPC-powered artificial intelligence (AI) applications", EuroHPC Joint Undertaking, https://eurohpc-ju.europa.eu/open-call-support-hpc-powered-artificial-intelligence-ai-applications-2023-11-28_en (accessed on 11 December 2023). [77]

Eurostat (2023), *Digital Economy and Society Database*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/science?lang=en&subtheme=isoc&display=list&sort=category (accessed on 16 October 2023). [8]

Eurostat (2023), *Digitalisation in Europe - 2023 Edition*, https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/digitalisation-2023#technology-uptake-in-businesses (accessed on 6 October 2023). [38]

Fraunhofer-Gesellschaft (2023), *About Fraunhofer*, https://www.fraunhofer.de/en/about-fraunhofer.html (accessed on 17 October 2023). [56]

Gaia-X (2021), *Gaia-X Federation Services (GXFS): Gaia-X Ecosystem Kickstarter*, https://gaia-x.eu/wp-content/uploads/files/2022-01/Gaia-X_Federation_Services_White_Paper_1_December_2021.pdf. [83]

GCS (2023), *Our Centres*, Gauss Centre for Supercomputing, https://www.gauss-centre.eu/about-us/our-centres (accessed on 11 December 2023). [78]

GDA (2023), *Datacentre Outlook Germany 2023-24*, German Datacenter Association e.V., https://www.germandatacenters.com/fileadmin/documents/publications/GDA_Datacenter-Outlook-Germany_23-24.pdf. [74]

Handelsblatt (2023), "Mercedes holt ChatGPT ins Auto – und will Fehler der KI mit einem Kniff ausschließen [Mercedes brings ChatGPT into the car – and wants to rule out AI errors with a trick]", https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/kuenstliche-intelligenz-mercedes-holt-chatgpt-ins-auto-und-will-fehler-der-ki-mit-einem-kniff-ausschliessen/29209714.html (accessed on 11 December 2023). [32]

ifo (2023), "13,3 % der Unternehmen in Deutschland nutzen Künstliche Intelligenz", https://www.ifo.de/fakten/2023-08-02/unternehmen-deutschland-nutzen kuenstliche-intelligenz (accessed on 16 October 2023). [2]

IFR (2023), "World Robotics 2023 Report: Asia ahead of Europe and the Americas", International Federation of Robotics, https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas. [29]

JSC (2024), *JUPITER - The Arrival of Exascale in Europe*, Jülich Supercomputing Centre, Forschungszentrum Jülich, https://www.fz-juelich.de/en/ias/jsc/jupiter (accessed on 11 December 2023). [80]

Khan, S., A. Mann and D. Peterson (2021), *The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competititveness*, Center for Security and Emerging Technology, https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/The-Semiconductor-Supply-Chain-Issue-Brief.pdf. [73]

KI Bundesverband (2023), *KI - Startups und Wissenschaft*, https://ki-verband.de/wp-content/uploads/2023/06/KI-Startups-Wissenschaft.pdf (accessed on 19 October 2023). [62]

KOMKI (2023), "KomKI entwickelt Qualifizierungsbausteine für KMU [KomKI develops qualification modules for SMEs]", https://projekt-komki.de/ (accessed on 11 December 2023). [54]

Lane, M., M. Williams and S. Broecke (2023), "The impact of AI on the workplace: Main findings from the OECD AI surveys of employers and workers", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 288, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/ea0a0fe1-en. [15]

Lernende Systeme (2023), *Künstliche Intelligenz in Deutschland [AI in Germany]*, https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-in-deutschland.html (accessed on 11 December 2023). [59]

Lernende Systeme (2021), "KI im Mittelstand [AI in Mittelstand]", https://www.plattform-lernende-systeme.de/aktuelles-newsreader/ki-im-mittelstand-roadmaps-und-praxisbeispiele-fuer-den-einstieg.html (accessed on 11 December 2023). [58]

Lorenz, P., K. Perset and J. Berryhill (2023), "Initial policy considerations for generative artificial intelligence", *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 1, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/fae2d1e6-en. [27]

Löser, A. et al. (2023), *Große Sprachmodelle entwickeln und anwenden - Ansätze für ein souveränes Vorgehen [Developing and Applying Large Language Models - Approaches for a Sovereign Approach]*, https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG1_WP_Grosse_Sprachmodelle_Anwendungen.pdf. [33]

Markets and Markets (2023), "Influence of generative AI on automotive industry: BMW, Toyota, General Motors leading with AI adoption", https://www.marketsandmarkets.com/industry-news/Influence-Of-Generative-AI-On-Automotive-Industry-BMW-Toyota-General-Motors-leading-With-AI-Adoption (accessed on 11 December 2023). [31]

McElheran, K. et al. (2023), "AI adoption in America: Who, what, and where", *NBER Working Paper Series*, National Bureau of Economic Research, https://doi.org/10.3386/w31788. [7]

McKinsey Global Institute (2023), *The Economic Potential of Generative AI: The Next Productivity Frontier*, McKinsey and Company, https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier (accessed on 11 December 2023). [18]

Ministre de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique (2023), "France 2030 : 500 millions d'euros pour donner un élan aux start-up issues de la recherche [France 2030: €500 million to boost research-led start-ups]", https://www.economie.gouv.fr/france-2030-500-millions-deuros-pour-donner-un-elan-aux-start-issues-de-la-recherche (accessed on 20 October 2023). [70]

Mittelstand-Digital (2023), "The network of medium-sized digital centers will focus on artificial intelligence from 2024", https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Artikel/Themenbuehne/neuausrichtung-mittelstand-digital.html (accessed on 5 December 2023). [52]

Montagnier, P. and I. Ek (2021), "AI measurement in ICT usage surveys: A review", *OECD Digital Economy Papers*, No. 308, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/72cce754-en. [5]

Noy, S. and W. Zhang (2023), "Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence", https://doi.org/10.2139/ssrn.4375283. [25]

OECD (2023), "A blueprint for building national compute capacity for artificial intelligence", *OECD Digital Economy Papers*, No. 350, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/876367e3-en. [72]

OECD (2022), *OECD Reviews of Innovation Policy: Germany 2022: Building Agility for Successful Transitions*, OECD Reviews of Innovation Policy, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/50b32331-en. [71]

OECD.AI (2024), *Demand for IT Skills Related to AI Compute by Country (Adzuna jobs postings)*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/site/compute-climate/data?selectedArea=compute-climate-data&selectedVisualization=demand-for-it-skills-related-to-ai-compute-by-country-2. [82]

OECD.AI (2023), *VC Investments in AI by Country [Wagniskapital Investitionen in KI nach Ländern*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=investments-in-ai-and-data&selectedVisualization=vc-investments-in-ai-by-country (accessed on 11 December 2023). [64]

OECD.AI (2023), *Worldwide VC Investments in AI [Weltweite Wagniskapital-Investitionen in KI]*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=investments-in-ai-and-data (accessed on 13 March 2023). [63]

Peng, S., E. Kalliamvakou and P. Cihon (2023), "The impact of AI on developer productivity: Evidence from GitHub Copilot", https://arxiv.org/abs/2302.06590. [23]

Peres, R. et al. (2020), "Industrial artificial intelligence in Industry 4.0 - Systematic review, challenges and outlook", *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 220121-220139, https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042874. [40]

Plattform Industrie 4.0 (2023), *Manufacturing-X*, https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Manufacturing-X/Manufacturing-X.html (accessed on 11 December 2023). [41]

PwC (2020), *The Strategic Use of Innovation Procurement in the Digital Economy - Germany Country Report*, European Union, https://www.koinno-bmwk.de/fileadmin/user_upload/EU_Kontaktstelle/Download/de_country_report_12-10-2020_new_cover_v1.pdf. [67]

Rammer, C. (2023), *Das Ökosystem für KI-Startups. Vermarktung, Finanzierung, Fachkräfte und Vernetzung in Unternehmensgründungen im Bereich Künstliche Intelligenz*, https://www.zew.de/publikationen/das-oekosystem-fuer-ki-startups-in-deutschland-vermarktung-finanzierung-fachkraefte-und-vernetzung-in-unternehmensgruendungen-im-bereich-kuenstliche-intelligenz (accessed on 17 October 2023). [60]

Rammer, C. (2021), *Herausforderungen beim Einsatz von Künstlicher Intelligenz*, https://www.zew.de/publikationen/herausforderungen-beim-einsatz-von-kuenstlicher-intelligenz (accessed on 17 October 2023). [35]

Rammer, C., G. Fernandez and D. Czarnitzki (2022), "Artificial intelligence and industrial innovation: Evidence from German firm-level data", *Research Policy*, Vol. 51/104555, https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104555. [17]

Siemens (2023), *Annual Financial Report for Fiscal 2022*, https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:19bbc110-8533-46e4-a27e-ec128d1d1434/Annual-Financial-Report-FY2022.pdf. [9]

Siemens (2023), "Siemens presents €2 billion investment strategy to boost future growth, innovation and resilience", https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:2a7584b8-9407-401b-af71-5e6edc323baa/HQCOPR202306146727EN.pdf (accessed on 11 December 2023). [10]

Soni, V. (2023), "Impact of generative AI on small and medium enterprises' revenue growth: The moderating role of human, technological, and market factors", *Reviews of Contemporary Business Analytics*, Vol. 6/1, pp. 133-153, https://researchberg.com/index.php/rcba/article/view/169. [21]

Stiftung Mittelstand-Gesellschaft-Verantwortung (2023), “en[AI]ble – Künstliche Intelligenz in kleinen und mittleren Unternehmen präventiv und produktiv implementieren [en[AI]ble - Implementing artificial intelligence in small and medium-sized enterprises preventively and productively]”, https://www.stiftung-m-g-v.de/unsere-projekte/enaible-kuenstliche-intelligenz-in-kleinen-und-mittleren-unternehmen-praeventiv-und-produktiv-implementieren (accessed on 11 December 2023). [55]

The Robot Report (2022), “IFR: China surpasses U.S. in robot density”, https://www.therobotreport.com/ifr-china-surpasses-u-s-in-robot-density/ (accessed on 11 December 2023). [28]

The Verge (2023), “Mercedes-Benz is the first to bring Level 3 automated driving to the US”, https://www.theverge.com/2023/1/27/23572942/mercedes-drive-pilot-level-3-approved-nevada (accessed on 11 December 2023). [14]

TOP500 (2023), *The List*, https://www.top500.org/ (accessed on 15 November 2023). [81]

UnternehmerTUM (2023), *Über uns*, https://www.unternehmertum.de/ueber (accessed on 17 October 2023). [65]

US Census Bureau (2023), “Only 3.8% of businesses use AI to produce goods and services, highest use in information sector”, https://www.census.gov/library/stories/2023/11/businesses-use-ai.html (accessed on 6 December 2023). [6]

WEF (2023), *Global Lighthouse Network*, World Economic Forum, https://initiatives.weforum.org/global-lighthouse-network/home. [11]

Zenga, F. et al. (2023), “Large language models for robotics: A survey”, https://arxiv.org/pdf/2311.07226.pdf. [26]

Endnoten

[1] Der Begriff „Mittelstand“ ist eine Besonderheit im deutschsprachigen Raum und durch die Einheit von Eigentum und Geschäftsführung definiert. Die Größe eines Unternehmens ist für seine Einstufung als Mittelstand nicht ausschlaggebend, vielmehr sind qualitative Merkmale entscheidend. Diese Einheit zeichnet sich dadurch aus, dass der Unternehmer erheblichen persönlichen Einfluss ausübt, unternehmerisches Risiko trägt und das Unternehmen als persönliche Einkommens- und Existenzquelle sichert. Tatsächlich erfüllt der Großteil der KMU die qualitativen Kriterien des Mittelstandsbegriffs, dennoch können auch große Unternehmen als Mittelstand angesehen werden. Auch wenn die Begriffe Mittelstand, Familienunternehmen, inhabergeführtes Unternehmen und familiengeführtes Unternehmen als Synonyme betrachtet werden, sollte beachtet werden, dass die Begriffe „Mittelstand“ und „kleine und mittlere Unternehmen (KMU)“ technisch gesehen nicht synonym sind, obwohl sie oft synonym verwendet werden.

[2] Die Top500-Liste erscheint zweimal im Jahr und wird von Jack Dongarra, Martin Meuer, Horst Simon und Erich Strohmaier erstellt. Die Beiträge zu der Liste sind freiwillig, was zu methodischen Herausforderungen führt, da einige Länder in den letzten Jahren nicht durchgängig Ergebnisse vorgelegt

haben. Die Analyse der KI-Recheninfrastruktur mithilfe der Top500 sollte nur als vorläufiges und richtungsweisendes Proxy-Maß betrachtet werden, wobei auf mehrere Vorbehalte hinzuweisen ist. Obwohl Supercomputer zunehmend mit spezialisierter Infrastruktur aktualisiert werden, um die effiziente Ausführung KI-spezifischer Arbeitslasten zu ermöglichen, unterscheidet die Top500-Liste Supercomputer nicht nach der Arbeitslastkapazität, die auf KI spezialisiert ist. Daher kann die Analyse der Top500-Liste nur als Proxy-Maß für die nationale Rechenkapazität der Länder dienen, nämlich mit dem Vorbehalt, dass die Infrastruktur nicht unbedingt nur für KI-Zwecke genutzt wird. Da Arbeitslasten nicht auf mehreren Supercomputern ausgeführt werden können, sollte dieses Maß zudem mit Einschränkungen betrachtet werden (z. B. wären 10 Supercomputer, die sich auf denselben Rmax-Wert wie ein einzelner Supercomputer aufsummieren, nicht mit diesem äquivalent). Weitere Informationen finden Sie unter www.top500.org.

[3] KI-Start-ups können sich auf die Rechenleistung konzentrieren, und die Stichwörter für dieses Feld sind „Rechenleistung“, „Rechenzentrum“, „Halbleiter“, „GPU“, „CPU“, „höchste Rechenleistung“, „Kernsoftwaresystem“, „Prozessorchip“, „*Infrastructure-as-a-Service*“, „neuromorphes Rechnen“, „*Full-Stack*“, „integrierter Schaltkreis“, „FPGA“ und „*Computerchips*“. Weitere Informationen zu dieser Methode finden Sie unter www.oecd.ai/en/preqin.

5 Die Arbeitswelt

In diesem Kapitel werden die weitreichenden Auswirkungen der künstlichen Intelligenz (KI) auf die Arbeitswelt erörtert, die sich auf Qualifikationsanforderungen, Berufsrollen, Arbeitsorganisation und Beschäftigungsverhältnisse auswirken. Während Deutschland sich bemüht, die transformativen Auswirkungen von KI auf den Arbeitsmarkt zu bewältigen, tauchen mehrere Herausforderungen im Zusammenhang mit der Einführung von KI am Arbeitsplatz auf. Dazu gehören ein fehlendes umfassendes Verständnis des Bedarfs an KI-Qualifikationen, langsame Fortschritte bei den KI-Qualifikationen in den Regelungen zur beruflichen Weiterbildung, ein aktualisierungsbedürftiges System des lebenslangen Lernens und eine überwiegend neutrale Berufsberatung. Dem sozialen Dialog kommt bei der Bewältigung des KI-bedingten Wandels eine Schlüsselrolle zu, aber den Sozialpartnern fehlt es oft an ausreichender KI-Expertise. Als Antwort auf diese Herausforderungen ist es für Deutschland von entscheidender Bedeutung, die Antizipation des Bedarfs an KI-Qualifikationen zu verbessern, Bildungs- und Ausbildungsmöglichkeiten im KI-Bereich aktiv zu fördern, die Flexibilität in der Erwachsenenbildung zu unterstützen, Anreize für von Arbeitgeber:innen geleitete KI-Schulungen zu schaffen und Konsultationen am Arbeitsplatz zu verbessern.

Die KI-Strategie 2018 und ihre Fortschreibung 2020 konzentrierten sich auf einen ganzheitlichen, menschenzentrierten Ansatz, der die Wichtigkeit der Vorbereitung von Unternehmen und Arbeitnehmer:innen auf die Einführung und den verantwortungsvollen Einsatz von KI anerkennt. In der Strategie werden drei politische Hebel zur Erreichung dieser Ziele hervorgehoben: (1) Maßnahmen zur Verbesserung der Prognose und Analyse der für die Einführung von KI erforderlichen Kompetenzen, einschließlich der Entwicklung eines Fachkräftemonitorings; (2) Entwicklung von Instrumenten, die es Arbeitnehmer:innen ermöglichen, im Rahmen der Nationalen Weiterbildungsstrategie relevante Kompetenzen zu erwerben; und (3) Stärkung der Stimme der Arbeitnehmer:innen bei der Einführung von KI-Instrumenten und -Anwendungen am Arbeitsplatz.

Kasten 5.1. Die Arbeitswelt: Erkenntnisse und Empfehlungen

Ergebnisse

- Nationale Bewertungsverfahren in Deutschland konzentrieren sich nicht auf KI-Fähigkeiten, was es erschwert, die tatsächliche Nachfrage trotz des wahrgenommenen Mangels zu verstehen.
- Die Aktualisierung der Ausbildungsordnungen schreitet nur langsam voran, was die Einbeziehung von KI betrifft. In der Praxis können Arbeitgeber:innen und Ausbildungsanbieter:innen allerdings über das hinausgehen, was in den Vorschriften festgelegt ist.
- Deutschland steht vor Herausforderungen bei der Förderung des lebenslangen Lernens für manche Gruppen, was sich auf die effektive Weiter- und Umschulung von Erwachsenen mit Blick auf die Einführung von KI auswirkt.
- Öffentliche Arbeitsverwaltungen sind verpflichtet, „neutrale“ Berufsberatung und Dienstleistungen anzubieten, was ihre aktive Rolle bei der Lenkung von Bildungs- und Ausbildungswahl in Richtung KI begrenzt.
- Kleine Initiativen wie Zukunftszentren und Ausbildungskonsortien schließen lokale Lücken in der Entwicklung von KI-Kompetenzen, indem sie auf die Vermittlung von KI-Kompetenzen am Arbeitsplatz abzielen.
- Der Mangel an KI-bezogenem Fachwissen unter den Sozialpartner:innen und die fehlenden Ressourcen, es zu erwerben, sind die größten Herausforderungen, um ihre Mitglieder bei der KI-Transformation zu unterstützen. Unzureichende Transparenz und Erfahrungen bei der Einbeziehung von KI in die Mitbestimmung werden ebenfalls als kritische Themen genannt.
- Mehrere Projekte wurden von Sozialpartner:innen und Bundesministerien ins Leben gerufen, um Schulungen anzubieten und KI-Kompetenzen zu verbessern. Die Koordination zwischen all diesen Initiativen stellt jedoch eine Herausforderung dar.
- Das deutsche Betriebsrätemodernisierungsgesetz wird von Arbeitnehmervertreter:innen grundsätzlich als positiv, aber auch als unzureichend angesehen, da es nur für Betriebe mit Betriebsrat gilt und nicht den Anforderungen an die Mitbestimmung bei KI und algorithmischen Systemen gerecht wird.

Empfehlungen

- Erhebung von Daten zum Angebot und Bedarf an KI-Kompetenzen durch eine spezielle Analyse im Rahmen des Fachkräftemonitorings oder durch eine Ad-hoc-Studie
- Förderung von Bildungs- und Ausbildungsmöglichkeiten zu KI im Rahmen des Programms für lebensbegleitende Berufsberatung der öffentlichen Arbeitsverwaltungen (ÖAV) und, im

weiteren Sinne, Gewährleistung, dass Informationen über Möglichkeiten in KI-Berufen leicht zugänglich sind.

- Erhöhung der Flexibilität und Modularität in der Erwachsenenbildung, insbesondere in der beruflichen Weiterbildung, durch den Einsatz von optionalen Qualifikationen zur Integration von KI-Inhalten für eine adaptive Weiterbildung und Umschulung.
- Kapazitätsbildende Maßnahmen und gezielte Subventionen als Anreiz für Arbeitgeber:innen, KI-bezogene Schulungen anzubieten.
- Förderung von Konsultationen und Zusammenarbeit mit Sozialpartner:innen, Betriebsratsmitgliedern und Arbeitnehmer:innen bei der Einführung von KI.
- Förderung von KI-bezogenen Kenntnissen am Arbeitsplatz und Erleichterung des Zugangs zu externem Fachwissen. Schaffung von Anreizen zum Aufbau von KI-Kompetenzen und Zusammenarbeit mit den Sozialpartner:innen, um KI-bezogene Expertise bei allen Akteur:innen am Arbeitsplatz zu fördern.

Weiterbildung und Umschulung von Erwachsenen in Bezug auf KI

Deutschlands Weiterbildungs- und Umschulungssystem für Erwachsene muss systematischer und flexibler werden, um die Qualifikationslücke im Bereich der KI wirksam zu schließen. Arbeitgeber:innen nennen den Kompetenzmangel als Haupthindernis für die KI-Einführung, das höher ist als in mehreren anderen Ländern, was auf einen Bedarf an verstärkter Kompetenzentwicklung hinweist. Das System der Erwachsenenbildung steht vor großen Herausforderungen, da die Beteiligungsquoten in den verschiedenen sozioökonomischen Gruppen stark voneinander abweichen und sich dies auf den Erwerb von KI-Kompetenzen auswirkt. Während die Berufsausbildung in Deutschland KI langsam einbezieht, sind öffentliche Initiativen und Regelungsaktualisierungen nicht ausreichend auf KI ausgerichtet.

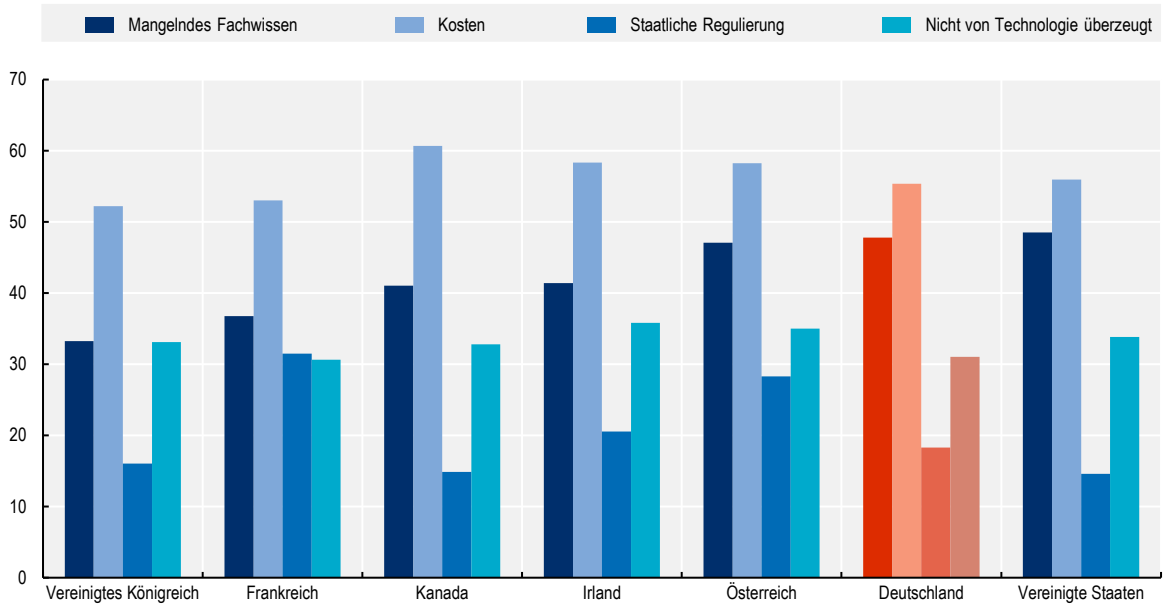
Der Kompetenzmangel ist ein wesentliches Hindernis für die Einführung von KI

Der Anteil von Arbeitnehmer:innen mit KI-Kompetenzen ist in Deutschland – wie in anderen OECD-Ländern – gering, aber seit 2011 schnell gewachsen. Jüngste Untersuchungen zeigen, dass der durchschnittliche Anteil von Arbeitnehmer:innen mit KI-Kompetenzen an der Gesamtzahl der Beschäftigten in der OECD bei etwas über 0,3 % liegt und von 0,5 % im Vereinigten Königreich bis 0,2 % in Griechenland reicht. Der Anteil in Deutschland liegt im OECD-Durchschnitt, hat sich aber in den letzten zehn Jahren fast verfünffacht. In allen Ländern verfügen KI-Arbeitskräfte überwiegend über ein hohes Bildungsniveau und sind mehrheitlich männlich. Frauen sind als Beschäftigte im KI-Bereich unterrepräsentiert, insbesondere in Deutschland (Green and Lamby, 2023[1]).

Arbeitgeber:innen in Deutschland nennen mangelnde Kompetenzen häufiger als Hindernis für die Einführung von KI als Arbeitgeber:innen in anderen Ländern, insbesondere in Österreich, Kanada, Frankreich, Irland und dem Vereinigten Königreich (Abbildung 5.1). 48 % der Arbeitgeber:innen in Deutschland nennen mangelnde Kompetenzen als Hindernis für die Einführung von KI. Dieser Anteil wird nur von den USA übertroffen, wo dies 49 % der Arbeitgeber:innen sagen. Deutschland steht vor Herausforderungen, Erwachsene bei der Entwicklung KI-relevanter Kompetenzen zu unterstützen.

Abbildung 5.1. Fehlende Kompetenzen und die Kosten sind die Haupthindernisse für die Einführung von KI in Deutschland

Anteil der Arbeitgeber:innen, die folgende Gründe als Hindernisse für die Einführung von KI angeben, 2022



Hinweis: Alle Arbeitgeber:innen wurden gefragt: „Ich zähle nun einige potenzielle Hindernisse auf, die der Einführung künstlicher Intelligenz entgegenstehen. Bitte sagen Sie mir jeweils, ob dies jemals ein Hindernis für die Einführung künstlicher Intelligenz in Ihrem Unternehmen war: Hohe Kosten / Mangelnde Kompetenzen für Einführung künstlicher Intelligenz / Staatliche Regulierung / Nicht von der Technologie überzeugt / Andere Hindernisse, die noch nicht erwähnt wurden."
Quelle: Lane, M., M. Williams and S. Broecke (2023[2]), "The impact of AI on the workplace: Main findings from the OECD AI surveys of employers and workers", https://doi.org/10.1787/ea0a0fe1-en.

Das System zur Weiterbildung und Umschulung von Erwachsenen steht vor Herausforderungen

Während die Teilnahme von Erwachsenen an Weiterbildung und Umschulung leicht über dem Durchschnitt der europäischen OECD-Länder liegt, bleibt sie gegenüber den OECD-Ländern mit ähnlichen Systemen zur Kompetenzentwicklung wie Österreich, den Niederlanden und der Schweiz zurück (OECD, 2021[3]). Gemessen an internationalen Standards bestehen in Deutschland große Unterschiede bei der Lernbeteiligung zwischen den sozioökonomischen Gruppen, wobei gering qualifizierte Erwachsene, Arbeitslose und Geringverdienende die größten Defizite aufweisen (OECD, 2021[3]). Während die Einführung der *Nationalen Weiterbildungsstrategie* im Jahr 2019 ein Bekenntnis zur Förderung einer Kultur der kontinuierlichen Kompetenzentwicklung signalisierte (BMAS et al., 2019[4]), hebt ein kürzlich veröffentlichter OECD-Bericht über die Fort- und Weiterbildung in Deutschland den anhaltenden systematischen Reformbedarf des Systems zur Weiterbildung und Umschulung von Erwachsenen hervor (OECD, 2021[3]). Der Bericht plädiert für ein systematischeres, flexibleres und weniger komplexes System der Erwachsenenbildung in Deutschland. Diese Empfehlungen sind für die Weiterbildung und Umschulung von Erwachsenen zur erfolgreichen und zuverlässigen Einführung von KI unmittelbar relevant. Die Behandlung der in dem Bericht hervorgehobenen Themen ist von entscheidender Bedeutung für die Schaffung eines anpassungsfähigen und effektiven Systems, das in der Lage ist, den Anforderungen an die Ausbildung von Personen in Bezug auf KI-bezogene Kompetenzen in einer sich rasch entwickelnden Technologielandschaft gerecht zu werden.

Ausbildungsordnungen sind tendenziell technologieneutral

Nur ein kleiner Teil aller von Arbeitgeber:innen in Deutschland angebotenen Ausbildungsmaßnahmen entfällt auf die berufliche IT-Kompetenz, wobei der Anteil jedoch zwischen 2015 und 2020 gestiegen ist, wie aus der europäischen Erhebung über die beruflichen Weiterbildung hervorgeht. Betrachtet man das deutsche Berufsbildungssystem insgesamt, gibt es zwar mehr als 300 Ausbildungsprofile und -ordnungen, aber mit relativ wenig Fokus auf die Erstellung spezifischer Berufsprofile für KI-Berufe. Ebenso dauert die Aktualisierung der Ausbildungsprofile unter Einbeziehung der Sozialpartner:innen häufig ein bis zwei Jahre, was die Fähigkeit der Ausbildungsordnungen begrenzt, auf plötzliche technologische Veränderungen zu reagieren.

Im Jahr 2020 wurden die Ausbildungsordnungen für einige IT-Berufe, wie Fachinformatiker:innen, aktualisiert (BIBB, 2020[5]). Bemühungen zur Aktualisierung der beruflichen Fortbildung für IT-Berufe sind im Gang. Das Pilotprojekt KI B3 in Baden-Württemberg bringt staatliche Akteur:innen, Hochschulen und die Industrie- und Handelskammer zusammen, um Fortbildungsmodule und Qualifikationen in KI und maschinellem Lernen zu entwickeln (Vössing, 2023[6]). Dabei handelt es sich jedoch nur um relativ bescheidene Änderungen im weiteren Kontext des deutschen Berufsbildungssystems. Den diesen Bericht befragten Expert:innen zufolge ist das langsame Tempo des Wandels nicht unbedingt problematisch. Ausbildungsordnungen sind in der Regel technologieneutral formuliert und sollen Mindeststandards sein. Dies ermöglicht es Arbeitgebern und Bildungs- und Ausbildungseinrichtungen, neue Entwicklungen im Zusammenhang mit KI in den Lehrplan aufzunehmen, wenn sie dies wünschen.

Mehrere kleinere und zielgerichtetere öffentliche Initiativen sollen die Ausbildung am Arbeitsplatz für KI-Kompetenzen angehen, darunter die BMAS-Projekte *Zukunftszentren* (BMAS, 2022[7]), die Unternehmen beim digitalen Wandel unterstützen sollen, und *Weiterbildungsverbünde* (BMAS, 2023[8]), in denen mehrere Unternehmen und Akteur:innen der Bildungslandschaft und regionale Arbeitsmarktakteur:innen zusammenarbeiten, um Ausbildungsmaßnahmen auch im Bereich der KI über Unternehmensgrenzen hinweg effizient zu organisieren und umzusetzen.

Die Ausbildungswahl wird normalerweise nicht in Richtung KI gelenkt

Bei der von den öffentlichen Arbeitsverwaltungen (ÖAV) geförderten Ausbildung, die Teil des Pakets der aktiven Arbeitsmarktpolitik ist, gibt es keinen erkennbaren Fokus auf KI-Kompetenzen. Auch wenn sie Informationen über Beschäftigungsmöglichkeiten im Bereich der KI bereitstellen können, sind die ÖAV dazu verpflichtet, eine neutrale Berufsberatung und -unterstützung Einzelpersonen und Unternehmen zu bieten. Das Ausmaß, in dem die Bildungs- und Ausbildungswahl in Richtung gefragte Qualifikationen gelenkt wird, ist äußerst begrenzt (OECD, 2017[9]). Die Beibehaltung einer neutralen Haltung bei gleichzeitiger Wahrung der individuellen Autonomie reicht möglicherweise nicht aus, um der Dringlichkeit des Erwerbs von KI-Kompetenzen in einem sich rasch entwickelnden Arbeitsmarkt proaktiv zu begegnen.

Prognose des Bedarfs an KI-Kompetenzen

Das Hauptaugenmerk der nationalen Kompetenzanalyse in Deutschland ist nicht auf KI gerichtet. Während der Bedarf an KI-Kompetenzen noch gering, aber im Steigen begriffen ist, sind keine umfassenden Daten über den KI-Kompetenzbedarf verfügbar und die vorhandenen Prognosen lassen die Besonderheiten der KI außer Acht.

Bei den Maßnahmen zur Prognostizierung des nationalen Kompetenzbedarfs fehlt ein speziell auf KI-Kompetenzen gerichteter Schwerpunkt

Auch wenn häufig von einem ungedeckten Bedarf an KI-Kompetenzen in Deutschland berichtet wird, insbesondere durch die Arbeitgeber:innen (Lane, Williams and Broecke, 2023[2]), wird bei nationalen Maßnahmen zur Kompetenzanalyse und -prognose dem Thema überraschend wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Es fehlen belastbare nationale Daten aus öffentlichen Quellen über den Bedarf an KI-Kompetenzen.

Die beiden bedeutendsten nationalen Maßnahmen zur Analyse und Prognose für Fachkräfte sind das Fachkräftemonitoring im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (IAB/BIBB/GWS, 2023[10]) und die Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit (Bundesagentur für Arbeit, 2023[11]). Das Fachkräftemonitoring gibt jährlich einen mittel- und halbjährlich einen langfristigen Überblick über die voraussichtliche Entwicklung von Arbeitskräfteangebot und -bedarf in Deutschland. Es wird unter der gemeinsamen Leitung des Bundesinstituts für Berufsbildung und des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) durchgeführt. Die Engpassanalyse ermittelt anhand standardisierter Indikatoren Engpassberufe oder Berufsgruppen, in denen Arbeitskräftemangel herrscht, und wird jährlich von der Bundesagentur für Arbeit durchgeführt. Es gibt verschiedene andere branchenorientierte oder regionale Maßnahmen zur Kompetenzprognose (OECD, 2016[12]; 2021[3]).

Keine der bestehenden Maßnahmen liefert ein umfassendes Bild des Bedarfs an KI-Kompetenzen in Deutschland. Laut den Befragten gibt es mehrere Faktoren, die diesen Mangel erklären, darunter eine starke Orientierung an der Prognostizierung des Bedarfs an Arbeitskräften statt an Kompetenzen, methodische Schwierigkeiten bei der Definition von KI-Kompetenzen und Skepsis gegenüber neuen Datenquellen wie Online-Daten über offene Stellen für Kompetenzprognosen. Unter den befragten Expert:innen herrscht auch die weit verbreitete Ansicht vor, dass spezialisierte KI-Kompetenzen nach wie vor nur für einen geringen Anteil der Arbeitsplätze auf dem Arbeitsmarkt erforderlich sind.

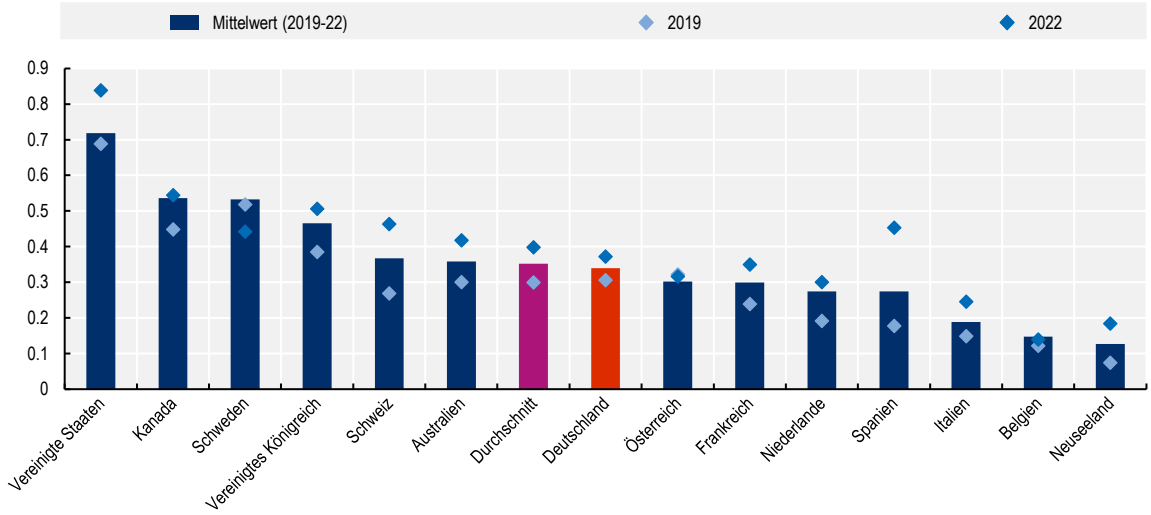
Internationale Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die Nachfrage nach KI-Fähigkeiten gering aber steigend ist

Internationale Erkenntnisse aus einer neuen OECD-Studie bestätigen diese Ansicht und zeigen, dass spezialisierte KI-bezogene offene Stellen immer noch nur einen kleinen Anteil aller online ausgeschriebenen Stellenangebote ausmachen (Abbildung 5.2). In Deutschland forderten 2022 weniger als 0,4 Prozent der ausgeschriebenen Stellenangebote ausdrücklich KI-Kompetenzen. Dies liegt etwas unter dem Durchschnitt der Länder, für die Daten vorliegen, und entspricht der Hälfte des Werts in den USA, wo 0,8 Prozent der ausgeschriebenen offenen Stellen solche Kompetenzen erforderten. Der Bedarf an KI-Kompetenzen in Deutschland wächst jedoch rasant und ist zwischen 2019 und 2020 um mehr als 20 % gestiegen (Borgonovi et al., 2023[13]), siehe auch (Green and Lamby, 2023[1]).

Die Analyse zeigt auch, dass sich die Nachfrage nach KI-bezogenen Stellen stark auf bestimmte Branchen und Berufe konzentriert. Interessanterweise hat Deutschland von den analysierten Ländern im verarbeitenden Gewerbe den höchsten Anteil an freien Stellen, die KI-Kompetenzen erfordern (Borgonovi et al., 2023[13]).

Abbildung 5.2. Stellen, die KI-Kompetenzen erfordern, machen nur einen kleinen Anteil aller ausgeschriebenen Stellen aus

Prozentsatz der KI-Kompetenzen erfordernden Online-Stellenausschreibungen, nach Ländern



Hinweis: Die Abbildung zeigt den Prozentsatz der KI-Kompetenzen erfordernden Online-Stellenausschreibungen, nach Ländern. Dies entspricht der Gesamtzahl der Online-Stellenausschreibungen, die KI-Kompetenzen erfordern, im Verhältnis zu allen offenen Stellen in einem Land. Offene Stellen, die KI-Kompetenzen erfordern, sind offene Stellen, bei denen mindestens zwei allgemeine KI-Kompetenzen oder mindestens eine KI-spezifische Kompetenz erforderlich waren (siehe Borgonovi u. a. (erscheint demnächst) zu allgemeinen und spezifischen Kompetenzen). Die Länder sind in absteigender Reihenfolge nach dem höchsten durchschnittlichen Anteil an freien Stellen, die KI-Kompetenzen erfordern, in den Jahren 2019 bis 2022 aufgeführt. Durchschnitt bezieht sich auf den Durchschnitt der Länder mit verfügbaren Daten.
Quelle: Borgonovi, F. et al. (2023[13]), "Emerging Trends in AI Skill Demand Across 14 OECD Countries", https://doi.org/10.1787/7c691b9a-en.

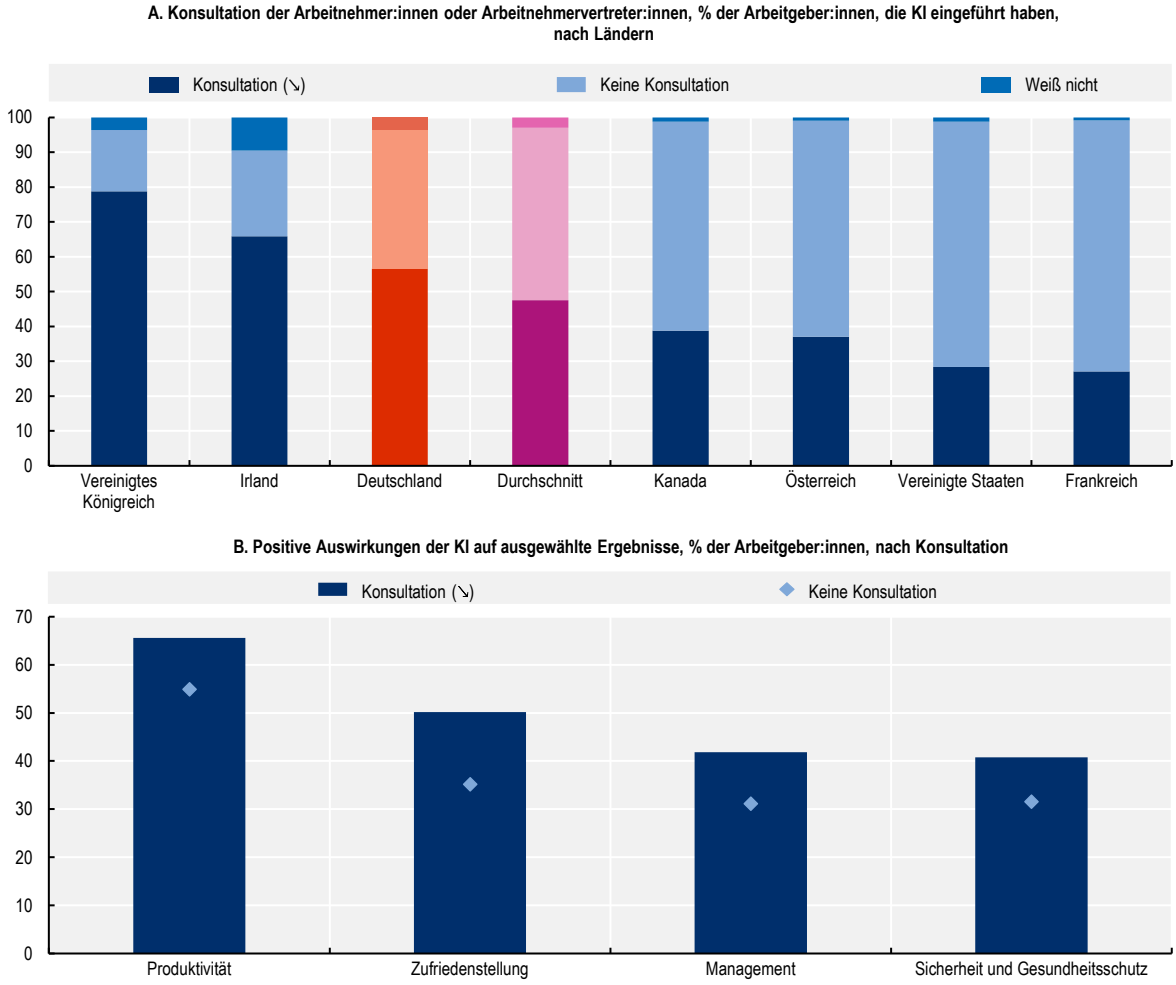
Sozialer Dialog

Der soziale Dialog ist für die Bewältigung des KI-bedingten Wandels von entscheidender Bedeutung. Jüngste Fakten deuten beispielsweise darauf hin, dass die Konsultation der Arbeitnehmer:innen für Arbeitsbedingungen und Arbeitsleistung eine positive Rolle spielt. Allerdings sind die Sozialpartner:innen mit begrenzten Fachkenntnissen und Ressourcen konfrontiert. Wie das Betriebsrätemodernisierungsgesetz in Deutschland zeigt, sind Ausbildung und fachliche Beratung maßgeblich für fundierte Entscheidungen über KI am Arbeitsplatz.

Tarifverhandlungen und der soziale Dialog spielen eine wichtige Rolle bei der Unterstützung von Arbeitnehmer:innen und Unternehmen beim KI-bedingten Wandel. Jüngste OECD-Studien weisen insbesondere auf die positive Rolle der Stimme der Arbeitnehmer:innen für Arbeitsbedingungen und Arbeitsleistung hin (Abbildung 5.3). In allen OECD-Ländern haben sowohl Gewerkschaften als auch Arbeitgeberorganisationen nationale und internationale Initiativen ins Leben gerufen. Die Sozialpartner:innen führen Informations- und Sensibilisierungskampagnen durch, in denen die Notwendigkeit neuer Kompetenzen und Ausbildungsanforderungen sowie Problembereiche wie der vertrauenswürdige Einsatz von KI hervorgehoben werden (OECD, 2023[14]). Die Aktivitäten der Sozialpartner:innen werden jedoch häufig durch den Mangel an KI-bezogenen Fachkenntnissen und Kapazitäten und Ressourcen, um diese zu erlangen, eingeschränkt. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, ihnen Ausbildungsmöglichkeiten anzubieten oder KI-Expertise auf Arbeitsplatz- oder Unternehmensebene bereitzustellen.

Eine Möglichkeit, sich dieses Fachwissen über die Ausbildung der Sozialpartner:innen hinaus zu sichern, ist die Einstellung oder Konsultation technischer Sachverständiger. Dies könnte nicht nur bessere technische Kenntnisse innerhalb der Gewerkschaften und Arbeitgeberorganisationen gewährleisten, sondern auch die Anerkennung der Interessen der Arbeitnehmer:innen an den Arbeitsplätzen, an denen Technologie entwickelt wird. Dies wiederum könnte zu einer vertrauenswürdigeren Technologie beitragen. Ein Beispiel dafür ist das 2021 verabschiedete Betriebsrätemodernisierungsgesetz, das die Ausübung des Rechts auf Hinzuziehung eines externen Sachverständigen in Fällen erleichtert, in denen der Betriebsrat die Einführung oder Nutzung von KI bewerten muss.[1]

Abbildung 5.3. Arbeitgeber:innen, die Arbeitnehmer:innen oder Arbeitnehmervertreter:innen konsultieren, berichten eher über positive Auswirkungen von KI auf Mitarbeiter:innenproduktivität und Arbeitsbedingungen



Hinweis: Für Schaubild A wurden Arbeitgeber:innen gefragt: „Konsultiert Ihr Unternehmen Arbeitnehmer:innen oder Arbeitnehmervertreter:innen zum Einsatz neuer Technologien am Arbeitsplatz?“ Für Schaubild B wurden Arbeitgeber:innen, die KI eingeführt haben, gefragt: „Hat künstliche Intelligenz einen positiven Effekt, einen negativen Effekt oder keinen Effekt auf die Mitarbeiterproduktivität / die Zufriedenheit der Mitarbeiter:innen / die Fähigkeit der Manager:innen, die Leistung der Mitarbeiter:innen zu messen / Gesundheit und Sicherheit in Ihrem Unternehmen?“ Die Daten in Schaubild B zeigen die Anteile an Arbeitgeber:innen, die einen positiven Effekt meldeten. Durchschnitt ist der ungewichtete Durchschnitt der in Schaubild A aufgeführten Länder.
Quelle: Lane, M., M. Williams and S. Broecke (2023[2]), “The impact of AI on the workplace: Main findings from the OECD AI surveys of employers and workers”, https://doi.org/10.1787/ea0a0fe1-en.

Interviews mit Gewerkschaften und Arbeitgebervertreter:innen[2] bestätigen, dass Einschränkungen aufgrund unzureichender KI-Kenntnisse und Ressourcenbeschränkungen zu den größten Herausforderungen gehören, denen sie sich bei der Einführung von KI am Arbeitsplatz gegenübersehen. Sie bezeichnen KI als „Black Box“ und weisen auf die vielfältigen und komplexen KI-Themen hin, die technisches Know-how erfordern, um KI-Potenziale zu verstehen. Zeit- und Ressourcenengpässe werden auch als konkrete Herausforderung genannt, insbesondere für KMU. Weitere wichtige Herausforderungen, die von den Gewerkschaften genannt wurden, sind das Fehlen einer gemeinsamen Definition (und somit eines Verständnisses) für KI bei Arbeitgeber:innen und Arbeitnehmervertreter:innen und die mangelnde Transparenz seitens Arbeitgeber:innen und KI-Anbieter:innen in Bezug auf den Einsatz und die Ziele von KI im Unternehmen. Schließlich weisen sie auch auf unzureichende Erfahrungen und Routinen bei der Einbeziehung von KI in die Mitbestimmung hin.[3]

Trotz dieser Herausforderungen wurden von den Sozialpartner:innen mehrere Initiativen und Projekte, die Beratungs- oder Schulungsangebote bereitstellen (Websites, Leitfäden, gewerkschaftliche Bildungseinrichtungen usw.), neben jenen der Bundesministerien, wie den vom BMAS und dem BMBF eingerichteten Zukunftszentren und regionalen Kompetenzzentren, ins Leben gerufen. Die Sozialpartner:innen weisen jedoch auf die mangelnde Koordinierung zwischen den verschiedenen Initiativen hin. Diese Vielzahl von Schulungsprogrammen kann verwirrend sein, insbesondere für Arbeitgebervertreter:innen, die versuchen, den Unternehmen das Passendste zu bieten bei gleichzeitiger Überwachung der Wirksamkeit.

Schließlich sind die Ansichten über die Einführung des deutschen Betriebsrätemodernisierungsgesetzes gemischt, auch wenn es im Allgemeinen als positiv angesehen wird. Arbeitnehmervertreter:innen (Gewerkschaften) halten es für unzureichend, da es nur für Unternehmen mit Betriebsrat gilt[4] und den Anforderungen an die Mitbestimmung bei KI und algorithmischen Systemen nicht gerecht wird. Die Gewerkschaften sind der Auffassung, dass es eine durchsetzbare Mitbestimmung für Rahmenprozessvereinbarungen geben muss, die alle Prozessstufen des betrieblichen Einsatzes von KI und algorithmischen Systemen (vor der Einführung bis zur Evaluierung) abdecken. Darüber hinaus weisen sie auf den potenziellen Konfliktpunkt hin, der bei der Umsetzung des Gesetzes auftreten kann, da Arbeitgeber:innen und Betriebsräte sich zuerst darüber einigen müssen, ob es wirklich um KI geht[5] und ob die Hinzuziehung externer Sachverständiger erforderlich ist, da Arbeitgeber:innen so weit wie möglich die Nutzung von internem Fachwissen unterstützen, da dies kostengünstiger und weniger zeitaufwendig ist.

Empfehlungen

Ausbau der Informationserfassung über Angebot und Nachfrage von KI-Kompetenzen

Auch wenn das häufig gezeichnete Bild eines deutlichen Mangels an KI-Kompetenzen in Deutschland zutreffen mag, gibt es auf nationaler Ebene keine belastbaren und detaillierten Angaben zum Angebot und Bedarf an KI-Kompetenzen auf dem Arbeitsmarkt. Um beschäftigungspolitische Maßnahmen zu konzipieren, die die erfolgreiche und verantwortungsvolle Einführung von KI erleichtern, müssen die Maßnahmen zur Kompetenzanalyse und -prognose dringend verbessert werden. Angesichts des relativ geringen Umfangs des Arbeitsmarktes für spezialisierte KI-Kompetenzen sollte dies im Rahmen einer Ad-hoc-Studie geschehen. So könnte das Fachkräftemonitoring diese Analyse als Schwerpunkt in eine seiner Ausgaben aufnehmen.

Alternativ könnte das BMAS eine separate Studie als Forschungsbericht in Auftrag geben. Eine nationale Analyse von Angebot und Bedarf an KI-Kompetenzen sollte internationale Beispiele heranziehen, um KI-Kompetenzen zu definieren und den Bedarf zu beurteilen, unter anderem auch aus der OECD (Borgonovi et al., 2023[13]; Green and Lamby, 2023[1]). Eine solche Analyse und Prognose sollte sich jedoch eher auf den nationalen Kontext und die Berufe als auf die Kompetenzen auf dem Arbeitsmarkt

konzentrieren. Angesichts des dynamischen Charakters des Marktes für KI-Kompetenzen sollte die Analyse idealerweise nach einer bestimmten Höchstzahl von Jahren wiederholt werden. In allen Fällen erfordert die Stärkung der Kompetenzanalyse und -prognose eine enge Zusammenarbeit mit den Interessenträger:innen aus der Industrie, um neue Trends und Lücken zu ermitteln.

Förderung von Bildungs- und Ausbildungsmöglichkeiten durch ÖAV und Berufsberatung

Die Rolle der öffentlichen Arbeitsverwaltungen (ÖAV) bei der Beratung zur Berufswahl und der Bereitstellung von Informationen über die Beschäftigungsaussichten ist von entscheidender Bedeutung. So haben die deutschen ÖAV ihr Angebot zur Berufsberatung um das Programm Lebensbegleitende Berufsberatung erweitert (Bundesagentur für Arbeit, 2023[15]). Trotz der Weisung zur neutralen Beratung gibt es eine Möglichkeit, die sich abzeichnenden Chancen innerhalb von KI-bezogenen Berufen strategisch zu beleuchten. Durch die Verbreitung von Informationen über Karriereaussichten im KI-Bereich und die Bereitstellung klarer Wege für die Entwicklung von Kompetenzen und das berufliche Weiterkommen können die ÖAV aktiv dazu beitragen, Einzelpersonen in Richtung KI-bezogener Möglichkeiten zu lenken. Die jüngste Initiative, ÖAV-Berater:innen Lehr- und Lernmaterialien über zukünftige digitale Kompetenzen, künstliche Intelligenz und Cybersicherheit zur Verfügung zu stellen, ist in dieser Hinsicht eine positive Entwicklung. Die enge Zusammenarbeit mit den Interessenträger:innen der Industrie und die Nutzung einer soliden Faktengrundlage zum Kompetenzbedarf sind von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass die Beratung dem aktuellen und voraussichtlichen Bedarf des KI-Arbeitsmarkts entspricht. Bewährte Verfahren zur Lenkung der Ausbildungswahl durch Beratung und finanzielle Anreize existieren in Australien, Estland und anderen Ländern (OECD, 2017[9]).

Daten aus der deutschen Erhebung über Erwachsenenbildung zeigen jedoch, dass nur rund ein Drittel aller Berufsberatungen für Erwachsene in Deutschland auf die ÖAV entfallen (BMBF, 2019[16]). 26 % der Personen erhalten Beratung von Bildungseinrichtungen, 21 % von Anbieter:innen von Weiterbildungsmaßnahmen, 18 % von Arbeitgeber:innen und Arbeitgeberorganisationen und 16 % von spezialisierten Beratungsanbieter:innen. Angesichts des dezentralen Charakters der Berufsberatung in Deutschland müssen Informationen über Möglichkeiten in KI-bezogenen Berufen für die öffentliche Nutzung zentralisiert werden. Dies könnte auf dem neu entwickelten nationalen Onlineportal für berufliche Weiterbildung geschehen (*mein NOW*). Dänemarks *UddannelsenGuiden* (www.ug.dk) und Neuseelands App *Occupation Outlook* gehören zu den vielen guten Beispielen hochklassiger Onlineportale für Bildungs- und Ausbildungsmöglichkeiten (OECD, 2021[17]).

Erhöhung der Flexibilität und Modularität in der Erwachsenenbildung, insbesondere in der Berufsbildung

KI-Technologien erfordern einen Paradigmenwechsel in der Erwachsenenbildung, insbesondere in der beruflichen Aus- und Weiterbildung, in der von Erwachsenen allzu oft erwartet wird, lange Kurse zu belegen, die zu vollständigen Qualifikationen führen, statt an kürzeren, gezielteren und modularen Lernangeboten teilzunehmen, die rascher auf technologische Entwicklungen reagieren können (OECD, 2021[3]). Die Berufsbildungskurse müssen vielfältig und modular werden, um Zugänglichkeit zu gewährleisten und den dynamischen Charakter der KI-bezogenen Kompetenzen widerzuspiegeln. Deutsche Bildungs- und Ausbildungsakteur:innen betrachten Modularität jedoch oft skeptisch (OECD, 2021[3]). Um dem zu begegnen, sollte Deutschland verstärkt Wahlqualifikationen nutzen, die kürzere, modulare Elemente der beruflichen Vollqualifikation sind. Die Einführung von KI-Inhalten in Berufsbildungsabschlüsse durch diese Instrumente ermöglicht eine häufigere Anpassung an neue Anforderungen und eröffnet Einzelpersonen die Möglichkeit, dieses modulare Angebot im Rahmen ihres Weiterbildungs- oder Umschulungsweges in Anspruch zu nehmen.

Schaffung von Anreizen für Arbeitgeber:innen, KI-bezogene Weiterbildung anzubieten

Die berufliche Weiterbildung findet größtenteils am Arbeitsplatz statt. Allerdings bieten deutsche Arbeitgeber:innen im Vergleich zu anderen Ländern Weiterbildung in KI nur in begrenztem Rahmen an (Lane, Williams and Broecke, 2023[2]). Angesichts der zentralen Rolle der Arbeitgeber:innen bei der Heranbildung qualifizierter KI-Arbeitskräfte sollten politische Maßnahmen zur Schaffung von Anreizen und zur Unterstützung von KI-bezogenen Weiterbildungsinitiativen gestärkt werden. Mit Blick auf bewährte Verfahren verfügt Estland über umfangreiche Erfahrung in der Unterstützung von Unternehmen bei der Entwicklung digitaler Kompetenzen (OECD, 2021[18]).

Dies würde vor allem dazu beitragen, bei KMU bestehende Schulungshindernisse zu beseitigen. Zu den vielversprechenden Initiativen, die die Fähigkeit von Arbeitgeber:innen entwickeln, Schulungen zur Anpassung an technologische Möglichkeiten anzubieten, zählen Zukunftszentren und Weiterbildungsverbünde. Diese sollten nach Bedarf bewertet und gestärkt werden. Deutschland fördert auch die innerbetriebliche Weiterbildung durch das Qualifizierungschancengesetz und das Arbeit-von-morgen-Gesetz. Das BMAS könnte prüfen, ob durch dieses Instrument spezifische Anreize für Weiterbildung zur Einführung von KI geschaffen werden könnten oder ob ein spezifisches finanzielles Anreizprogramm für KI wirksamer wäre.

Förderung von Konsultationen und Zusammenarbeit mit den Sozialpartner:innen zur Einführung von KI

Angesichts der positiven Rolle des sozialen Dialogs am Arbeitsplatz sollte die Bundesregierung Konsultationen und Gespräche über die Einführung von KI mit Sozialpartner:innen, Betriebsratsmitgliedern und Arbeitnehmer:innen fördern. Politische Entscheidungsträger:innen sollten auch das gegenseitige Verständnis und die gemeinsame Diagnose von Herausforderungen fördern und Wissensplattformen und Zusammenarbeit nutzen, um sich über neue Initiativen und technologische Innovationen unter den Akteur:innen auszutauschen. Eine frühzeitige und regelmäßige Beschäftigung mit KI-bezogenen Fragen, die von den Mitarbeiter:innen und Mitbestimmungsgremien aufgeworfen werden, könnte Vertrauen und Akzeptanz für die Einführung von KI am Arbeitsplatz stärken.

Förderung von KI-bezogenen Kenntnissen am Arbeitsplatz und Erleichterung des Zugangs zu Fachwissen

Die Bundesregierung sollte finanzielle Anreize für den Aufbau von KI-Kompetenzen schaffen – wobei sie sich insbesondere an KMU wendet – und sich mit den Sozialpartner:innen zusammentun, um KI-bezogenes Fachwissen bei Geschäftsführungs-, Betriebsrats- und Aufsichtsratsmitgliedern zu fördern. Angesichts der Vielfalt bestehender KI-bezogener Ausbildungsinitiativen sollte die Bundesregierung eine transparentere und systematischere Vernetzung zwischen Akteur:innen und Programmen fördern. Nicht zuletzt könnte die Bundesregierung den Zugang zu externem Fachwissen erleichtern, indem sie den Umsetzungsprozess vereinfacht.

Literatur

BIBB (2020), *Fachinformatiker/Fachinformatikerin - Fachrichtung Daten- und Prozessanalyse (Ausbildung)*, Bundesinstitut für Berufsbildung, https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/ujhz677 (accessed on 11 December 2023). [5]

BMAS (2023), *Das Bundesprogramm"Aufbau von Weiterbildungsverbünden"*, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, https://www.bmas.de/DE/Arbeit/Aus-und-Weiterbildung/Berufliche-Weiterbildung/Weiterbildungsverbuende/weiterbildungsverbuende.html (accessed on 11 December 2023). [8]

BMAS (2022), *ESF Plus-Programm "Zukunftszentren"*, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, https://www.bmas.de/DE/Arbeit/Digitalisierung-der-Arbeitswelt/Austausch-mit-der-betrieblichen-Praxis/Zukunftszentren/zukunftszentren.html (accessed on 11 December 2023). [7]

BMAS et al. (2019), *Nationale Weiterbildungsstrategie*, http://doku.iab.de/kurzber/2019/kb0819.pdf (accessed on 30 July 2020). [4]

BMBF (2019), *Weiterbildungsverhalten in Deutschland 2018. Ergebnisse des Adult Education Survey-AES-Trendbericht*, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/1/31516_AES-Trendbericht_2018.html (accessed on 11 December 2023). [16]

Borgonovi, F. et al. (2023), "Emerging trends in AI skill demand across 14 OECD countries", *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 2, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/7c691b9a-en. [13]

Bundesagentur für Arbeit (2023), *Die Lebensbegleitende Berufsberatung der BA*, Bundesagentur für Arbeit, https://www.arbeitsagentur.de/datei/die-lebensbegleitende-berufsberatung-der-ba_ba035445.pdf. [15]

Bundesagentur für Arbeit (2023), *Engpassanalyse*, Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg, https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Fachkraeftebedarf/Engpassanalyse-Nav.html (accessed on 20 November 2023). [11]

Green, A. and L. Lamby (2023), "The supply, demand and characteristics of the AI workforce across OECD countries", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 287, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/bb17314a-en. [1]

IAB/BIBB/GWS (2023), *Fachkräftemonitoring fuer das BMAS. Mittelfristprognose bis 2027*, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Bundesinstitut für Berufsbildung and Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH, https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb-625-fachkraeftemonitoring-bmas-mittelfristprognose-2027.pdf?__blob=publicationFile&v=3. [10]

Lane, M., M. Williams and S. Broecke (2023), "The impact of AI on the workplace: Main findings from the OECD AI surveys of employers and workers", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 288, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/ea0a0fe1-en. [2]

OECD (2023), *OECD Economic Outlook, Volume 2023 Issue 2*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/7a5f73ce-en. [14]

OECD (2021), *Career Guidance for Adults in a Changing World of Work*, Getting Skills Right, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9a94bfad-en. [17]

OECD (2021), *Continuing Education and Training in Germany*, Getting Skills Right, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/1f552468-en. [3]

OECD (2021), *Training in Enterprises: New Evidence from 100 Case Studies*, Getting Skills Right, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/7d63d210-en. [18]

OECD (2017), *Financial Incentives for Steering Education and Training*, Getting Skills Right, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264272415-en. [9]

OECD (2016), *Getting Skills Right: Assessing and Anticipating Changing Skill Needs*, Getting Skills Right, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264252073-en. [12]

Vössing, M. (2023), "So kommt Künstliche Intelligenz in die berufliche Bildung", https://www.ihk.de/ulm/online-magazin/im-fokus/fachartikel-ki-berufliche-bildung-5692358 (accessed on 11 December 2023). [6]

Endnoten

[1] Ebenso sieht die Vereinbarung zwischen dem Gesamtpersonalrat der Stadt Stuttgart und der Stadt als öffentlicher Arbeitgeberin vor, dass der Personalrat externe Beratungsleistungen auf Kosten der Stadt in Anspruch nehmen darf.

[2] Die befragten Gewerkschaften und Arbeitgebervertreter:innen unterstrichen die entscheidende Rolle der Betriebsräte und Mitbestimmungsakteur:innen in diesem Bereich. Leider ist es uns nicht gelungen, Betriebsräte direkt anzusprechen.

[3] Ein potenzielles zusätzliches Hindernis kann entstehen, wenn sich die wichtigsten Projektmanager:innen für die KI-Umsetzung im Ausland (z. B. in den USA) befinden und keine umfassenden Kenntnisse über die Funktionsweise und die Notwendigkeiten der deutsche Mitbestimmung haben.

[4] Die Gewerkschaften sind der Auffassung, dass es eine erzwingbare Mitbestimmung für Rahmenprozessvereinbarungen geben muss, die alle Prozessstufen des betrieblichen Einsatzes von KI und algorithmischen Systemen (vor der Einführung bis zur Auswertung) abdecken. Der DGB hat in unseren Gesprächen mit ihnen betont, dass dies ein sehr wichtiger Punkt für die Gewerkschaften ist, und die Hoffnung geäußert, dass sich dies in dem veröffentlichten Bericht widerspiegeln wird.

Die Belegschaft von Unternehmen mit fünf oder mehr Beschäftigten kann freiwillig einen Betriebsrat wählen. Betriebsräte können nur durch eine Wahl der Belegschaft eingerichtet werden, sodass Unternehmen ohne Betriebsrat arbeiten können, bis die Belegschaft einen gewählt hat. Folglich ist die Zahl der Unternehmen, die einen Betriebsrat haben, begrenzt.

[5] Daher die Bedeutung einer gemeinsamen Definition von KI, die bereits erwähnt wurde. Dieses Problem führte zur Forderung des DGB, dass der Betriebsrat unabhängig vom Thema, also auch wenn es nicht um KI geht, allein über die Hinzuziehung externer Expertise entscheiden sollte.

6 Politik- und Ordnungsrahmen

In diesem Kapitel wird der Politik- und Ordnungsrahmen Deutschlands für die verantwortungsvolle Entwicklung und Nutzung von KI-Technologien untersucht. Verschiedene Initiativen, wie etwa Nachhaltigkeits- und Umweltprogramme, die transparente Nutzung von KI am Arbeitsplatz und regulatorische Rahmenbedingungen, die sich mit Sicherheitsfragen befassen, zeigen das Engagement des Landes für eine verantwortungsvolle und menschenzentrierte KI. Deutschland verfügt zudem über eine solide rechtliche Grundlage für regulatorische Test- und Experimentierräume und eine proaktive Haltung zur Normung für vertrauenswürdige KI, sowohl national als auch international. In den Empfehlungen wird die Notwendigkeit einer klaren und integrierten Vision auf politischer Spitzenebene, einer verstärkten Finanzierung von Projekten, die den KI-Zielen entsprechen, und der Einrichtung eines zentralen Teams zur Unterstützung regulatorischer Experimente auf regionaler Ebene betont.

Als OECD-Mitglied hält sich Deutschland an die KI-Grundsätze der OECD, die in der OECD-Empfehlung zu KI [OECD/LEGAL/0449] enthalten sind. Die nationale Strategie und Politik in Bezug auf KI zeigen das Engagement Deutschlands für die verantwortungsvolle und menschenzentrierte Entwicklung und Anwendung von KI-Technologien. Deutschland betont die Förderung von inklusivem Wachstum, Transparenz und Rechenschaftspflicht im Zusammenhang mit KI-Systemen. Seine KI-Strategie unterstützt demokratische Grundsätze und eine vertrauenswürdige KI im öffentlichen Sektor und erkennt die Bedeutung hoher Standards in Bezug auf Nichtdiskriminierung, Transparenz, Rückverfolgbarkeit, Überprüfbarkeit, Gerechtigkeit, Partizipation und Datenschutz an, um das Vertrauen der Öffentlichkeit in die Nutzung der KI im öffentlichen Sektor aufrechtzuerhalten. Darüber hinaus erkennt die Bundesregierung an, dass sie einen Politik- und Ordnungsrahmen für die verantwortungsvolle und gemeinwohlorientierte Entwicklung und Nutzung von KI benötigt, um Risiken zu begegnen.

Kasten 6.1. Politik- und Regulierungsrahmen: Ergebnisse und Empfehlungen

Ergebnisse

- Deutschland gehörte zu den ersten Ländern, die eine nationale KI-Strategie veröffentlicht und damit ein frühes Bekenntnis zu menschenzentrierter KI signalisiert haben.
- Deutschland setzt die KI-Grundsätze der OECD um.
- Neben der nationalen KI-Strategie 2018 und deren Fortschreibung 2020 hat Deutschland Strategien und Initiativen in allen Arbeitsfeldern entwickelt.
- Deutschlands Budget für die nationale KI-Strategie ist im Vergleich zu anderen Ländern gering.
- Deutschland hat klare Pläne und Rechtsvorschriften für Reallabore. Allerdings wird ihre Anwendung oft durch das begrenzte Fachwissen auf Länderebene behindert.
- Deutschland kann seinen Ruf für hochwertige Industrieprodukte auf vertrauenswürdige Produkte und Dienstleistungen, bei denen KI zum Einsatz kommt, übertragen.

Empfehlungen

- Entwicklung einer klaren, agilen, langfristigen, integrierten Vision, wie Deutschland KI zum gesellschaftlichen Fortschritt und Gemeinwohl einsetzen will, sowie detaillierter Roadmaps für die Umsetzung.
- Einrichtung eines Aufsichts- und Koordinierungsgremiums für die nationale KI-Strategie auf höchster politischer Ebene (d. h. im Bundeskanzleramt), um eine kohärente Umsetzung sicherzustellen.
- Aufstockung der Fördermittel für nationale KI-Ziele.
- Einrichtung eines zentralen Teams/Zentrums, um die Behörden bei der Durchführung regulatorischer Experimente zu unterstützen.
- Bessere Nutzung des eigenen Einflusses auf Regulierung und Normung in der Europäischen Union (EU).
- Umsetzung spezifischer Strategien zur Förderung einer vertrauenswürdigen Nutzung von KI am Arbeitsplatz.

Die deutsche KI-Strategie

Die 2018 lancierte deutsche KI-Strategie, die bis 2025 mit einem Budget von 3 Mrd. EUR umgesetzt werden soll, zielt auf Wachstum und eine vertrauenswürdige KI-Entwicklung ab, wobei der Schwerpunkt

auf menschenzentrierten Anwendungen liegt, die vom BMAS, BMBF und BMWK unterstützt werden. Sie ist auf Wettbewerbsfähigkeit und die Integration von KI in die Gesellschaft durch gesellschaftlichen Dialog und politisches Handeln ausgerichtet.

2018 gehörte Deutschland zu den ersten Ländern, die eine nationale KI-Strategie veröffentlichten. Das übergeordnete Ziel der KI-Strategie ist die Förderung von Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit und die Sicherstellung einer verantwortungsvollen und vertrauenswürdigen Entwicklung der KI. Ein wesentliches Merkmal der Strategie ist die Betonung der menschenzentrierten KI und ihr Verständnis und ihre Gestaltung zum Nutzen von Arbeitnehmer:innen und Gesellschaft. Vor diesem Hintergrund ist das BMAS neben dem BMBF und dem BMWK eines der drei führenden Ministerien der nationalen KI-Strategie.

Die drei Hauptziele der KI-Strategie sind: *i)* Sicherung der künftigen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bei gleichzeitiger Entwicklung Deutschlands und Europas zu führenden Standorten für die Entwicklung und Anwendung von KI-Technologien; *ii)* Sicherstellung, dass KI-Nutzung und -Entwicklung verantwortungsvoll und auf das Gemeinwohl ausgerichtet sind; und *iii)* ethische, rechtliche, kulturelle und institutionelle Verankerung von KI in der Gesellschaft durch einen breiten gesellschaftlichen Dialog und aktive politische Bemühungen.

Ein Jahr nach dem Start der Strategie im November 2019 veröffentlichte die Bundesregierung einen Zwischenbericht (BMBF, 2019[1]), in dem die wichtigsten durchgeführten Maßnahmen und die Perspektiven für die kommenden Jahre vorgestellt werden. Im Dezember 2020 hat Deutschland die nationale KI-Strategie als Reaktion auf die jüngsten Entwicklungen fortgeschrieben (Die Bundesregierung, 2020[2]). Insbesondere die COVID-19-Pandemie und Fragen der ökologischen Nachhaltigkeit und des Klimaschutzes wurden in den Vordergrund gerückt, ebenso wie die Bedeutung der europäischen und internationalen Zusammenarbeit.

Die nationale KI-Strategie beschreibt die Maßnahmen der Bundesregierung in fünf Schwerpunktbereichen: 1) Köpfe, 2) Forschung, 3) Transfer und Anwendungen, 4) Regulierungsrahmen und 5) Gesellschaft. Die Strategie skizziert auch neue Initiativen mit den Schwerpunkten Nachhaltigkeit, Umwelt-/Klimaschutz, Gesundheit und Pandemiebekämpfung sowie internationale/europäische Zusammenarbeit.

Die nationale KI-Strategie verfügte zunächst über ein Budget von 3 Mrd. EUR bis 2025, eine Mittelzusage, die im Juni 2020 im Rahmen des Konjunktur- und Zukunftspakets um weitere 2 Mrd. EUR erhöht wurde (Die Bundesregierung, 2020[3]). Es ist jedoch nicht klar, ob die Gesamtzusage umgesetzt wird. Bisher wurden 3,5 Mrd. Euro auf die Bundesministerien verteilt. Die Strategie sieht weder eine Aufschlüsselung der den einzelnen Bereichen zugewiesenen Mittel noch eine Aufteilung der Mittel auf die Bundesministerien vor. Im Oktober 2023 waren insgesamt 2,8 Mrd. Euro für konkrete Projekte zur Unterstützung der Umsetzung bereitgestellt worden.

In Anbetracht des zugewiesenen Budgets von 3,5 Mrd. Euro sind Deutschlands Fördermittel für seine KI-Ambitionen augenscheinlich geringer als die anderer europäischer Länder und der Vereinigten Staaten. Pro Kopf der Bevölkerung und Jahr betragen die öffentlichen KI-Investitionen in Deutschland 6 Euro. Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern hinkt Deutschland hinterher - Frankreich hingegen hat zugesagt, für seine nationale KI-Strategie (Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, 2023[4]), das Vereinigte Königreichs 6,5 EUR (HM Government, 2021[5]). Auch die Vereinigten Staaten liegen über diesen Zahlen und widmen jährlich bis zu 7,5 EUR pro Kopf ausschließlich für Forschung und Entwicklung im Bereich der KI (Executive Office of the President, 2022[6]).

In der Strategie sind für jeden Teilaspekt mehrere Maßnahmen und Initiativen aufgeführt, es fehlt jedoch eine Roadmap für die Umsetzung, in der konkrete Schritte, ein Zeitrahmen und, mit beschränkten Ausnahmen, Ziele und Indikatoren zur Messung der Fortschritte festgelegt sind. Die nationale Strategie 2018 stellt jedoch klar, dass die Ministerien für die Überwachung der Fortschritte der in ihren Zuständigkeitsbereich fallenden Maßnahmen verantwortlich sind.

Deutschland hat neben der Strategie 2018 und der Fortschreibung 2020 Strategien und Initiativen in angrenzenden Bereichen entwickelt. Dazu gehört die nationale Digitalisierungsstrategie 2025 (BMWi, 2016[7]), die Datenstrategie der Bundesregierung, fortgeschrieben 2023 (Die Bundesregierung, 2023[8]) sowie branchenbezogene Rechtsvorschriften, wie das Mobilitätsdatengesetz (BMDV, 2023[9]) und Rechtsvorschriften im Zusammenhang mit KI im Gesundheitssektor (siehe Blickpunkt: KI und Gesundheitswesen). Für diese Initiativen, die alle von verschiedenen Ministerien verwaltet werden, gibt es jedoch keine formellen Koordinierungsmechanismen.

KI-Strategien der deutschen Bundesländer und Kommunen

Begleitend zur nationalen KI-Strategie 2018 und deren Fortschreibung 2020 haben die deutschen Bundesländer Maßnahmen und strategische Ziele im Bereich der KI entwickelt. Fünf der 16 Bundesländer haben KI-Strategien veröffentlicht, während die übrigen 11 Ziele und Maßnahmen in Bezug auf KI im Rahmen ihrer Innovations- oder Digitalstrategien festgelegt haben. Bezüglich der Schwerpunktbereiche priorisieren 15 von 16 Bundesländern das Thema „Transfer und Anwendungen“, was eine erhebliche Überschneidung mit den Zielsetzungen des Bundes zeigt. Die anderen Bereiche mit denen meisten Überschneidungen sind Gesundheit (13/16), Forschung (12/16) und Infrastruktur (10/16).

Trotz dieser Überschneidungen ist die Zusammenarbeit und Koordinierung zwischen Bund und Ländern nach wie vor begrenzt. Mehrere Bundesländer haben eigene KI-Agenturen oder -Plattformen auf Landesebene initiiert, wie die Bayerische KI-Agentur und das Bayerische KI-Netzwerk (baiosphere), das Hessische Zentrum für Künstliche Intelligenz (hessian.AI) oder die KI.NRW-Plattform in Nordrhein-Westfalen. Die Zusammenarbeit zwischen diesen Länderinstitutionen und Bundesministerien sollte gefördert werden, etwa durch die jüngst eingerichtete ständige Digitalministerkonferenz, die im November 2023 angekündigt wurde und auf relevante KI-Akteur:innen aus dem Bund ausgeweitet werden könnte.

KI beeinflusst Kommunen und verändert das Arbeitsumfeld der lokalen Gebietskörperschaften. Die zehn bevölkerungsreichsten Städte Deutschlands (Berlin, Hamburg, München, Köln, Frankfurt am Main, Stuttgart, Düsseldorf, Leipzig, Dortmund, Essen) verfügen über eine digitale Strategie und Städte wie Berlin, Hamburg oder Köln verweisen auf die Relevanz von KI. Keine dieser zehn Städte hat jedoch eine KI-Strategie entwickelt. Dies ist auch bei anderen europäischen Kommunen nicht ungewöhnlich. So verfügen beispielsweise nur 5 der 26 europäischen Hauptstädte – Amsterdam, Brüssel, Luxemburg, Madrid und Wien – über eine KI-Strategie. Angesichts der entscheidenden Rolle, die Kommunen im täglichen Leben der Bürger:innen spielen, wird es für Kommunalbehörden äußerst wichtig sein, sich der potenziellen Herausforderungen und Chancen bewusst zu werden, die die KI mit sich bringt, und darüber, wie sie reagieren könnten. Auch die Abstimmung mit Länder- und Bundesbehörden sowie verantwortungsvolle KI-Strategien können helfen, eine kohärente nationale Reaktion auf allen staatlichen Ebenen sicherzustellen.

Entwicklung eines verantwortungsvollen, vertrauenswürdigen und menschenzentrierten Ansatzes für KI

Deutschland orientiert sich an den KI-Grundsätzen der OECD und betont die menschenzentrierte KI und den gesellschaftlichen Dialog in seiner nationalen Strategie mit Initiativen für KI für das gesellschaftliche Wohl, den Umwelt- und Klimaschutz sowie die Sicherstellung, dass öffentliche Systeme verantwortungsvoll entwickelt werden, mit die Transparenz von KI am Arbeitsplatz fördernden Gesetzen. Auch EU-Rechtsvorschriften wie die DSGVO und die Verordnung der Europäischen Union zu Künstlicher Intelligenz („KI-Verordnung der EU“) (EU, 2024[10]) dienen als Orientierung für seinen Ansatz.

Deutschland hat das Engagement für und die Umsetzung von Prinzipien für eine vertrauenswürdige KI gefestigt

Die KI-Grundsätze der OECD beinhalten fünf wertebasierte Prinzipien für die verantwortungsvolle Verwaltung einer vertrauenswürdigen KI.

Im Einklang mit dem EU-Ansatz für Exzellenz und Vertrauen in KI (EC, 2024[11]) hat Deutschland die KI-Verordnung der EU, das weltweit erste KI-Gesetz aktiv mitgestaltet. Ziel der KI-Verordnung der EU ist es, die Sicherheit und die Grundrechte der Nutzer:innen zu schützen und dem KI-Markt Schubkraft zu verleihen, indem das Vertrauen der Verbraucher:innen in KI-Anwendungen gestärkt wird. Die KI-Verordnung der EU legt Verpflichtungen – unter anderem in Bezug auf Transparenz, menschliche Aufsicht, Rechenschaftspflicht und Haftung – für Betreiber[1] von KI-Systemen fest, die sich nach dem mit ihrer Nutzung verbundenen Risiko richten. Die Risiken werden als unannehmbar (verboten), hoch (vorbehaltlich von Konformitätsbewertungsverfahren vor dem Inverkehrbringen eines KI-Systems sowie der Beobachtung nach dem Inverkehrbringen), begrenzt (vorbehaltlich von Transparenzpflichten) und gering oder ohne Risiko (nicht unter die Verordnung fallend) eingestuft. Die KI-Verordnung der EU führt auch einen mehrstufigen Ansatz für Anbieter:innen von Allzweck-KI-Modellen ein, die als KI-Modelle definiert sind, die eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben erfüllen können und in eine Vielzahl nachgelagerter Systeme oder Anwendungen integriert werden können. Die KI-Verordnung unterscheidet zwischen solchen mit potenziellen systemischen Risiken für die Gesellschaft und anderen Allzweck-KI-Modellen. Deutsche Beamt:innen sagen, dass sie kurz nach der Verabschiedung der Verordnung Leitlinien zur Anpassung und Kontextualisierung der Umsetzung herausgeben werden. Ebenso nannten befragte deutsche Beamt:innen die von der EU vorgeschlagene „KI-Haftungsrichtlinie“ (European Parliament, 2023[12]) als relevant für Deutschlands zukünftige Ansätze zur Rechenschaftspflicht.

Deutschland hält sich wie alle EU-Mitglieder an die DSGVO, die Regelungen zur transparenten und fairen Verarbeitung personenbezogener Daten enthält. Diese Verordnung hat Auswirkungen auf KI-Systeme, die die Verarbeitung personenbezogener Daten beinhalten, und stellt sicher, dass natürliche Personen darüber informiert werden, wie ihre Daten verwendet werden.

Mehrere Initiativen auf nationaler Ebene verdeutlichen auch die Ausrichtung Deutschlands an den Grundsätzen.

Im Einklang mit dem wertebasierten OECD-Grundsatz im Hinblick auf die Menschen und den Planeten heißt es in der deutschen KI-Strategie, dass KI-Anwendungen die menschliche Leistungsfähigkeit erhöhen und unterstützen müssen. Sie beinhaltet auch ein ausdrückliches Bekenntnis zu einer verantwortungsvollen Entwicklung und Nutzung von KI, die dem Wohl der Gesellschaft dient, und zu einem breiten gesellschaftlichen Dialog über ihre Nutzung. Zu diesem Zweck fördern mehrere Bundesinitiativen die Nutzung von KI zum gesellschaftlichen Wohl (siehe Gesellschaft).

Deutschland plant, die Leistungsfähigkeit von KI-Systemen und umweltbezogene Daten für Folgenabschätzungen, Ökosystemanalysen oder Untersuchungen des Energieverbrauchsverhaltens wirksam zu nutzen. Mit der Aufgabe, die Umweltbehörden in ihren vielfältigen Forschungs- und Vollzugsaufgaben in diesen Themenbereichen zu unterstützen und Anwendungen in den relevanten Domänen zu entwickeln, wird das neu eingerichtete „Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data“ betraut. Beim Entwickeln von Anwendungen legt das AI-Lab besonderen Wert auf die verantwortungsvolle Handhabung von Daten und den ressourcenschonenden Einsatz von KI und Big Data. Die Bundesregierung hat zudem das Förderprogramm „KI Lighthouse“ ins Leben gerufen, das die KI-Entwicklung für den Schutz von Umwelt, Klima, Natur und Ressourcen fördert. Darüber hinaus enthält die nationale KI-Strategie Pläne zur Einführung einer Marke mit dem Namen „Sustainable AI“, die den Ressourcenverbrauch verschiedener KI-Systeme bewerten soll.

Die Bundesregierung bekräftigt ihr Engagement für das „menschenzentrierte Design“ von KI-Systemen innerhalb und außerhalb des öffentlichen Sektors und erwähnt dieses Prinzip in verschiedenen

Abschnitten ihrer Strategie 2018 und 2020. Menschenzentriertes Design ist auch ein Prinzip des KI-Observatoriums unter der Leitung des BMAS (BMAS und DenkFabrik, 2023[13]), das einen übergreifenden Fokus darauf hat, wie KI zu gesellschaftlichen und beruflichen Trends beitragen kann. Eine weitere Dimension menschenzentrierter KI ist die Nutzerorientierung, die ein Kernstück der Strategie der Bundesregierung ist, um die Effizienz der öffentlichen Dienstleistungen zu verbessern und sie schneller und zugänglicher für die Bürger:innen zu machen. Schließlich unterstützt der deutsche Rechtsrahmen für den öffentlichen Sektor nach Angaben deutscher Beamt:innen die menschenzentrierte KI, indem er vorschreibt, dass nur Menschen die endgültige Entscheidung über bedeutungsvolle Dinge treffen dürfen.

Für öffentliche Stellen, die mit Sicherheitsaufgaben betraut sind, wurde in der nationalen KI-Strategie eine Algorithmenbewertungsstelle für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (ABOS) – ein zentrales Gremium, das die Konformität von KI-Systemen zertifiziert und bewertet – gefordert, aber noch nicht formell eingeführt (Merkur, 2023[14]).

Deutschland fördert den transparenten Einsatz von KI am Arbeitsplatz durch das Betriebsrätemodernisierungsgesetz von 2021, mit dem das Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) aktualisiert wurde. Bereits vor der Novelle musste der Betriebsrat bei der Implementierung von KI-gestützten IT-Tools einbezogen werden. Neu seit 2021 ist aber, dass es für den Betriebsrat einfacher ist, externe Sachverständige hinzuzuziehen, wenn ein Unternehmen KI intern nutzen will. Die frühzeitige Einbindung der Betriebsräte soll das Vertrauen in die KI-Technologie stärken und die Akzeptanz in der Belegschaft steigern.

Deutschland hat 2017 eine Ethikkommission für automatisiertes und vernetztes Fahren auf sektoraler Ebene eingerichtet, die Empfehlungen zu den ethischen Aspekten des autonomen Fahrens gibt (BMDV, 2017[15]). Obwohl sie sich speziell auf den Automobilsektor bezieht, stellt sie einen Präzedenzfall für die Berücksichtigung ethischer Implikationen beim Einsatz von KI-Technologien dar. Deutschland hat 2021 das erste umfassende nationale Gesetz zum autonomen Fahren verabschiedet. Deutschlands Gesetzesentwurf zu Fahrzeugen mit automatisierter Fahrfunktion im Straßenverkehrsgesetz und sein Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes („Gesetz zum autonomen Fahren“) sollen die robuste und sichere Nutzung von KI sicherstellen. Diese Gesetze legalisieren Fahrzeuge mit automatisierter Fahrfunktion, indem sie das Straßenverkehrsgesetz ändern und die Anforderungen an Fahrzeuge mit automatisierter Fahrfunktion im öffentlichen Straßenverkehr festlegen.

Regulatorische Test- und Experimentierräume in Bezug auf KI

Deutschland setzt verschiedene Initiativen zur Steigerung der Agilität in der KI-Governance um und entwickelt einen umfassenden Rechtsrahmen für Reallabore, wobei das Bundes-Reallaboregesetz bis 2025 in Kraft treten soll.

Deutschland verfolgt klare Pläne und gesetzliche Bestimmungen für regulatorische Experimente.

Seit 2017 unterstützt das Bundesministerium für Arbeit und Soziales die Einrichtung von *Lern- und Experimentierräumen*. Dies wurde 2019 um eine spezifische Komponente mit Schwerpunkt KI erweitert. Der Schwerpunkt dieser Initiative liegt darauf, KMU Zugang zu innovativen Technologien zu verschaffen, aber das Programm steht auch Behörden und Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung offen. In der Fortschreibung 2020 wird ausdrücklich auf dieses Modell und seine Verwendung sowohl für Unternehmen als auch für die öffentliche Verwaltung zur Entwicklung innovativer technischer Lösungen verwiesen.

Darüber hinaus fordert die nationale KI-Strategie die Einrichtung von Reallaboren für neue Projekte und KI-Systeme. Regulatorische Experimente im KI-Bereich, insbesondere durch Reallabore, können zur

Steigerung der Agilität in der KI-Governance beitragen. So sind KI-Innovator:innen und -Regulator:innen beispielsweise in der Lage, neue Produkte sicher zu testen. In der KI-Verordnung der EU wird auch vorgeschlagen, KI-Systeme vor dem Inverkehrbringen mithilfe von Reallaboren zu testen und zu validieren (EC, 2021[16]). In Deutschland gibt es bereits mehrere Initiativen zu Reallaboren. Dazu gehören:

- ein Handbuch für die Planung, Umsetzung und Bewertung von Reallaboren (BMWK, 2019[17]),
- eine Arbeitshilfe zur Formulierung von Experimentierklauseln für gesetzgebende Stellen (BMWi, 2020[18]),
- eine Praxishilfe zum Datenschutz in Reallaboren (BMWi, 2021[19]),
- eine interministerielle Arbeitsgruppe Reallabore,
- einen Bund-Länder-Arbeitskreis Reallabore,
- ein bereichsübergreifendes Netzwerk von Reallaboren mit mehr als 1000 Mitgliedern,
- Workshops, Bereitstellung von Informationen, Festlegung von Kontaktpersonen und
- Reallaborwettbewerbe („Innovationspreis“).

Es gibt auch mehrere gesetzliche Bestimmungen für nationale regulatorische Experimente (z. B. für autonomes Fahren, digitale Identitäten oder Drohnenverkehrsmanagement). Deutschland ist derzeit dabei, einen umfassenden Rechtsrahmen für Reallabore zu entwickeln. Das im Koalitionsvertrag 2021 (Die Bundesregierung, 2021[20]) als ein Ziel genannte Bundes-Reallaboregesetz soll voraussichtlich bis 2025 in Kraft treten.

Ein am 10. Juli 2023 erschienenes Grünbuch ist Teil dieser Initiative. Er enthält eine Reihe von Vorschlägen und Fragen zu vier wesentlichen Elementen (BMWK, 2023[21]). Mit diesen Maßnahmen sollen *i)* neue rechtliche Möglichkeiten und Experimentierklauseln für Reallabore in wichtigen Innovationsbereichen eingeführt werden, *ii)* übergreifende Standards für Reallabore festgelegt werden, *iii)* ein „Experimentierklausel-Check“ in der Gesetzgebung verankert werden und *iv)* eine zentrale Anlaufstelle zur Straffung des Reallabor-Prozesses geschaffen werden. Darüber hinaus fand vom 10. Juli bis zum 29. September 2023 ein öffentliches Konsultationsverfahren statt, um eine Möglichkeit zur Mitwirkung und für Feedback zu bieten.

Deutschland spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Rechtsgrundlage für regulatorische Experimente auf europäischer Ebene. In Europa wurden im November 2020 unter deutscher Ratspräsidentschaft die Schlussfolgerungen des Rates zu Reallaboren und Experimentierklauseln verabschiedet (EU, 2020[22]).

Wie diese vielfältigen Bemühungen zeigen, hat Deutschland klare Pläne und gesetzliche Bestimmungen für Reallabore. Im Bereich des automatisierten Fahrens hat das Land moderne Reallabore eingerichtet. Darüber hinaus dauerte ein in Hamburg eingerichtetes Reallabor sieben Monate und bot eine Testumgebung für einen autonomen Lieferroboter. Andere Länder haben KI-Reallabore für mehrere Anwendungen eingerichtet. So hat Spanien im Jahr 2022 ein KI-Reallabor als erstes Pilotprogramm eingerichtet, um die KI-Verordnung der EU zu testen. Das Vereinigte Königreich hat zwei Reallabore durch die *Financial Conduct Authority* (FCA) und das *Information Commissioner's Office* (ICO) eingerichtet. Das FCA-Reallabor (2016) konzentriert sich auf FinTech, lässt aber auch KI-bezogene Lösungen im Finanzsektor zu. Inspiriert vom ICO-Reallabor, hat das Reallabor der norwegischen Datenschutzbehörde (Datatilsynet) (2020) zum Ziel, ethische, datenschutzfreundliche und verantwortungsvolle Innovationen innerhalb der KI zu fördern (OECD, 2023[23]).

Die föderale Struktur Deutschlands bestimmt, wann bestimmte Bereiche, einschließlich der Umsetzung der Bundesgesetzgebung, in den Zuständigkeitsbereich der Länder (Kasten 6.2), und nicht in den des Bundes fallen. Die rechtlichen Kompetenzen für die Umsetzung von Reallaboren liegen bei den Ländern, d. h. eine zuständige Behörde auf Landesebene muss Antragsteller:innen eine Ausnahmegenehmigung erteilen. Die Anwendbarkeit der Bestimmungen wird jedoch häufig durch die begrenzte Sachkenntnis auf

Länderebene behindert. Zur Lösung dieses Problems könnte Deutschland ein zentrales Team / ein Zentrum finanzieren, das die zuständigen Behörden unterstützt. Eine weitere Möglichkeit wäre, die Kompetenzen für regulatorische Experimente auf Bundesebene zu zentralisieren.

Kasten 6.2. Bundesländer im föderalen System Deutschlands

Nach Artikel 20 des deutschen Grundgesetzes ist Deutschland ein föderales System. Jedes Bundesland teilt sich die Verantwortung mit dem Bund und den Gemeinden:

- Die Ausübung staatlicher Befugnisse und die Wahrnehmung staatlicher Aufgaben (insbesondere der Verwaltungsaufgaben) obliegt den Bundesländern; sie sind damit für die Umsetzung der Bundesgesetzgebung verantwortlich.
- Die Befugnisse von Bund und Ländern können sich in Bereichen wie Justiz, Sozialwesen, Zivil-, Straf-, Arbeits- oder Wirtschaftsrecht überschneiden. Im Konfliktfall hat Bundesrecht Vorrang.

Die Bundesländer verfügen über die ausschließliche Gesetzgebungsbefugnis in den Bereichen Kultur, Bildung, Hochschulen, kommunale Angelegenheiten und Polizei.

Normungstätigkeiten im Bereich der KI

Deutschland schafft Normen für eine vertrauenswürdige KI, setzt seinen Ruf für Qualität wirksam für KI-Produkte und -Dienstleistungen ein und will die EU-Normung mitgestalten. Auch das „*AI Trust Label*“ und das CERTAIN-Programm für vertrauenswürdige KI-Techniken tragen zur Gestaltung einer „vertrauenswürdigen KI made in Germany“ bei.

Deutschland kann den Ruf seiner Industrie für hochwertige Güter auf KI-Produkte und -Dienstleistungen übertragen

Deutschland arbeitet an einer Normung für vertrauenswürdige KI. Die „Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz“ ist ein einzigartiges Projekt mit Beteiligung verschiedener Interessenträger:innen und ein ausgezeichneter Schritt, um die nationalen Anstrengungen zu lenken und Deutschland im internationalen Normenökosystem zu positionieren. Der Roadmap scheinen jedoch klare und umsetzbare Ziele und Engagement von den Beteiligten zu fehlen (DIN, 2023[24]).

Deutschland engagiert sich auch in internationalen KI-Governance- und Normungsgremien. Ein deutscher KI-Experte vom *Verband der Elektrotechnik* (VDE) führt den Vorsitz im *Joint Technical Committee 21* des CEN und CENELEC (JTC21) zur „künstlichen Intelligenz“, das (zusammen mit dem ETSI) damit beauftragt wurde, harmonisierte europäische Normen zur Umsetzung der KI-Verordnung der EU zu entwickeln.

Deutschland hat die Chance, den Ruf seiner Industrie für hochwertige Güter auf KI-Produkte und -Dienstleistungen zu übertragen und die KI-Normung innerhalb der EU voranzutreiben. Deutschland könnte die Einhaltung der KI-Verordnung der EU nachweisen und vertrauenswürdige KI zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor machen. In diesem Zusammenhang haben deutsche Unternehmen in Zusammenarbeit mit dem VDE und französischen Großunternehmen bereits ein „*AI Trust Label*“ eingerichtet (VDE, 2022[25]). Ziel ist es, eine vertrauenswürdige KI zu fördern, die der deutschen Industrie einen Wettbewerbsvorteil verschaffen kann, und gleichzeitig die KI-Einführung bei Unternehmen zu fördern.

Im September 2023 startete eine weitere Initiative des Konsortiums *Centre for European Research in Trusted AI* (CERTAIN), das rechtlich zum DFKI gehört (DFKI, 2023[26]), zur Einführung eines nationalen Umsetzungsprogramms mit dem Namen „*Trusted AI*“. Der Schwerpunkt des CERTAIN liegt auf der Erforschung, Entwicklung, Einführung, Standardisierung und Förderung von Trusted-AI-Techniken mit dem Ziel, Garantien und Zertifizierungen für KI-Systeme zu bieten.

Empfehlungen

Formulierung einer strategischen Vision für KI zur Bewältigung der drängendsten Herausforderungen Deutschlands

Politische Maßnahmen im Bereich der KI erfordern politisches Engagement, eine klare Vision sowie effektive Kooperationsmechanismen. Die Befragten äußerten Bedenken, dass Deutschland trotz der seit 2018 ergriffenen Maßnahmen zur Förderung der KI-Entwicklung im Land offenbar keine strategische Vision oder Führungsrolle für die Richtung hat, die das Land in Bezug auf KI einschlagen sollte. Um dem zu begegnen, sollte Deutschland eine agile, langfristige und integrierte Vision, wie die deutsche Gesellschaft möchte, dass KI den Fortschritt und das Wohlergehen fördert, sowie detaillierte Roadmaps für die Umsetzung entwickeln. Ein internationales Beispiel ist die *National Strategy for AI in Health and Social Care*, die derzeit vom KI-Labor des *National Health Service* (NHS) im Vereinigten Königreich im Rahmen der nationalen KI-Strategie entwickelt wird und die Richtung für KI im Gesundheits- und Sozialwesen bis 2030 vorgeben wird (NHS, 2023[27]).

Leitung und Koordinierung der KI-Politikgestaltung und -umsetzung auf höchster politischer Ebene und unmittelbare Verbindung der deutschen KI-, Daten- und Digitalisierungspolitik

Um die nationale KI-Strategie umzusetzen und Synergien mit den deutschen Digitalisierungs- und Datenstrategien zu erzeugen, sind Aufsicht, Koordination und adäquate Ressourcen auf höchster politischer Ebene (also im Bundeskanzleramt) gefragt. Zu den vielversprechenden Praktiken in anderen Ländern gehören das *UK Government Office for AI* – eine Abteilung des *Department for Science, Innovation and Technology*, die für die Aufsicht über die Umsetzung der nationalen KI-Strategie zuständig ist – und das US-amerikanische *National Artificial Intelligence Initiative Office* (NAIO), das im *Office of Science and Technology Policy* des Weißen Hauses angesiedelt ist und mit der Koordinierung und Unterstützung des *National AI Initiative Act* (Gesetz zur nationalen KI-Initiative) beauftragt ist. Weitere Beispiele sind der Staatssekretär für Digitalisierung und KI in Spanien (abhängig vom neu geschaffenen spanischen Ministerium für die digitale Transformation und den öffentlichen Dienst, das über weitreichende Kompetenzen in den Bereichen Telekommunikation, Informationsgesellschaft, digitale Transformation sowie Entwicklung und Förderung von KI verfügt), und das Ministerium für KI in den Vereinigten Arabischen Emiraten.

Aufstockung der Mittel für KI-Ziele

Die befragten Expert:innen stimmten darin überein, dass erhebliche Investitionen sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene unerlässlich sind, um die technologische Unabhängigkeit im Bereich der KI, die für die deutsche Wirtschaft und Gesellschaft von entscheidender Bedeutung ist, zu sichern. Die Interessenträger:innen haben sich dafür ausgesprochen, dass diese Ausgaben den Investitionen in den USA und China entsprechen sollten (Humboldt Foundation, 2023[28]).

Einrichtung eines zentralen Teams/Zentrums, um die Behörden dabei zu unterstützen, Expertise auf dem Gebiet regulatorischer Experimente auf Länderebene zu fördern

Deutschland hat einen umfassenden und soliden nationalen Rechtsrahmen für regulatorische Experimente geschaffen. Die Umsetzung von Reallaboren obliegt jedoch den Behörden auf regionaler Ebene. Während einige Bundesländer über die Kompetenz verfügen, Reallabore einzurichten, zu überwachen und zu bewerten, fehlt den meisten Bundesländern diese Expertise. Um hier Abhilfe zu schaffen, könnte Deutschland ein zentrales Team finanzieren, das die zuständigen Länderbehörden unterstützt. Eine weitere Möglichkeit wäre, die Kompetenzen für regulatorische Experimente auf Bundesebene zu zentralisieren.

Bessere Nutzung des Einflusses auf EU-Regulierung und -Normung

Deutschland hat die Chance, den Ruf seiner Industrie für hochwertige Güter auf Produkte und Dienstleistungen, bei denen KI zum Einsatz kommt, zu übertragen und damit die KI-Normung innerhalb der EU voranzutreiben. Deutschland sollte sicherstellen, dass es bei europäischen und globalen KI-Normungsaktivitäten weiterhin gut vertreten ist, indem es bestehende Schlüsselpositionen wie den derzeitigen Vorsitz bei CEN-CENELEC, den ein Deutscher vom VDE führt, wirksam nutzt.

Umsetzung spezifischer Strategien zur Förderung einer vertrauenswürdigen Nutzung von KI am Arbeitsplatz

Über die Investitionen in die Ausbildung und den sozialen Dialog hinaus muss Deutschland die Risiken angehen, die die am Arbeitsplatz eingesetzte KI für die Rechte und die Sicherheit der Arbeitnehmer:innen darstellen kann.

Die bestehenden Antidiskriminierungsgesetze und Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, Datenschutz, Transparenz und Vereinigungsfreiheit bieten einen Rahmen, der zwar nicht KI-spezifisch ist, mit dem aber damit verbundenen Risiken begegnet werden kann. Die Beobachtung der einschlägigen Rechtsprechung wird es Deutschland ermöglichen, festzustellen, ob diese Vorschriften im Hinblick auf den Einsatz von KI angepasst werden müssen.

Auch wenn die KI-Verordnung der EU, die Produkthaftungsrichtlinie und die KI-Haftungsrichtlinie Bestimmungen enthalten werden, um die Rechenschaftspflicht sicherzustellen, wird Deutschland spezifische Maßnahmen für die Nutzung am Arbeitsplatz umsetzen müssen.

Literatur

BMAS und DenkFabrik (2023), *KI-Observatorium Künstliche Intelligenz in Arbeit and Gesellschaft*, https://www.ki-observatorium.de/en. [13]

BMBF (2019), *Interim Report: One Year of AI Strategy*, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/zwischenbericht-ki-strategie_final.pdf (accessed on 11 December 2023). [1]

BMDV (2023), “Veröffentlichung Eckpunkte Mobilitätsdatengesetz”, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Digitales/Digitale-Gesellschaft/Eckpunkte-Mobilitaetsdatengesetz/eckpunkte-mobilitaetsdatengesetz_node.html (accessed on 18 October 2023). [9]

BMDV (2017), *Automated and Connected Driving*, Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, https://bmdv.bund.de/SharedDocs/EN/publications/report-ethics-commission-automated-and-connected-driving.pdf?__blob=publicationFile (accessed on 11 December 2023). [15]

BMWi (2021), *Praxishilfe zum Datenschutz in Reallaboren*, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/praxishilfe-zum-datenschutz-in-reallaboren.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (accessed on 18 October 2023). [19]

BMWi (2020), *Recht flexibel*, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/recht-flexibel-arbeitshilfe-experimentierklauseln.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (accessed on 2023 October 2023). [18]

BMWi (2016), *Digitale Strategie 2025*, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitale-strategie-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (accessed on 24 October 2023). [7]

BMWK (2023), *Grünbuch Reallabore*, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gruenbuch-reallabore.pdf?__blob=publicationFile&v=10 (accessed on 18 October 2023). [21]

BMWK (2019), *Making Space for Innovation - The Handbook for Regulatory Sandboxes*, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/Digitale-Welt/handbook-regulatory-sandboxes.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D2 (accessed on 18 October 2023). [17]

DFKI (2023), *CERTAIN: The European Centre for Trusted AI starts with a kick-off celebration on September 19, 2023*, https://www.dfki.de/en/web/news/certain-european-centre-for-trusted-ai-starts-with-kick-off-celebration-on-september-19-2023 (accessed on 11 December 2023). [26]

Die Bundesregierung (2023), *Weiterentwicklung der Datenstrategie - Fortschritt dank besserer Daten*, https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/digitaler-aufbruch/datenstrategie-2023-2216620 (accessed on 18 October 2023). [8]

Die Bundesregierung (2021), *Mehr Fortschritt wagen - Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit*, https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/1f422c60505b6a88f8f3b3b5b8720bd4/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1 (accessed on 18 October 2023). [20]

Die Bundesregierung (2020), "Economic stimulus package: An ambitious programme", https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/konjunkturpaket-1757640 (accessed on 11 December 2023). [3]

Die Bundesregierung (2020), *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung - Fortschreibung 2020*, https://www.ki-strategie-deutschland.de/files/downloads/201201_Fortschreibung_KI-Strategie.pdf (accessed on 11 October 2023). [2]

DIN (2023), *Second Edition of the German Standardization Roadmap AI*, Deutsches Institut für Normung e.V., https://www.din.de/en/innovation-and-research/artificial-intelligence/ai-roadmap (accessed on 18 October 2023). [24]

EC (2024), *European Approach to Artificial Intelligence*, European Commission, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence. [11]

EC (2021), *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council laying down Harmonised Rules on Artificial Intelligence and amending certain Union Legislative Acts (Artificial Intelligence Act)*, European Commission, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0206 (accessed on 28 March 2023). [16]

EU (2024), *Regulation (EU) 2024/ ..... of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*, https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-24-2024-INIT/en/pdf. [10]

EU (2020), *Council Conclusions on Regulatory Sandboxes and Experimentation Clauses as Tools for an Innovation-friendly, Future-proof and Resilient Regulatory Framework that Masters Disruptive Challenges in the Digital Age*, Council of the European Union, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020XG1223(01) (accessed on 18 October 2023). [22]

European Parliament (2023), *Briefing - EU Legislation in Progress: Artificial Intelligence Liability Directive*, https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/739342/EPRS_BRI(2023)739342_EN.pdf. [12]

Executive Office of the President (2022), *Supplement to the President's FY 2023 Budget*, National Science and Technology Council, https://www.nitrd.gov/pubs/FY2023-NITRD-NAIIO-Supplement.pdf. [6]

HM Government (2021), *National AI Strategy*, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1020402/National_AI_Strategy_-_PDF_version.pdf. [5]

Humboldt Foundation (2023), *Sieben Empfehlungen zur Künstlichen Intelligenz (KI) an die Deutsche Bundesregierung*, https://www.humboldt-foundation.de/fileadmin/Bewerben/Programme/Alexander-von-Humboldt-Professur/Positionspapier_zur_Kuenstlichen_Intelligenz_Recommendations_on_AI.pdf (accessed on 2023 October 2023). [28]

Merkur (2023), "Coalition wants to make AI applications in administration possible", https://www.merkur.de/politik/koalition-will-ki-anwendungen-in-verwaltung-moeglich-machen-zr-92489210.html (accessed on 11 December 2023). [14]

Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique (2023), *La Stratégie Nationale pour l'Intelligence Artificielle*, https://www.entreprises.gouv.fr/fr/numerique/enjeux/la-strategie-nationale-pour-l-ia. [4]

NHS (2023), *The National Strategy for AI in Health and Social Care*, NHS England, https://transform.england.nhs.uk/ai-lab/ai-lab-programmes/. [27]

OECD (2023), "Regulatory sandboxes in artificial intelligence", *OECD Digital Economy Papers*, No. 356, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/8f80a0e6-en. [23]

VDE (2022), "Kann Künstliche Intelligenz wertekonform sein? VDE SPEC als Grundlage künftiger Entwicklungen", Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/ai-trust-label (accessed on 18 October 2023). [25]

Endnote

[1] „Betreiber“ bezeichnet den:die Anbieter:in, den:die Produkthersteller:in, den:die Nutzer:in, den:die Bevollmächtigte:n, den:die Einführer:in oder den:die Händler:in.

7 Gesellschaft

In diesem Kapitel werden Initiativen zur Förderung der Nutzung von KI für das Gemeinwohl und die öffentliche Wahrnehmung von KI in Deutschland erörtert. Deutschland engagiert sich stark für den Aufbau eines KI-Ökosystems, das dem Gemeinwohl dient. „*Civic Coding* – Innovationsnetz KI für das Gemeinwohl“ ist eine Initiative, die den Einsatz und die Nutzung von KI für das Gemeinwohl fördert. Die öffentliche Wahrnehmung von KI in Deutschland ist im Allgemeinen positiv, unterscheidet sich jedoch je nach Altersgruppe und Anwendungsbereich. Das Vertrauen in KI-Anwendungen im Gesundheitswesen ist besonders groß, während Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes und der Desinformation sehr verbreitet sind. Zu den Empfehlungen gehören die Ausweitung der Einbindung von Interessenträger:innen in die Gestaltung der KI-Politik und die regelmäßige Beobachtung der öffentlichen Wahrnehmung von KI.

Der Einsatz von KI sollte sich an wirtschaftlichen Interessen und am Gemeinwohl der deutschen Gesellschaft orientieren. Sowohl die nationale KI-Strategie 2018 als auch die Fortschreibung 2020 enthalten diese Ziele. Konkret zielte die Strategie 2020 darauf ab, ein Ökosystem für KI, die dem Gemeinwohl verpflichtet ist, zu schaffen, KI-Anwendungen zur Unterstützung des Verbraucheralltags („*consumer enabling technologies*") zu fördern und KI-Projekte zur Bewahrung, Exploration, Zugänglichkeit, Vernetzung und Verbreitung kultureller Angebote zu unterstützen. Darüber hinaus skizzierte sie Pläne für den Aufbau von KI-Kompetenz in der Erkundung und Verifizierung von Medieninhalten, um die Meinungsvielfalt zu sichern.

Kasten 7.1. Gesellschaft: Ergebnisse und Empfehlungen

Ergebnisse

- Die Bundesministerien haben mehrere Initiativen gestartet, um die Nutzung von KI für das gesellschaftliche Wohl zu fördern.
- KI wird in Deutschland in der Öffentlichkeit insgesamt positiv wahrgenommen. Das Vertrauen in KI-Anwendungen ist im Gesundheitswesen am höchsten und im Personalbereich am geringsten.
- Potenzielle Bedrohungen für die positive öffentliche Wahrnehmung von KI entstehen durch Fehl- und Desinformation. Die Bundesministerien haben verschiedene Maßnahmen eingeleitet, um diesem Problem zu begegnen.
- Während die Sozialpartner:innen an der Gestaltung der KI-Politik beteiligt sind, könnte die Einbeziehung von Akteur:innen ausgeweitet werden.
- Die Bürger:innen werden zur Debatte über KI konsultiert, aber ihre Beteiligung an der Gestaltung der KI-Politik könnte ausgeweitet werden.

Empfehlung

- Einbeziehung eines breiteren Spektrums von Akteur:innen in die Gestaltung der KI-Politik.
- Einrichtung eines KI-Bürgerrats.
- Regelmäßige Beobachtung der öffentlichen Wahrnehmung von KI.

Programme zur Unterstützung von KI für das Gemeinwohl

Die deutsche Initiative *Civic Coding* fördert den Einsatz und die Nutzung von KI für das Gemeinwohl, indem sie Initiativen und Projekte von drei Ministerien bündelt. Durch Plattformen und Begegnungsräume wie der *Civic Innovation Platform* und der KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz unterstützen die Bundesministerien die Vernetzung von (zivilgesellschaftlichen) Akteur:innen und ermöglichen die Erprobung digitaler Technologien. Gemeinsam mit zivilgesellschaftlichen Organisationen setzen sie sich im Rahmen des *Civic Data Lab* dafür ein, gemeinwohlorientierte Datenräume zu schaffen.

Die Bundesministerien unterstützen Initiativen zur Förderung der Nutzung von KI für das gesellschaftliche Wohl

Das von drei Ministerien eingerichtete „*Civic Coding* – Innovationsnetz KI für das Gemeinwohl" zeichnet sich als zentrale Anlaufstelle für die Förderung von KI-Projekten zum Gemeinwohl aus (Kasten 7.2). Die unabhängige Denkfabrik iRights.Lab hat mit Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) in Zusammenarbeit mit den Fraunhofer-

Instituten AISEC und IAIS sowie der Freien Universität Berlin das Zentrum für vertrauenswürdige Künstliche Intelligenz (ZVKI) eingerichtet. Als nationale und neutrale Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und zivilem Engagement informiert sie über viele für Verbraucher:innen relevante Aspekte, erleichtert öffentliche Diskussionen und entwickelt Instrumente zur Bewertung und Zertifizierung vertrauenswürdiger KI (ZVKI, 2023[1]).

Kasten 7.2. *Civic Coding* – Innovationsnetz KI für das Gemeinwohl

„*Civic Coding* – das Innovationsnetz KI für das Gemeinwohl“ ist eine interministerielle Initiative des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS), des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) und des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ). Durch die Bündelung und Vernetzung der KI-bezogenen Projekte, Programme und Strukturen der drei beteiligten Bundesministerien sollen Synergien genutzt werden. Ziel ist es, ein sichtbares und wirksames Innovationsnetz zu entwickeln, das die gemeinwohlorientierte Entwicklung und Nutzung von Künstlicher Intelligenz langfristig unterstützt und sichert (Civic Coding, 2023[2]). Folgende Ankerprojekte sind Teil des Innovationsnetzes:

Civic Innovation Platform (CIP)

Die *Civic Innovation Platform* (CIP) ist ein Projekt des BMAS. Der Kern des Projektes – eine multifunktionale Internetplattform zur Vernetzung sektorübergreifender und/oder interdisziplinärer Projektteams – wurde 2023 in die Initiative *Civic Coding* integriert. Die Unterstützung der menschenzentrierten Entwicklung und Nutzung von gemeinwohlorientierten KI-Anwendungen erfolgt in zwei Förderstufen: Erstens finanziell durch ein Preisgeld von bis zu 20.000 EUR und ideell durch Beratungs- und Workshop-Angebote. Dies ist Teil des Ideenwettbewerbs „Gemeinsam wird es KI“, bei dem Projektteams ihre Ideen für KI-Anwendungen einreichen, die dem Gemeinwohl dienen. Zweitens startete 2023 eine längerfristige Projektförderung (Civic Innovation Platform, 2023[3]).

KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz

Die KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz im Impact Hub Berlin ist ein Projekt des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). Die Ideenwerkstatt ist eine Anlaufstelle für alle, die KI-Anwendungen für den Umweltschutz einsetzen möchten. Vor Ort und digital unterstützen die Expert*innen mit der Bereitstellung von Ressourcen, technischem Know-How, digitalen Werkzeugen und Bildungsangeboten. In Workshops und Veranstaltungen zeigen sie, wie KI-Anwendungen helfen können, unsere Umwelt zu schützen (KI-Ideenwerkstatt, 2023[4]).

Civic Data Lab

Das Civic Data Lab wird durch ein Konsortium aus Gesellschaft für Informatik e.V., CorrelAid e.V. und Deutschem Caritasverband e.V. realisiert und als *Civic Coding*-Ankerprojekt durch das Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend gefördert. Es unterstützt organisierte und nicht organisierte Akteur:innen der Zivilgesellschaft dabei, Daten zu erheben, zu organisieren und zu strukturieren, sie auszuwerten, zu verknüpfen, für ihre Zielgruppen wiederzuverwenden, für andere verfügbar zu machen und sie mit verfügbare Daten zu ergänzen und so im Allgemeininteresse liegende Ziele besser zu erreichen (Caritas digital, 2023[5]).

Quellen: Civic Coding (2023[2]), *Die Initiative*, https://www.civic-coding.de/ueber-civic-coding/die-initiative (zugegriffen am 2 November 2023); Civic Innovation Platform (2023[3]), *Projekt und Leitbild*, https://www.civic-innovation.de/ueber-uns/projekt-und-leitbild (zugegriffen am 2 November 2023); KI-Ideenwerkstatt (2023[4]), *Über uns*, https://www.ki-ideenwerkstatt.de/ (zugegriffen am 2 November 2023); Caritas digital (2023[5]), *Projekt Civic Data Lab*, https://www.caritas-digital.de/projekte/civic-data/ (zugegriffen am 2 November 2023).

Öffentliche Wahrnehmung von KI in Deutschland

Die deutschen Bürger:innen nehmen KI generell positiv wahr, wobei das Bewusstsein ausgeprägt und das Vertrauen hoch ist. Es bestehen jedoch Bedenken hinsichtlich Datenschutzes und Desinformation. Deutschland könnte die öffentliche Wahrnehmung von KI regelmäßig beobachten und die Beteiligung der Bürger:innen und einer vielfältigen Zivilgesellschaft an der Politikgestaltung stärken, um die gesellschaftlichen Werte in der KI-Politik zu berücksichtigen.

KI wird von den Menschen in Deutschland positiv wahrgenommen

Bei der Förderung eines gemeinsamen, gemeinwohlorientierten Einsatzes von KI in der deutschen Gesellschaft ist es auch wichtig, sich mit den Einstellungen vertraut zu machen, die die Menschen in Bezug auf KI vertreten. Die Menschen in Deutschland zeigten 2021 eine vergleichsweise positive Wahrnehmung von KI. Dieser Wert ist einer der höchsten aus einer Stichprobe vergleichbarer Länder (Lloyd's Register Foundation, 2021[6]). Sie zeigen zudem eine vergleichsweise hohe Bereitschaft, KI-Systemen zu vertrauen und sie zu akzeptieren, und nehmen vor Menschen in Ländern wie Israel, Australien, dem Vereinigten Königreich, Kanada, Frankreich, Estland und Finnland den siebten Rang ein. Andererseits sind die Menschen in Deutschland deutlich weniger bereit, KI-Systemen zu vertrauen und sie zu akzeptieren, als die Menschen in Ländern wie Indien, China, Südafrika oder Brasilien (KPMG, 2023[7]).

In einer aktuellen Umfrage, die den Blick der Europäer:innen auf die Auswirkungen von KI abschätzt, hat Deutschland gegenüber anderen Ländern insofern einen Vorteil, als mehr als 80 % der Befragten angaben, dass sie ein wenig oder viel über KI wüssten, was den höchste Anteil unter den an der Umfrage beteiligten Ländern darstellte. Bezüglich der allgemeinen Anwendungen von KI sind die Meinungen geteilt, wobei ungefähr gleich große Anteile davon ausgehen, dass KI entweder nützlich oder schädlich ist (21 % bzw. 22 %). Mehr als die Hälfte der Befragten äußerte Neutralität oder gab an, dass sie nicht über genügend Informationen verfügten; allerdings gab es einen signifikanten Unterschied zwischen jüngeren Bevölkerungsgruppen (19-25 Jahre), in denen 36 % der Befragten glaubten, dass KI von Vorteil sei, während nur 13 % der älteren Befragten (65 Jahre oder älter) diese Ansicht teilten (bidt, 2023[8]).

Im Bereich der KI-Anwendungen setzten die in Deutschland lebenden Menschen 2023 das höchste Vertrauen in KI-Anwendungen im Gesundheitswesen (siehe Blickpunkt: KI und Gesundheitswesen). KI-Anwendungen im Personalbereich wird dagegen das geringste Vertrauen entgegengebracht. Dieser Unterschied ist jedoch nicht nur für Deutschland typisch, sondern zeigt sich auch in anderen Ländern. Dies ist wahrscheinlich ein Ergebnis des erheblichen und unmittelbaren Nutzens, den eine verbesserte Präzision bei medizinischen Diagnosen und Behandlungen für den Einzelnen bietet, gepaart mit dem allgemein hohen Vertrauen in das medizinische Fachpersonal in den meisten Ländern (KPMG, 2023[7]).

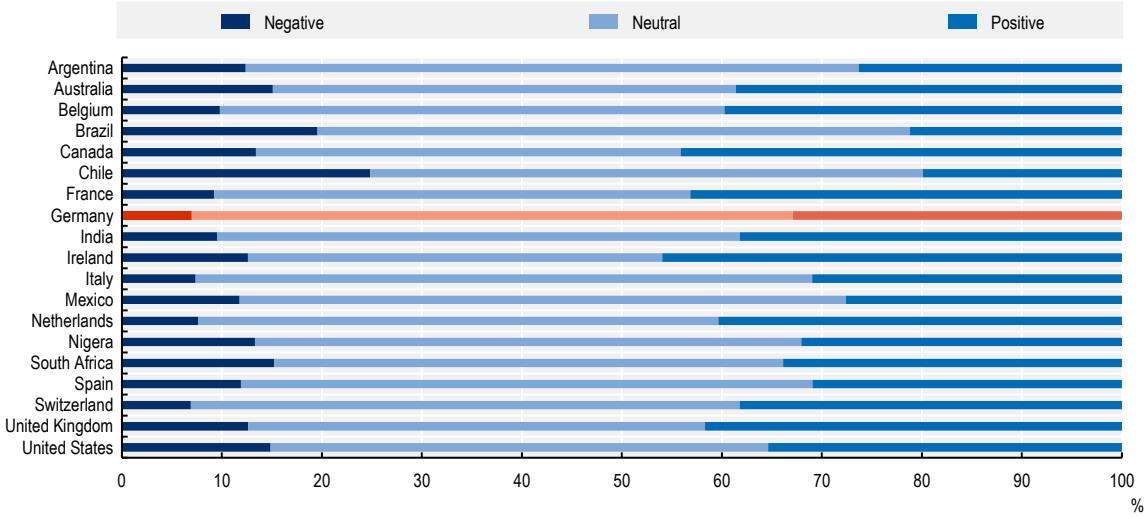
Darüber hinaus scheinen die meisten deutschen X-Nutzer:innen auch eine eher neutrale oder positive Einstellung zur KI zu haben, da sie ein niedrigeres negatives Grundempfinden als in ähnlichen Ländern aufweisen (Abbildung 7.1). Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die hier präsentierten Daten nur bis 2022 gehen. In Anbetracht der Tatsache, dass ChatGPT-3 im November desselben Jahres gestartet wurde, ist es plausibel, dass sich das Empfinden seitdem verändert haben könnte. Angesichts der rasanten Entwicklung von KI-Technologien wäre es von äußerster Wichtigkeit für die Länder, die öffentliche Wahrnehmung der KI durch ihre Bürger:innen im Auge behalten. Dies ist insbesondere für Deutschland relevant, da seine KI-Strategie ausdrücklich einen menschenzentrierten Ansatz betont.

Diese positive Einstellung könnte jedoch gefährdet sein, wenn neue KI-Anwendungen die in Deutschland vertretenen Werte nicht berücksichtigen und nicht vertrauenswürdig sind. Bedenken über Datenschutz, *Social Scoring* und Desinformation sind unter X-Nutzer:innen in Deutschland bereits weit verbreitet. Der gezielte Einsatz von KI-Anwendungen zur Verbreitung von Fehl- und Desinformation etwa könnte diese Bedenken vertiefen, aber auch negative Folgen für die deutsche Demokratie insgesamt haben. Deshalb muss die Bundesregierung ihre Anstrengungen zur Bekämpfung von KI-bedingten Fehl- und

Desinformation fortsetzen und ausweiten. Zwei vielversprechende Beispiele für die vielen Projekte, die sich mit diesen Themen befassen, sind „DeFaktS“ und „noFake“ (BMBF, 2022[9]).

Abbildung 7.1. Die meisten deutschen X-Nutzer:innen zeigen eine neutrale oder positive Einstellung gegenüber KI

% der positiven, neutralen und negativen Posts nach Ländern, 2017-2022



Quelle: OECD-Analyse auf der Grundlage von Daten von X, zuvor Twitter.

Das vom BMBF geförderte DeFaktS-Projekt verfolgt einen umfassenden Ansatz zur Erforschung und Bekämpfung von Desinformation. Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein KI-Modell mit extrahierten Daten von verdächtigen Social-Media- und Messenger-Gruppen trainiert, um Faktoren und stilistische Elemente zu erkennen, die für Desinformation charakteristisch sind. Anschließend wird diese trainierte KI zu einer Komponente für eXplainable Artificial Intelligence (XAI), mit der eine App entwickelt wird, die die Nutzer:innen transparent über Online-Angebote informieren und vor dem möglichen Auftreten von Desinformation warnen soll (BMBF, 2023[10]).

Das vom BMBF mit 1,33 Mio. EUR geförderte Projekt „KI-unterstütztes Assistenzsystem für die Crowdsourcing-basierte Erkennung von über digitale Plattformen verbreiteter Desinformation (noFake)“ hat zum Ziel, ein Assistenzsystem zu entwickeln, das *Crowdworker* dabei unterstützt, Desinformation schnell zu identifizieren. Dieses System automatisiert die Analyse großer Datensätze, indem verdächtige Text- und Bildmaterialien vorsortiert mit ähnlichen Inhalten verknüpft und die Verbreitungskanäle der untersuchten Materialien aufgedeckt werden. Für die Entwicklung des Assistenzsystems werden die Forschungsergebnisse mit journalistischer Expertise kombiniert. In der Erkenntnis, dass der Erfolg des Systems nicht nur von seiner Funktionalität abhängt, sondern auch davon, wie *Crowdworker* es nutzen, werden Schulungsmaterialien und Lernpläne entwickelt, um *Crowdworker* in die Lage zu versetzen, Informationsmaterial fundiert zu bewerten (BMBF, 2023[11]).

Es reicht jedoch nicht aus, einfach nur die Einstellungen der deutschen Bevölkerung zu messen. Um ihren Anliegen bei der Formulierung der KI-Politik in vollem Umfang Rechnung zu tragen, sollte die Beteiligung von zivilgesellschaftlichen Organisationen und Bürger:innen an diesen Prozessen gefördert werden. In diesem Zusammenhang steht die Bundesregierung bei der Gestaltung der KI-Politik im Kontakt mit Interessenträger:innen, etwa durch eine Online-Konsultation während der Formulierung der nationalen KI-Strategie 2018. Die am stärksten und am häufigsten beteiligten Organisationen sind jedoch die Sozialpartner:innen. Im Gegensatz dazu werden zivilgesellschaftliche Organisationen, die Minderheiten

vertreten oder sich für den Schutz der Umwelt einsetzen, relativ selten beteiligt. Damit die deutsche KI-Politik die unterschiedlichen Interessen der Zivilgesellschaft besser widerspiegelt, wäre eine ausgewogenere Beteiligung von Organisationen erforderlich.

Ebenso viel ungenutztes Potenzial besteht in Bezug auf die Einbeziehung der Bürger:innen in die Gestaltung der KI-Politik. In Deutschland beschränkt sich dies bislang auf Konsultationen, die nur sehr selten stattfinden. Länder wie das Vereinigte Königreich, Kanada und Norwegen könnten hier als Vorbild dienen, wo die Gestaltung der KI-Politik viel stärker durch öffentliche Beratungen oder Workshops für die Beteiligung an der Gestaltung beeinflusst wird.

Empfehlungen

Einbeziehung eines breiteren Spektrums von Akteur:innen in die Gestaltung der KI-Politik.

Die Sozialpartner:innen waren in den Prozess der Entwicklung der KI-Politik eingebunden und haben in erster Linie die Interessen der Arbeitnehmer:innen und Arbeitgeber:innen vertreten. Angesichts der Auswirkungen der KI auf verschiedene gesellschaftliche Bereiche reicht es jedoch nicht aus, sich nur auf die Wirtschaft zu konzentrieren. Es ist von entscheidender Bedeutung, die Beteiligung von Organisationen aus weiteren von KI betroffenen Bereichen zu verstärken, darunter auch Organisationen, die sich für Umweltschutz oder Minderheitenrechte einsetzen.

Einrichtung eines KI-Bürgerrats

2022 führte das Projekt „Bürgerrat“ unter der Leitung der Organisation „Mehr Demokratie“ eine Bürgerversammlung zum Thema KI in Deutschland durch (Bürgerrat, 2022[12]). Um jedoch sicherzustellen, dass die Themen und Empfehlungen, die in solchen Versammlungen diskutiert werden, auch die politischen Entscheidungsträger:innen erreichen, könnte ein Bundesministerium wie das BMAS einen Bürgerrat zum Thema KI organisieren.

Obwohl zufällig ausgewählte Bürgerräte derzeit als fallbezogene und unregelmäßige demokratische Instrumente eingesetzt werden, verfügen sie über das Potenzial, als dauerhaftes Instrument zur Unterstützung der politischen Entscheidungsfindung zu dienen. Die Einrichtung laufender Bürgerräte stärkt das Vertrauen der Öffentlichkeit in politische Entscheidungsträger:innen und fördert den kontinuierlichen Dialog. Wie (OECD, 2021[13]) verdeutlicht, ermöglicht die regelmäßige Umsetzung deliberativer Demokratie es Menschen und Entscheidungsträger:innen, gegenseitiges Vertrauen aufzubauen.

In diesem Zusammenhang könnte Deutschland die Schaffung eines dauerhaften Bürgerrats erwägen, der sich den neuen Technologien widmet und sich speziell auf KI konzentriert. Ein solcher Ansatz würde zu einer nachhaltigen öffentlichen Einbeziehung beitragen und das Vertrauen in den Entscheidungsprozess stärken. Darüber hinaus würde dies der Bundesregierung ermöglichen, ihren „Gemeinwohlansatz“ von der Entwicklung von Projekten angewandter KI auf die Formulierung von politischen KI-Strategien auszuweiten.

Regelmäßige Beobachtung der öffentlichen Wahrnehmung von KI

Es ist von entscheidender Bedeutung, sich der Wahrnehmung der KI durch die Öffentlichkeit und ihrer Umsetzung in verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen bewusst zu sein, um sie bei der Entwicklung von KI-Strategien berücksichtigen zu können. Insbesondere das KI-Observatorium des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) unternimmt diesbezüglich bereits Anstrengungen und veröffentlicht die Ergebnisse einer Beobachtungsinitiative aus dem Jahr 2021 auf seiner Website (KI

Observatorium, 2021[14]). Angesichts der rasanten Fortschritte der KI in den letzten Jahren ist es jedoch zwingend erforderlich, regelmäßige Beobachtungen durchzuführen. Dies könnte unter der Leitung des KI-Observatoriums geschehen.

Literatur

bidt (2023), *Autorinnen und Autoren: Das bidt-Digitalbarometer. international*, Bayerisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation, https://doi.org/10.35067/xypq-kn68. [8]

BMBF (2023), *DeFaktS*, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/projekte/defakts (accessed on 3 November 2023). [10]

BMBF (2023), *noFake*, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/projekte/nofake (accessed on 3 November 2023). [11]

BMBF (2022), "Fake News erkennen, verstehen, bekämpfen [Recognising, understanding and combating fake news]", Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/02/fake-news-bekaempfen.html (accessed on 11 December 2023). [9]

Bürgerrat (2022), "Citizens' assembly discussed artificial intelligence", https://www.buergerrat.de/en/news/citizens-assembly-discussed-artificial-intelligence/ (accessed on 25 January 2024). [12]

Caritas digital (2023), *Projekt Civic Data Lab*, https://www.caritas-digital.de/projekte/civic-data/ (accessed on 2 November 2023). [5]

Civic Coding (2023), *Die Initiative*, https://www.civic-coding.de/ueber-civic-coding/die-initiative (accessed on 2 November 2023). [2]

Civic Innovation Platform (2023), *Projekt und Leitbild*, https://www.civic-innovation.de/ueber-uns/projekt-und-leitbild (accessed on 2 November 2023). [3]

KI Observatorium (2021), *KI Indikatoren - KI in Arbeit und Gesellschaft*, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, https://www.ki-observatorium.de/ki-indikatoren (accessed on 24 January 2024). [14]

KI-Ideenwerkstatt (2023), *Über uns*, KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, https://www.ki-ideenwerkstatt.de/ (accessed on 2 November 2023). [4]

KPMG (2023), *Trust in Artificial Intelligence: A Global Study*, https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/au/pdf/2023/trust-in-ai-global-insights-2023.pdf (accessed on 31 October 2023). [7]

Lloyd's Register Foundation (2021), *World Risk Poll 2021: A Digital World*, https://wrp.lrfoundation.org.uk/LRF_2021_report_a-digtial-world-ai-and-personal-data_online_version.pdf (accessed on 31 October 2023). [6]

OECD (2021), "Eight ways to institutionalise deliberative democracy", *OECD Public Governance Policy Papers*, No. 12, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/4fcf1da5-en. [13]

ZVKI (2023), *Über uns*, Zentrum für vertrauenswürdige Künstliche Intelligenz, https://www.zvki.de/ueber-uns (accessed on 2 November 2023). [1]

8 Spotlight: KI im öffentlichen Sektor

In diesem Kapitel wird die strategische und vertrauenswürdige Nutzung künstlicher Intelligenz (KI) im öffentlichen Sektor erörtert, beispielsweise für Back-Office-Funktionen öffentlichkeitsorientierter digitaler Dienste Es wird untersucht, welche Strategiebemühungen im öffentlichen Sektor bestehen, wie sie mit den umfassenderen Anstrengungen der Europäischen Union (EU) übereinstimmen und welche Hebel für die Umsetzung in Frage kommen. Das Kapitel behandelt Anwendungsfälle in der realen Welt, wobei große Sprachmodelle (LLMs) und neue bewährte Verfahren besonders eingehend beleuchtet werden. Außerdem werden die wichtigsten Governance-Fähigkeiten Deutschlands (z. B. Führungsrolle, politische Entscheidungskompetenz und Koordination) und ihre Schlüsselfaktoren (z. B. Daten, Finanzierung, Beschaffungsmechanismen und Kompetenzen) betrachtet. In einem Schwerpunkt zum Thema Transparenz werden die ergriffenen Maßnahmen und Möglichkeiten für weitere Entwicklungen aufgezeigt. Abschließend werden vielversprechende internationale Vorgehensweisen identifiziert, die Deutschland Erkenntnisse liefern könnten, und sieben Handlungsempfehlungen gegeben.

Der Einsatz von vertrauenswürdiger KI im öffentlichen Sektor kann sich in erheblichem Maße auf Politik und Dienstleistungen der öffentlichen Hand auswirken. Dadurch kann Beamt:innen ein erheblicher Zeitaufwand erspart werden, sodass sie sich statt banaler Aufgaben anspruchsvollen Tätigkeiten zuwenden können, was die Effizienz und Effektivität des öffentlichen Sektors erhöht. Staatliche Stellen können KI auch nutzen, um bessere politische Strategien zu entwickeln und bessere, zielgerichtetere Entscheidungen zu treffen, die Kommunikation und Interaktion mit Bürger:innen und Einwohner:innen zu verstärken sowie die Geschwindigkeit und Qualität öffentlicher Dienstleistungen zu verbessern. Dabei müssen sie sicherstellen, dass die Nutzung von KI-Systemen im öffentlichen Sektor den Bürger:innen transparent kommuniziert wird und dass die KI-Systeme nicht zu diskriminierenden Ergebnissen führen. Deutschland hat KI im öffentlichen Sektor als wesentlichen Bestandteil in seine nationale KI-Strategie integriert.

Kasten 8.1. KI im öffentlichen Sektor: Ergebnisse und Empfehlungen

Ergebnisse

- Deutschland verfügt über solide Strategien für KI im öffentlichen Sektor, obwohl stärkere Rahmenbedingungen für die Umsetzung und Koordinierung den Fortschritt vorantreiben könnten. Die Datenstrategie 2023 beginnt, diese zu verbessern.
- Die Einrichtung von mit Expert:innen besetzten Datenlaboren und die Verpflichtung der Datenstrategie 2023, diese in jedem Ministerium umzusetzen, sind hervorragende Schritte zur Einführung von KI im öffentlichen Sektor, zur horizontalen Governance und zur Koordination.
- Trotz Verzögerungen bei der Einrichtung des *Beratungszentrums für Künstliche Intelligenz in der Öffentlichen Verwaltung (*BeKI) unter der Zuständigkeit des Bundesministeriums für Inneres (BMI) sind die entsprechenden Bemühungen nun im Gange. BeKI hat mehrere Projekte initiiert und ist in der Lage, als Quelle für Leitlinien zum Einsatz von KI im öffentlichen Sektor zu dienen. Öffentliche Organisationen könnten jedoch von einer zusätzlichen Klärung der Rollen und Verantwortlichkeiten in der KI-Governance zwischen BMI und Ministerien profitieren.
- Die Bundesministerien haben bewiesen, bei der Ad-hoc-Berichterstattung über den Einsatz von KI im öffentlichen Sektor akribisch und transparent vorzugehen. Dem öffentlichen Sektor fehlt es allerdings derzeit an einer systematischen Beobachtung und Transparenz der KI-Nutzung.

Empfehlungen

- Stärkere Fokussierung auf die Strategieumsetzung durch Veröffentlichung einer regelmäßig aktualisierten Roadmap mit spezifischen Verpflichtungen und Maßnahmen für jedes Ziel unter Festlegung der zuständigen Stellen, des zugewiesenen Budgets, der Meilensteine sowie der Überwachungsmechanismen.
- Stärkung der Koordination und Zusammenarbeit zwischen Bundeseinrichtungen und mit den Ländern und Städten, sowohl formell (z. B. Räte) als auch informell (z. B. Netzwerke und Praxisgemeinschaften).
- Durch das BMI und dem ihm unterstellten BeKI sollte die zeitnahe Herausgabe geplanter Leitlinien für den Einsatz von KI im öffentlichen Sektor sichergestellt werden, in denen dann auch die Aufgaben und Zuständigkeiten der Stelle in Bezug auf die horizontale Politikgestaltung für KI-Maßnahmen im öffentlichen Sektor klargestellt sein sollten.
- Ermutigung der Ministerien, Leitlinien für die Übernahme von KI im öffentlichen Sektor in ihrem jeweils eigenen Kontext zu entwickeln, und Zusammenarbeit mit ihnen, um sicherzustellen, dass diese Leitlinien mit nationalen Strategien und geltenden Regeln und Normen übereinstimmen.

- Erkundung der Entwicklung von Front-End-Prozessen (z. B. Folgenabschätzung für Algorithmen) und Back-End-Prozessen (z. B. Prüfung für Algorithmen) und Leitlinien.
- Erwägung der Entwicklung eines zentralen, öffentlichen, und durchsuchbaren Registers von KI-Systemen, die im öffentlichen Sektor eingesetzt werden. Je nachdem, ob und wie die vorherige Empfehlung umgesetzt wird, könnte dies auch automatisch geschehen.
- Erwägung einer Grundausbildung für alle Beamt:innen, deren Rolle direkt oder indirekt den Einsatz von KI beinhaltet oder davon beeinflusst wird.

Strategischer Ansatz für KI im öffentlichen Sektor

Deutschlands KI-Strategie bindet KI in die Effizienz des öffentlichen Sektors, in offene Daten der öffentlichen Verwaltung und in die Sicherheit ein. Zu ihren konkreten Maßnahmen und klaren Zielen gehört die Verbesserung der Leistungserbringung und der Fähigkeiten zur Notfallbewältigung. Sie ergänzt nationale und EU-Strategien und betont menschenzentrierte KI sowie öffentlich-private Partnerschaften zur Verbesserung öffentlicher Dienstleistungen und Sicherheit.

Deutschland hat solide Strategien für KI im öffentlichen Sektor umgesetzt

Wie die meisten Länder, die eine nationale KI-Strategie entwickelt haben, hat Deutschland KI als starken Bestandteil seiner nationalen Strategie 2018 in den öffentlichen Sektor eingebettet. Während mehrere Teile indirekte Auswirkungen auf die KI-Nutzung im öffentlichen Sektor haben, können zwei Abschnitte als besonders relevant angesehen werden: „Einsatz von KI für Aufgaben, die dem Staat vorbehalten sind, und für Verwaltungsaufgaben“ und „Bereitstellung von Daten und Erleichterung ihrer Nutzung“. Dabei ergeben sich drei Hauptthemen:

- **Effizienz und Effektivität des öffentlichen Sektors.** Das Potenzial zur Nutzung von KI, um die Dienstleistungen des öffentlichen Sektors hinsichtlich ihrer Effizienz, Qualität und Sicherheit zu verbessern. Dies könnte die Verwaltungsprozesse verständlicher machen und die Bearbeitungszeiten für die Bürger:innen verkürzen.[1]
- **Open Government Data (OGD).** Eine zentrale Priorität der Bundesregierung ist der Ausbau des offenen Zugangs zu Daten der öffentlichen Verwaltung, der in der Open-Data-Strategie 2021 weiter gestärkt wurde.
- **Innere und äußere Sicherheit.** Die Bundesregierung bekräftigt ihr Interesse daran, KI für Notfallmaßnahmen und die Aufrechterhaltung der inneren und äußeren Sicherheit einzusetzen. Ein wichtiger Baustein ist dabei die IT-Sicherheit, ein Bereich, in dem sich die Bundesregierung zur Förderung der öffentlichen Forschung und zur Entwicklung einer entsprechenden Expertise für die zuständigen Behörden verpflichtet.

Die Fortschreibung der Strategie 2020 kann als Schritt hin zum allgemeinen Kapazitätsaufbau im öffentlichen Sektor charakterisiert werden. Zudem wurden die Sicherheitsaspekte der ursprünglichen Strategie verstärkt, indem das Potenzial der KI zur Abwehr von Cyberangriffen, zum Notfall- und Katastrophenmanagement und zur Erdbeobachtung erörtert wurde.

Die neue Datenstrategie 2023 dient dazu, diese Schwerpunkte zu verstärken, indem das Potenzial für LLMs sowohl für Back-End- als auch für öffentlichkeitsorientierte Aktivitäten hervorgehoben, die Bedeutung von Daten als Input für KI-Systeme beleuchtet und die Einführung von *Chief Data Officers* und Open-Data-Koordinatoren in jedem Bundesministerium vorgeschlagen wird. Sie setzt sich auch dafür ein, Diskriminierung auf Datenebene zu ermitteln und zu verhindern.

In einigen Bereichen ist der Weg zur Umsetzung weniger offensichtlich

Roadmaps und Schlüsselfaktoren, d. h. klare Ziele, spezifische Maßnahmen, Zeitrahmen, Finanzierung und Beobachtungsmechanismen, sind unerlässlich, um den Fortschritt bei der Umsetzung von KI-Strategien im öffentlichen Sektor voranzutreiben (Berryhill et al., 2019[1]).

Im Hinblick auf die Effizienz und Effektivität des öffentlichen Sektors werden in der nationalen KI-Strategie klare Ziele für KI im öffentlichen Sektor festgelegt: Bürger:innen und Einwohner:innen sollen gezielter, zugänglicher und maßgeschneiderter mit Informationen und Dienstleistungen versorgt werden. Im Allgemeinen enthält sie jedoch keine detaillierten, spezifischen Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele.

Auch das Ziel von OGD ist klar: Daten „standardmäßig offen“ zu halten. Im Vergleich zur Effizienz und Effektivität des öffentlichen Sektors werden spezifischen Maßnahme in Bezug auf OGD durch die Kombination der KI-Strategie, der Open-Data-Strategie 2021 und der Datenstrategie 2023 deutlicher. So wurde in der Strategie 2018 gefordert, das E-Government-Gesetz zu ändern, ein neues Portal für offene Daten einzurichten und besondere Vorkehrungen zum Schutz der Privatsphäre der Bürger:innen zu treffen (z. B. Pseudonymisierung/Anonymisierung von Daten, unterschiedliche Datenschutzverfahren). Neben der Veröffentlichung von mehr Daten werden Maßnahmen zur Erleichterung des verstärkten Zugriffs und der Nutzung diskutiert.

In Bezug auf die innere und äußere Sicherheit enthält die Strategie 2018 einige recht konkrete Maßnahmen, wie etwa Social-Media-Forensik und Maßnahmen zum Schutz von Kindern vor sexualisierter Gewalt im Internet. Die Fortschreibung 2020 führte spezifischere Maßnahmen ein, darunter den Ausbau der KI-bezogenen Fähigkeiten der Zentralen Stelle für Informationstechnik im Sicherheitsbereich (ZITiS), eines Dienstleisters für alle Bundessicherheitsbehörden, den Einsatz von KI zur Überwachung des Klimawandels und anderer systemischer Probleme sowie mehr zur Strafverfolgung und Verteidigung. Darüber hinaus wurden mit der Datenstrategie 2023 spezifische Maßnahmen im Zusammenhang mit der Verwendung von LLMs für eine Vielzahl von Anwendungsfällen im öffentlichen Sektor eingeführt, die potenziell zu allen drei Hauptschwerpunkten beitragen.

Deutschland hat bei vielen seiner Ziele, die es in seiner nationalen KI-Strategie im öffentlichen Sektor umrissen hat, erhebliche Fortschritte erzielt, insbesondere in den Bereichen Netzwerk- und Kapazitätsaufbau und verstärkte Notfallmaßnahmen. In anderen Bereichen wie Daten, Sicherheit und Regulierung scheinen viele der Ziele noch nicht erreicht zu sein, obwohl mehrere Elemente an Dynamik zu gewinnen scheinen.

Die Komponenten der KI-Strategie für den öffentlichen Sektor stimmen mit den komplementären nationalen Strategien und dem koordinierten EU-Plan für KI überein

Insgesamt wurden die für den öffentlichen Sektor relevanten Komponenten der deutschen KI-Strategie explizit so konzipiert, dass sie mit anderen nationalen Strategien der Bundesregierung kohärent sind, und sie scheinen tatsächlich gut aufeinander abgestimmt zu sein. Weitere Strategien sind die Digitale Strategie, die Datenstrategie, die Open-Data-Strategie, die Hightech-Strategie 2025, die Digitalisierungsstrategie der Bundesregierung und die Start-up-Strategie (BMWK, 2022[2]). Relevante, von einzelnen Ministerien veröffentlichte Strategien, wie die Digitale Strategie des BMBF, stehen auch im Einklang mit den breiter angelegten Bundesstrategien.

Vertikal ist die nationale KI-Strategie gut auf den koordinierten EU-Aktionsplan für KI abgestimmt. Die Abstimmung auf Strategien und Leitlinien der EU erscheint besonders wichtig für die KI im öffentlichen Sektor. So verfolgt die Verordnung der Europäischen Union zu Künstlicher Intelligenz („KI-Verordnung der EU“) (EU, 2024[3]) einen risikobasierten Ansatz für KI-Anwendungsfälle. Viele KI-Systeme, die vom öffentlichen Sektor genutzt werden, können aufgrund ihrer Verbindungen zu kritischen Infrastrukturen sowie zu Bürgerdiensten und -leistungen als Systeme mit erhöhtem Risiko eingestuft werden.

Auch die für KI im öffentlichen Sektor relevanten Komponenten der nationalen Strategien Deutschlands sind im Allgemeinen auf den koordinierten Plan der EU abgestimmt (EC, 2018[4]). So befassen sie sich beispielsweise mit menschenzentrierter KI, obwohl sie keine spezifischen Umsetzungsmaßnahmen enthalten. Die menschenzentrierte KI wurde auch in den Leitlinien einer Reihe einzelner Ministerien gestärkt (BMAS, 2023[5]).

Der koordinierte Plan der EU fördert auch den Einsatz künstlicher Intelligenz über verschiedene Bereiche hinweg, von der Bekämpfung des Klimawandels bis hin zur Verbesserung der Sicherheit und der Heilung von Krankheiten. Wie in anderen Teilen dieses Abschnitts erörtert, haben diese Ziele auch für die vorgesehenen Anwendungsfälle zur Nutzung von KI in der deutschen öffentlichen Verwaltung hohe Priorität. Der koordinierte Plan der EU nennt die Zielkonflikte zwischen dem Einsatz von KI für die Sicherheit und der gleichzeitigen Beibehaltung anderer Standards und Werte, ein Spannungsverhältnis, das auch in der deutschen KI-Strategie aufgeworfen wird.

Der koordinierte Plan der EU fordert mehr öffentlich-private Partnerschaften, insbesondere mit Start-ups und Innovator:innen. Dies wird auch in der Strategie 2018 gefordert, wobei in der Fortschreibung 2020 gezielte öffentliche Beschaffungsprozesse und GovTech-Ansätze gefordert werden, um die wirtschaftliche Entwicklung von Unternehmen zu stärken, die ihrerseits KI-Lösungen für die Nutzung im öffentlichen Sektor generieren können.

KI-Anwendungsfälle in der Bundesregierung

KI wird in Deutschland auf der Ebene des Bundes, der Länder und der Kommunen vermehrt eingesetzt

Deutschland hat im Vergleich zu anderen OECD- und vergleichbaren Ländern tendenziell eine geringere digitale Reife und Digitalisierung öffentlicher Dienstleistungen im öffentlichen Sektor (OECD, 2020[6]; bidt, 2023[7]; EC, 2022[8]). Dazu gehört auch die mangelnde Vernetzung zwischen Datenbanken der öffentlichen Verwaltung, die zum Teil auf die föderale Struktur Deutschlands zurückzuführen ist und die Möglichkeit beschränkt, Daten aus dem öffentlichen Sektor als Treiber für KI wirksam zu nutzen.[2]

Trotz dieses Kontextes gibt es bereits eine Vielzahl von KI-Initiativen des öffentlichen Sektors auf nationaler und subnationaler Ebene (Evers-Wölk, Kluge and Steiger, 2022[9]; Engelmann and Puntschuh, 2020[10]). Nach dem Government AI Readiness Index 2023 des Beratungsunternehmens *Oxford Insights* (2023[11]) steht Deutschland an achter Stelle von 193 Ländern, was die Fähigkeit seiner Bundesregierung angeht, KI zum Wohle der Allgemeinheit in die öffentliche Verwaltung zu integrieren.[3] Die aktuellen Anwendungsfälle reichen von Front-Office-Anwendungen für die Öffentlichkeit bis hin zu Back-Office-Systemen, die Beamt:innen bei der Ausübung hoheitlicher Aufgaben helfen (Tabelle 8.1).

Dutzende Initiativen stehen in direktem Zusammenhang mit KI in der öffentlichen Verwaltung des Bundes und sind mit einem Budget von 193 Mio. EUR ausgestattet (Bundestag, 2023[12]). Die meisten dieser Initiativen konzentrieren sich auf Back-Office-Aufgaben, wobei der größte Anteil der derzeitigen Anwendungen die Verbesserung der Effizienz der Behörden (z. B. Kfz-Verwaltung) umfasst, obwohl einige auch die Integrität des öffentlichen Sektors (z. B. Überwachung der Finanzvorschriften, Zahlungsverfolgung und Betrugsvorbeugung), die wissenschaftliche Forschung (z. B. Pflanzen- und Wetterforschung), die öffentliche Gesundheit (z. B. Verfolgung von Krankheitsanomalien) und die zivile Sicherheit (z. B. Früherkennung von Krisen, Erforschung der Deepfake-Erkennung, Abwehr von Cyberbedrohungen) betreffen. Einige aktuelle Bemühungen beinhalten öffentlichkeitsorientierte Dienste wie Chatbots, um Fragen zu Kraftfahrzeugsteuern und Zollgesetzen zu beantworten, wobei die Pläne für die Zukunft umfassender sind und beispielsweise Sprachassistenten beinhalten.

KI wird auch zunehmend auf subnationaler Ebene in Bundesländern und großen Städten eingesetzt, wobei ein größerer Anteil auf öffentlichkeitsorientierte Dienstleistungen gerichtet ist. Dies ist zu erwarten, da subnationale Verwaltungen, insbesondere Städte, in der Regel den engsten Kontakt zur Öffentlichkeit haben. Neben der Verwendung von Sprachmodellen (LMs), die unten erörtert werden, ist KI in Servicerobotern und automatisierten Services zu finden, wie z. B.:

- Die Stadt Ludwigsburg nutzt den Serviceroboter „*L2B2*“, um Menschen im Eingangsbereich des Bürgerbüros zu begrüßen und über die Zuständigkeiten der verschiedenen Ämter zu informieren.
- Die Stadt Karlsruhe hat *ein vollständig digitales Bürgerbüro* eingerichtet, in dem Bürger:innen ihre Anliegen selbstständig und vollständig digital erledigen können.
- Mithilfe der sogenannten „*Speed Capture Station“* können Bürger:innen der Stadt Aschaffenburg vor Ort im Bürgerbüro biometrische Fotos, Fingerabdrücke und Unterschriften selbst erfassen, bevor sie einen Personalausweis oder Reisepass beantragen. Dadurch entfällt der zeitaufwendige Prozess der Erfassung der verschiedenen biometrischen Daten an den Serviceschaltern und die Notwendigkeit, Passfotos mitzubringen.

Tabelle 8.1. Beispiele für bewährte Verfahren beim Einsatz von KI im öffentlichen Sektor in Deutschland

Beispiel	Zentrale Eigenschaften
Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP) wird zur **Beantwortung von Bürgerfragen zur Covid-19-Pandemie und zu aktuellen Einschränkungen** verwendet, wodurch die Bürger:innen weniger abhängig von Öffnungs- und Antwortzeiten der zuständigen Behörden sind.	• Bei der Entwicklung dieses Dienstes arbeiteten verschiedene Ministerien zusammen. • Er wurde in nur 40 Tagen entwickelt. • Er kann als Vorlage für Chatbots in anderen Bereichen verwendet werden.
Ein System, das **Informationen klassifiziert und aus Dokumenten extrahiert** (insbesondere Immatrikulationsbescheinigungen), die Eltern einreichen müssen, um Anspruch auf Kindergeld zu haben. Das System prüft die eingereichten Unterlagen darauf, a) ob es sich um eine gültige Bescheinigung handelt (und mit welcher Wahrscheinlichkeit dies der Fall ist), b) ob es sich um das richtige Kind handelt, c) ob es sich um das richtige Semester handelt und d) ob sie von einer anerkannten deutschen Hochschule stammen. Das System **schlägt eine Entscheidung vor**, die dann von einem Menschen genehmigt wird.	• Kontinuierliches Lernen: Eingehende Daten werden anonymisiert und als zusätzliche Lerndaten verwendet. • Es reduziert erfolgreich und effizient den Arbeitsaufwand von Verwaltungsmitarbeiter:innen für eine banale Aufgabe. • Die Wartezeiten für die Nutzer:innen werden reduziert. • Es besteht eine potenzielle Übertragbarkeit auf andere Verwaltungsbereiche, in denen eingereichte Dokumente geprüft werden müssen.
Indoor-Roboter **messen Gebäude mit Laserscannern und Kameras**. Aus den gewonnenen Daten wird **ein 3D-Modell erstellt**, das auf mobilen Geräten verwendet werden kann. Dies ermöglicht es blinden und behinderten Menschen, sich selbstständig in Bürogebäuden von Verwaltungsbehörden zurechtzufinden.	• Das System wurde in enger Zusammenarbeit mit beteiligten Interessenträger:innen entwickelt, z. B. „*wheelmap.com*“. • Interessierten Einrichtungsbetreiber:innen werden Schulungen angeboten, um die schnelle Verbreitung des Systems zu unterstützen.
Lichtsensoren **verfolgen die Verkehrssituation** an einer bestimmten Kreuzung. Die extrahierten Daten werden zur **Steuerung von Ampeln** an verschiedenen Kreuzungen verwendet. Zu den angegebenen Ergebnissen zählen kürzere Fahrzeiten (um 25 %), geringere Umweltverschmutzung und ein verringerter Lärmpegel.	• Das System generiert und teilt offene Daten. • Das System kann an verschiedene Ziele angepasst werden: Reduzierung des Auftretens von stockendem Verkehr, Fahrzeiten, Durchschnittsgeschwindigkeit oder Lärm/Verschmutzung. • Transparenz: Es wurde eine Simulation entwickelt, um interessierten Bürger:innen den Prozess zu erklären.
Automatische Bilderkennung wird verwendet, um **zwischen Kinderpornografie und ähnlichen, aber legalen Bildern** (z. B. von Familienurlauben) zu **unterscheiden**. Ausgewählte Bilder, die als Missbrauch/Pornografie gekennzeichnet wurden, werden **an Mitarbeiter:innen weitergeleitet**.	• Das menschliche Urteilsvermögen wird nicht durch Maschinen ersetzt, aber der Aufwand für die Strafverfolgung wird erheblich verringert. • Das Bereitstellungsverfahren umfasste iterative Tests, einschließlich eines Vergleichs mit menschlich generierten Ergebnissen. • Das Programm weist hohe Standards in den Bereichen IT und Datensicherheit auf.

Beispiel	Zentrale Eigenschaften
Daten (öffentlich zugängliche Daten wie Nachrichtenmeldungen, NGO-Berichte, sozioökonomische Indikatoren und Klimadaten) werden gesammelt und eine **multifaktorielle Analyse** (namens *PREVIEW: Prediction, Visualization and Early Warning*) **wird durchgeführt, um die Wahrscheinlichkeit der Entstehung politischer Krisen einzuschätzen**. Das Konfliktrisiko und die zu erwartenden Todesopfer können vorhergesagt werden. **Die Ergebnisse werden an Mitarbeiter:innen weitergeleitet,** die qualitative Bewertungen durchführen.	• Die Modelle werden ständig mit neuen Trainingsdaten aktualisiert. • Die Codes und Modelle, die zur Berechnung der erstellten Prognosen verwendet werden, weisen ein hohes Maß an (interner) Transparenz auf. • Für Agenturen, die an der Nutzung dieses Systems interessiert sind, werden Workshops und ein Handbuch angeboten.
Ein **LLM unterstützt öffentlich Bedienstete**, indem es Texte für sie zusammenfasst, die Arbeit an Kabinettsentwürfen durch Verbesserung der Interoperabilität rationalisiert, bei der Hintergrundrecherche hilft und Text aus menschlichem Input generiert. (Siehe Kasten 8.2 für weitere Einzelheiten).	• Klar definierter Anwendungsbereich: Die Mitarbeiter:innen dürfen LLM nicht für jede beliebige Aufgabe, sondern nur für eine klar vorgegebene Teilmenge von Aufgaben verwenden. • Langwierige Verwaltungsvorgänge können gestrafft werden, wodurch Verwaltungsmitarbeiter für persönliche Interaktionen z. B. mit Bürger:innen oder politischen Entscheidungsträger:innen frei werden.

Hinweis: Im Quellenmaterial war nicht immer der genauen Name des Anwendungsfalls angegeben.
Quelle: OECD-Analyse von Engelmann, J. and M. Puntschuh (2020[10]), *AI in Authorities' Use: Experiences and Recommendations*, https://www.oeffentliche-it.de/documents/10181/14412/KI+im+Beh%C3%B6rdeneinsatz+-+Erfahrungen+und+Empfehlungen.

Spotlight Sprachmodelle

Auf subnationaler Ebene setzen eine Reihe von Städten LM-basierte Instrumente ein, um öffentliche Dienstleistungen zu erleichtern. Die Städte Heidenheim und Heidelberg nutzen beide Chatbots, um Bürger:innen und Einwohner:innen dabei zu helfen, Informationen auf dialogorientierte Weise zu finden. Das Land Baden-Württemberg bietet darüber hinaus Chatbots für Steuerfragen von Bürger:innen und als *Back-Office-Tool* für Beamt:innen an (Kasten 8.2). Auch der Freistaat Bayern nutzt einen Chatbot, um die Bürger:innen über 2.800 verschiedene Dienstleistungen zu informieren (Initiative D21, 2023[13]).

Auch KI-basierte Sprachassistenten kommen in Deutschland zunehmend zum Einsatz. Seit März 2019 arbeiten Fraunhofer FOKUS und das Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie (IDMT) gemeinsam an dem Projekt „Sprachassistent für Bürgerdienste" (Speech Assistance for Citizen Services, S4CS). Ziel ist es, einen KI-Demonstrator zu entwickeln, der die Bürger:innen durch einfache und intelligente Kommunikation in natürlicher Sprache bei der Beantragung von Verwaltungsdienstleistungen unterstützt. Ein Beispiel, das in Hamburg getestet wurde, ist die Beantragung von Kindergeld.

Kasten 8.2. F13 in Baden-Württemberg

Das vom Innovationslabor Baden-Württemberg eingeführte F13 ist ein LM, das den im öffentlichen Dienst Tätigen bei ihren täglichen Aufgaben hilft, sie entlastet und durch die Rationalisierung ihrer Arbeitsprozesse ihre Kapazitäten für die Arbeit an wichtigen Projekten erhöht.

Die Ziele der Entwicklung von F13 waren:

- Zusammenfassung langer Texte. Die Verwaltungsmitarbeiter:innen können verschiedene Komprimierungsstufen wählen. Eine abschließende Prüfung durch einen Menschen wird jedoch empfohlen.
- Straffung der Arbeit an Kabinettsvorlagen und -entwürfen. Kommentare aus Dokumenten werden automatisch hochgeladen und mit Mitarbeiter:innen geteilt. Updates sowie Statusberichte können von Mitarbeiter:innen heruntergeladen werden.

- Unterstützung bei der Recherche. Beamt:innen können Fragen zu von ihnen hochgeladenen Dokumenten oder bezüglich einer Datenbank legislativer und amtlicher Dokumente (einschließlich Protokollen von Plenarsitzungen usw.) stellen. Beispiel: „Welche Maßnahmen werden derzeit erwogen, um den Pendlerverkehr mit dem Fahrrad zur Arbeit zu fördern?“
- Generierung von Text aus menschlichem Input. Die Nutzer:innen können Dokumente (einschließlich Notizen, Studien usw.) hochladen, die dann zu einem zusammenhängenden Text zusammengestellt werden. Zu den einstellbaren Parametern gehören die Länge und der thematische Fokus des Textes. Beispiel: „Fasse den aktuellen Stand des Diskurses um den Umstieg auf regenerative Energien zusammen.“

Quelle: Staatsministerium Baden-Württemberg (2023[14]), “Künstliche Intelligenz in der Verwaltung”, https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/meldung/pid/kuenstliche-intelligenz-in-der-verwaltung.

Obwohl LMs in einigen Anwendungsfällen eine wichtige Rolle spielen, werden LLMs und ihre Verwendung im öffentlichen Sektor erst seit Kurzem in der Datenstrategie 2023 erwähnt, gemäß der eine Vereinfachung der Nutzung unstrukturierter Daten für LLMs geplant ist. Ferner ist eine Prüfung möglicher Anwendungsfälle vorgesehen, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Datensicherheit, der Datenschutz und die digitale Souveränität gerichtet wird. Dieser Prozess wird vom Beratungszentrum für Künstliche Intelligenz in der Öffentlichen Verwaltung (BeKI), von der Algorithmenstelle für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (ABOS), vom Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit sowie von den Datenlaboren begleitet. Das Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) plant zudem, 2024 über das BeKI eine übergreifende Anleitung zum Einsatz von LLMs zu entwickeln. Die Schweiz hat kürzlich Leitlinien für die Verwendung von generativen KI-Tools im öffentlichen Sektor herausgegeben (CNAI, 2023[15]), die verantwortungsvolles Experimentieren fördern und genau festlegen, welche Arten von Anwendungen erlaubt und untersagt sind. Dies kann als nützlicher Ratgeber für Deutschland dienen, wenn es diesen Bereich weiter erkundet.

Die Transparenz bei der Nutzung von KI durch den öffentlichen Sektor könnte verbessert werden

Die Bundesregierung hat ihre Fähigkeit unter Beweis gestellt, alle im öffentlichen Sektor laufenden KI-bezogenen Initiativen und Anwendungen zu ermitteln und öffentlich und transparent darüber zu berichten. Dies wurde jedoch am deutlichsten bei der Beantwortung einer parlamentarischen Anfrage der politischen Opposition (Drucksache, 2022[16]). Deutschland veröffentlichte daraufhin Details zu aktuellen und geplanten Verwendungen von KI in Bundesministerien und nachgeordneten Behörden, die mehr als 35 Einrichtungen und fast 80 Anwendungsfälle repräsentieren.

Eine solche Verfolgung und Transparenz können dazu beitragen, die Bürger:innen zu informieren und Vertrauen in die Art und Weise aufzubauen, wie der öffentliche Sektor KI nutzt. Die deutschen Bürger:innen sind zwar offen für die Nutzung von KI im öffentlichen Sektor, verstehen aber oft weder deren potenzielle Vorteile noch, wo und wie KI und algorithmische Systeme eingesetzt werden (Initiative D21, 2023[13]). Trotz des enormen Potenzials, diese Technologie für den öffentlichen Sektor wirksam zu nutzen, fehlen der Datenstrategie 2023 konkrete Pläne für universelle Anforderungen und Transparenzstandards für diese Systeme, die laut AlgorithmWatch (AlgorithmWatch, 2023[17]) bereits in der öffentlichen Verwaltung verwendet werden. Die Bundesregierung könnte hier eine proaktivere Haltung einnehmen, indem sie Transparenzmaßnahmen befürwortet und erleichtert, etwa durch die Einrichtung eines offenen, durchsuchbaren Registers der im öffentlichen Sektor eingesetzten KI-Lösungen. Wie Vertreter des BMI berichteten, ist der Aufbau eines solchen Registers als Projekt des BeKI im Gange, wobei im ersten Halbjahr 2024 mit einem Minimum Viable Product gerechnet wird. Bei der Entwicklung eines solchen Produkts könnten die KI-Register von Helsinki (Finnland) und Amsterdam (Niederlande) als informative

Referenzbeispiele herangezogen werden, da sie verfolgen, wie Algorithmen in Kommunen verwendet werden (OECD.AI, 2023[18]). Darüber hinaus könnte sich Deutschland vom *Algorithmic Transparency Recording Standard* des Vereinigten Königreichs inspirieren lassen, der umfassend regelt, wie der öffentliche Sektor, einschließlich der Regierung, Informationen offenlegen sollte, wenn algorithmische Tools eingesetzt werden (OECD.AI, 2023[18]).

Aufbau wichtiger Governance-Kapazitäten

Unterstützung von höchster Ebene

Voraussetzung für den Erfolg der KI im öffentlichen Sektor ist, dass die Regierungen auf höchster staatlicher Ebene die richtigen Zeichen setzen (Berryhill et al., 2019[1]). Die Einbeziehung einer soliden Komponente des öffentlichen Sektors in die nationale KI-Strategie ist ein Teil davon. Darüber hinaus wiesen die Teilnehmer:innen an OECD-Befragungen darauf hin, dass die Bedeutung von KI im öffentlichen Sektor seit der Einführung von ChatGPT im November 2022, die allgemein das Bewusstsein für die Technologie geschärft hat, von internen Führungskräften klar erkannt wurde.

Ein weiteres Element sind jedoch deutliche Signale und Kommunikation von nationalen Entscheidungsträger:innen zur Bedeutung und zum potenziellen Nutzen von KI im öffentlichen Sektor. Eine bessere Sichtbarkeit dieses Themas durch nationale Entscheidungsträger:innen könnte zeigen, dass dies eine Priorität ist, und öffentlich Bedienstete auf allen Ebenen weiter unterstützen, was sie in die Lage versetzt, Innovationen und Fortschritt voranzutreiben. Die US-amerikanischen *Executive Orders* in Bezug auf „*Promoting the Use of Trustworthy Artificial Intelligence in the Federal Government*“ (Förderung des Einsatzes vertrauenswürdiger künstlicher Intelligenz in der Bundesverwaltung) (2020) (The White House, 2020[19]) und „*Safe, Secure, and Trustworthy Artificial Intelligence*“ (sichere und vertrauenswürdige künstliche Intelligenz) (2023) (The White House, 2023[20]) sind vielleicht die umfassendsten aktuellen Beispiele, die vom Präsidenten erlassen wurden. Die *Executive Order 2023* hat einen starken übergreifenden Fokus auf KI im öffentlichen Sektor.

Politikgestaltung, Koordinierung und Orientierungshilfe

Insgesamt scheint Deutschland ein relativ geringes Maß an zentraler Politikgestaltung und Koordinierung der KI-Bemühungen des öffentlichen Sektors zur Unterstützung der praktischen Umsetzung der KI- und Datenstrategien aufzuweisen. Dies scheint sich jedoch zu verbessern, und die Bundesregierung erklärte kürzlich, dass sie an einer engeren strategischen Abstimmung zwischen den staatlichen Stellen und an der Entwicklung entsprechender Verfahren für KI arbeitet (OECD, 2023[21]).

Es besteht offensichtlich ein Mangel an Klarheit in Bezug auf die Zuständigkeiten für die Herausgabe horizontaler Politiken und von Leitlinien zur KI im öffentlichen Sektor. Das BMI ist die geeignete Instanz für diese Rolle, wobei die einzelnen Ministerien im Einklang mit ihrem eigenen Auftrag und institutionellen Kontext für die Umsetzung zuständig sind. Die Orientierungshilfe des BMI soll über das BeKI erfolgen. Seine Einrichtung wurde angekündigt und es wird gegenwärtig aufgebaut, wenn auch nicht im erforderlichen Tempo. Darüber hinaus plant das BMI, im Jahr 2024 formale Richtlinien und Orientierungshilfen bereitzustellen, wie von mehreren Ministerien gefordert.

Die meiste Arbeit zur KI im öffentlichen Sektor wird von und innerhalb Ministerien geleistet. Diese haben häufig unterschiedliche Regeln dafür festgelegt, ob, wann und wie KI eingesetzt wird (Handelsblatt, 2023[22]). Dies kann zu Inkonsistenzen bei den Konzepten und der Fähigkeit, aus den Erfahrungen zu lernen, sowie zu Doppelarbeit in den verschiedenen Ministerien führen. Einige Ministerien haben solide Richtlinien für die Gestaltung und Einführung von KI festgelegt, die anderen als Modell dienen könnten (BMAS, 2022[23]), während andere Ministerien noch keinen Ansatz formalisiert haben. Bei der Umsetzung von KI-Maßnahmen sind die Ministerien oft auf die Kooperation der Länder angewiesen, die zuletzt dafür

kritisiert wurden, dass sie bei der Einbindung von KI in den öffentlichen Sektor zu langsam vorankommen (Deutschlandfunk, 2023[24]).[4]

Derzeit gibt es nur wenige Mechanismen für eine horizontale Koordinierung der KI-Aktivitäten des öffentlichen Sektors über die Bundesregierung hinweg. Während im Jahr 2023 halbjährliche Einladungsveranstaltungen für Ministerien zur Diskussion von KI-Projekten stattfanden, gibt es kaum Hinweise auf stärker integrierte Koordinierungsmechanismen auf nationaler Ebene. In anderen Ländern haben solche Mechanismen die Gestalt formeller Strukturen (z. B. interministerielle Räte) und informeller Kooperationskanäle (z. B. Netzwerke und Praxisgemeinschaften). Die deutschen Beamt:innen haben jedoch erklärt, dass sie Schritte unternehmen, um dies anzugehen. Dies geschieht durch das BeKI, das für die behördenübergreifende Koordinierung zuständig sein wird. Einige Pilotprojekte sind bereits im Gange, wobei mehrere Sitzungen und Austauschveranstaltungen zu verschiedenen Themen (z. B. wie LLMs im öffentlichen Sektor zu nutzen sind, welche KI-Infrastruktur in der Öffentlichkeit angemessen ist) abgehalten wurden und die Mitglieder auch in der Lage sind, sich organisch und horizontal zu vernetzen.

Auch die transversale Koordination mit subnationalen Verwaltungen ist offensichtlich begrenzt, obwohl der IT-Planungsrat eingerichtet wurde, um die Arbeit von Bund und Ländern an Fragen der IT-Technologie zu koordinieren, und mit der Arbeit zur Bewältigung der Herausforderungen der KI-Koordination begonnen hat. Die Föderale IT-Kooperation (FITKO) des IT-Planungsrates wurde gegründet, um die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung zu koordinieren und zu fördern (FITKO, 2023[25]). Dies stellt in Ländern mit föderaler Struktur eine gemeinsame Herausforderung dar und bleibt vielleicht eines der schwierigeren Probleme, die es zu bewältigen gilt.

Die Datenstrategie 2023 sieht den Aufbau vernetzter Datenlabore mit *Chief Data Officers/Scientists* und Open-Data-Koordinatoren in jedem Bundesministerium vor. Diese Labore wurden bereits in allen Ministerien eingerichtet und erhalten von den Befragten starke Unterstützung und Anerkennung als Zeichen des Erfolgs. Von anderen Ländern, wie den Vereinigten Staaten, wurden ähnliche Maßnahmen ergriffen, deren Auswirkungen im Allgemeinen positiv waren (Federal CDO Council, 2023[26]). In diesem Zusammenhang wurde eine Kooperationsplattform für Datenlabore mit dem Namen IMAG eingerichtet.

Solche Anstrengungen sind ein Schritt in die richtige Richtung und können dazu beitragen, Synergien zwischen Systemen und kollektives Lernen zu fördern und dabei Doppelarbeit und Überschneidungen zu vermeiden. Einige bestehende vielversprechende Praktiken zur Bildung von behördenübergreifenden Netzwerken oder Praxisgemeinschaften könnten helfen, die deutschen Bemühungen zu beeinflussen oder zu inspirieren. Beispiele hierfür sind das brasilianische *Rede Nacional de Governo Digital* (Nationales Netzwerk für digitale öffentliche Verwaltung) (Brazilian Government, 2023[27]), das chilenische *Red de Innovadores Públicos* (Netzwerk öffentlicher Innovator:innen) und die *KI Community of Practice* (KI-Praxisgemeinschaft) in den USA (Centers of Excellence, 2023[28]).

Die bisherigen bereichsübergreifenden Bemühungen sind zwar begrenzt, nehmen aber zu, und innerhalb der einzelnen Ministerien sind einige Erfolge erkennbar. Insbesondere hat das BMAS ein kollaboratives Netzwerk für Interaktion und Austausch, das Netzwerk Künstliche Intelligenz in der Arbeits- und Sozialverwaltung, entwickelt, das mit einem Vorstoß des Ministeriums begann, nun aber organisch wächst und mehr als 20 Organisationen umfasst. Laut den befragten Beamt:innen des BMAS hat das Netzwerk informelle Leitlinien entwickelt, wie KI im öffentlichen Sektor menschenzentriert und vertrauenswürdig umgesetzt werden kann. Ein solches Modell könnte helfen, Silosituationen über Ministerien hinweg zu überbrücken, und in die Bemühungen des BMI einfließen.

Um die Ergebnisse und die Vorteile der KI zu nutzen, fordert die nationale KI-Strategie „projektübergreifende Anreize für eine nachhaltige Ergebnisverwertung [...], etwa durch Bereitstellung von Algorithmen in Form von Open Source, durch eine Weitergabe der aufbereiteten Projektdaten zum Beispiel als Open AI Training Data oder den intensiven Erfahrungsaustausch zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu Best Practices ebenso wie zu etwaigen Rückschlägen.“ Dieser Ansatz ist sehr vielversprechend, obwohl die OECD keine Hinweise für seine Umsetzung finden konnte und die befragten

deutschen Beamt:innen etwas unsicher waren, inwieweit bisherige Bemühungen darunter fallen würden, obwohl sie der Ansicht waren, dass die neue Datenstrategie Deutschlands dazu beitragen würde, Daten transparenter zu machen.

Förderung der Rechenschaftspflicht

Die *Initiative Trusted AI* und die ABOS zielen darauf ab, die Rechenschaftspflicht von Stellen mit hohem Datenschutz- und Sicherheitsbedarf, beispielsweise durch Folgenabschätzungen, zu fördern. Diese Bemühungen befinden sich jedoch noch in einem frühen Stadium.

Sowohl für Sicherheitseinrichtungen als auch darüber hinaus könnte Deutschland sich im Hinblick auf die Front-End-Folgenabschätzung für Algorithmen auf bewährte Verfahren anderer Länder, die den Behörden helfen können, einen risikobasierten Ansatz für die KI-Rechenschaftspflicht vor der Einführung zu verfolgen, sowie auf Back-End-Prüfprozesse stützen, um sicherzustellen, dass KI-Systeme nach der Einführung vertrauenswürdig funktionieren (OECD, 2023[29]) (Ada/AI Now/OGP, 2021[30]). In Bezug auf die Front-End-Aspekte können bewährte Verfahren durch die kanadische *Directive on Automated Decision-Making* (Richtlinie über automatisierte Entscheidungsfindung) und die damit verbundene Folgenabschätzung für Algorithmen Assessment (Government of Canada, 2023[31]), die chilenische *Instrucción General de Transparencia Algorítmica* (Allgemeine Anweisung zur Transparenz von Algorithmen) (Consejo para la Transparencia, 2023[32]) und das *AI Accountability Framework* (KI-Rechenschaftsrahmen) des *United States Government Accountability Office* (GAO) bereitgestellt werden (US Government Accountability Office, 2023[33]). Zu soliden Beispielen für retrospektive Prüfung zählt der Prüfungsrahmen für Algorithmen des niederländischen Rechnungshofs (*Algemene Rekenkamer*). Der Bundesrechnungshof hat gemeinsam mit Finnland, den Niederlanden, Norwegen und dem Vereinigten Königreich auch ein KI-Audit-Weißbuch entwickelt, das die entsprechenden Bemühungen unterstützen kann (auditing algorithms, 2023[34]).

Strategische Vorausschau und Antizipation

Insgesamt wird wenig an einer vorausschauenden Governance der KI des öffentlichen Sektors gearbeitet. Eine bemerkenswerte Ausnahme bildet das Projekt „GIRAFFE“ (*Government Insight, Research, Analytic, Foresight, Function and Exploration*) des BMI, dessen ausdrückliches Ziel es ist, die digitale Transformation der Verwaltung zu unterstützen. Einige Ministerien wie das BMBF lagern ihre vorausschauenden Aufgaben an private Akteur:innen aus und die Bundesregierung beauftragt Forschungsinstitute mit der strategischen Vorausschau. Weitere nicht KI-spezifische, aber für den zunehmenden Einsatz von KI im öffentlichen Sektor relevante Maßnahmen sind das „Kompetenzzentrum für Strategische Vorausschau“, das sich mit der Sicherheitspolitik befasst und unter dem Dach der Bundesakademie für Sicherheitspolitik angesiedelt ist, ein Runder Tisch für strategische Vorausschau, an dem alle Bundesministerien beteiligt sind, und ein „Zukunftsrat“, der den Bundeskanzler informiert. Etwas weniger direkt dient das extern gelegene, aber vom BMI geförderte Kompetenzzentrum Öffentliche IT (ÖFIT) als „Ansprechpartnerin und Denkfabrik“ für die Digitalisierung des öffentlichen Sektors und versucht, einen Systemansatz unter Berücksichtigung aufkommender Trends und neuer Entwicklungen zu verfolgen (BIH, 2023[35]).

Schaffung wichtiger Schlüsselfaktoren

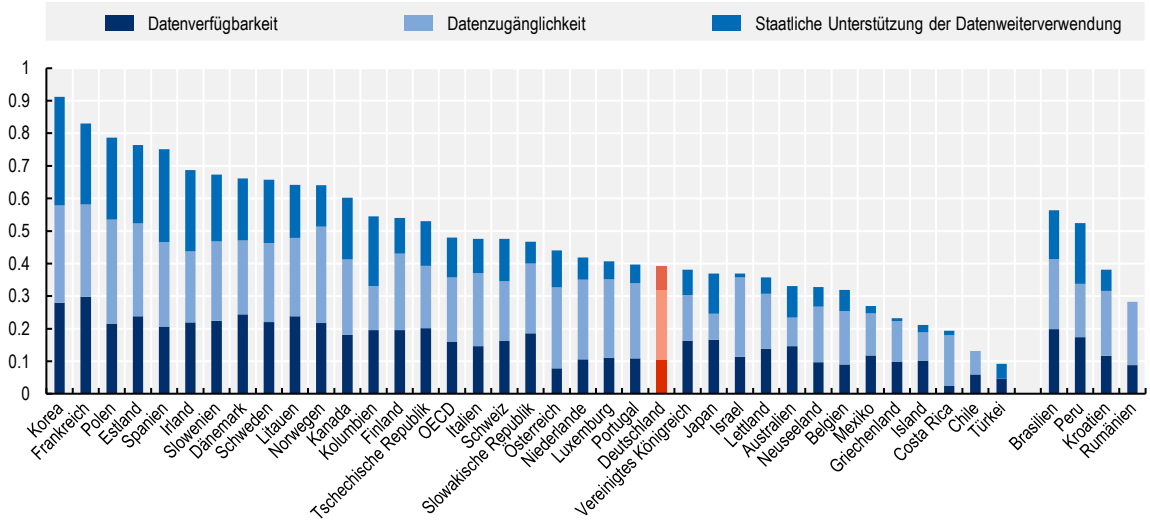
Open Government Data (OGD)

Über ihre Rolle bei der Stärkung der Demokratie und der öffentlichen Verwaltung hinaus bleiben OGD für die Förderung von Innovationen wichtig. Dies schließt die Entwicklung neuer Dienstleistungen und Geschäftsmodelle im öffentlichen und privaten Sektor ein. Insgesamt sind OGD ein grundlegendes

Element für fortschrittliche digitale öffentliche Verwaltungen. Durch die zunehmende Integration mit datenintensiven Systemen wie KI werden OGD zu einem Schlüsselfaktor für datengetriebene Entscheidungen innerhalb und außerhalb der öffentlichen Verwaltung und fließen in eine bessere Politik und bessere Dienstleistungen ein. Sie tragen auch zur Vertrauenswürdigkeit automatisierter Entscheidungen bei, indem sie als zuverlässige und nachvollziehbare Datenquelle dienen.

Laut dem OECD-Index der Weiterverwendbarkeit offener Verwaltungsdaten (OURdata-Index) 2023, der die Anstrengungen der Regierungen bei der Gestaltung und Umsetzung nationaler OGD-Strategien vergleicht, hinkt Deutschland bei der Datenverfügbarkeit und der Unterstützung der Weiterverwendung von Daten erheblich hinterher (Abbildung 8.1), obwohl die Datenzugänglichkeit relativ hoch ist.

Abbildung 8.1. Deutschland liegt bei der Verfügbarkeit und Weiterverwendung von Daten unter und bei der Datenzugänglichkeit über dem OECD-Durchschnitt



Quelle: OECD (2023[36]), "2023 OECD Open, Useful and Re-usable data (OURdata) Index: Results and key findings", https://doi.org/10.1787/a37f51c3-en.

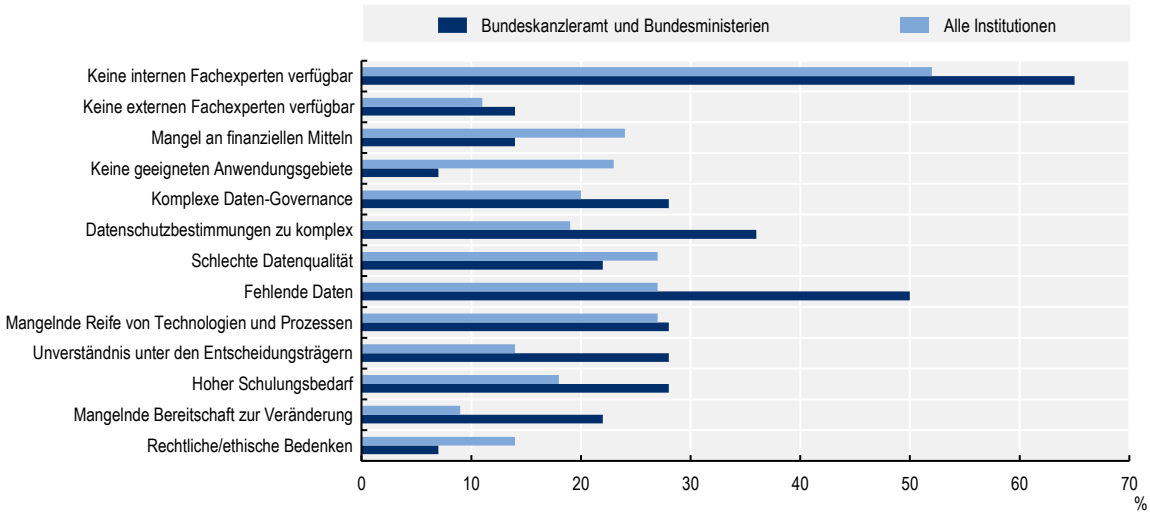
Verbesserung interner Fachkenntnisse und Ressourcen

Talententwicklung und Kompetenzerwerb sind für die Bundesregierung von entscheidender Bedeutung.[5] Obwohl die Notwendigkeit, KI-Fachkenntnisse im öffentlichen Sektor zu entwickeln, in der nationalen KI-Strategie anerkannt wird, enthält sie keine Einzelheiten oder konkreten Pläne zur Umsetzung. Eine Umfrage aus dem Jahr 2021 hat ergeben, dass das Hauptproblem beim Einsatz von KI im öffentlichen Sektor wohl der Mangel an internem Fachwissen ist (Abbildung 8.2). Vertreter des BMI gehen jedoch davon aus, dass dies aufgrund neuer Weiterbildungsmaßnahmen und der Rekrutierung von Expert:innen, wie etwa Mitarbeiter:innen der Datenlabore, womöglich nicht mehr der Fall ist.

Die OECD-Befragungen ergaben gemischte Ansichten zu internen Kompetenzen und Fachkenntnissen. Die Rekrutierung von Expert:innen für die Arbeit in den Datenlaboren wurde von mehreren Befragten als Erfolg genannt, obwohl, wie auch in anderen Ländern üblich, das Gehaltsniveau im Vergleich zum privaten Sektor als Herausforderung angegeben wurde. Die Befragten wiesen auch darauf hin, dass die Daten- und KI-Kompetenz *bestehender* Beamt:innen begrenzt sei und ein gewisses Grundniveau an obligatorischer Ausbildung hilfreich sein könnte. Die Vorschläge reichten von der Verstärkung bereits vorhandener Kurse (z. B. von der *Digital Academy*) bis hin zur Stärkung der Rolle der Datenlabore bei der Förderung von KI-Kompetenz in ihren jeweiligen Ministerien.

Abbildung 8.2. Mangelndes internes Fachwissen ist eine der größten Herausforderungen beim Einsatz von KI im öffentlichen Sektor

Herausforderungen bei der Nutzung von Datenanalytik und künstlicher Intelligenz im öffentlichen Sektor in %, 2021



Quelle: Bundesrechnungshof (2023[37]), *Processes of Data Analysis and Artificial Intelligence in the Federal Administration*, https://www.bundesrechnungshof.de/SharedDocs/Downloads/DE/Berichte/2023/ki-da-volltext.pdf, basierend auf einer Umfrage des deutschen Bundesrechnungshofes vom Oktober 2021. Die OECD-Befragungen ergaben gemischte Ansichten über interne Kompetenzen und Fachwissen.

Initiativen wie das niedersächsische „KI-Kompetenzzentrum für die niedersächsische Verwaltung (KiKoN)“ mit dem Ziel, den Einsatz von KI in der öffentlichen Verwaltung zu fördern und zu beschleunigen, gibt es nur in einzelnen Bundesländern (Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, 2023[38]) oder bei bestimmten Behörden oder Sachgebieten, wie z. B. das Kompetenzzentrum für KI im Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (BSI, 2023[39]). Extern fördert das BMI das „Kompetenzzentrum Öffentliche IT“, das als Denkfabrik und Partnerin für Fragen der öffentlichen IT dient und einen breitere Fokus als nur KI hat. Und schließlich hat der private Sektor einige Lücken geschlossen, indem er Kurse anbietet, in denen Mitarbeiter:innen des öffentlichen Dienstes die Grundlagen der KI vermittelt werden (bitkom, 2023[40]).

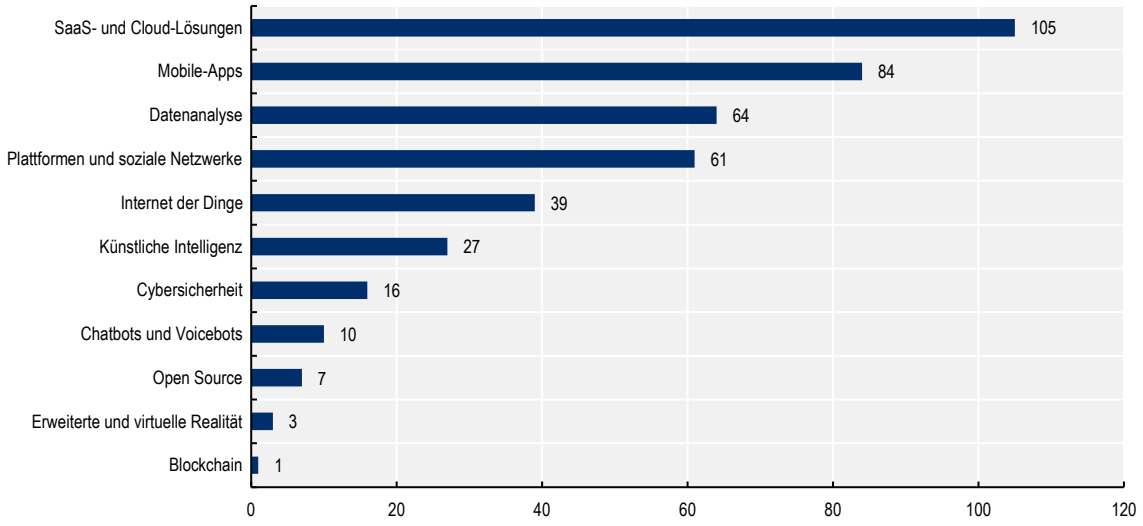
Öffentliche Verwaltungen können die notwendigen personellen Ressourcen intern durch innovative Ansätze bei der Ausbildung und Rekrutierung neuer Talente erhalten. Deutschland hat dabei in Bezug auf die Rekrutierung von Expert:innen in den bisher gestarteten Datenlaboren hervorragende Arbeit geleistet. Zu den vielversprechenden Praktiken in anderen Ländern, die die Ansätze in Deutschland beeinflussen und inspirieren könnten, gehören die Bemühungen Kolumbiens, Tausende von Beamt:innen und Bürger:innen in KI zu schulen, und ein KI-Ausbildungsprogramm in den Vereinigten Staaten, das im Rahmen des *AI Training Act* (KI-Ausbildungsgesetz) zur Aus- und Weiterbildung der Bundesbeschäftigten in KI vorgeschrieben wurde (US Congress, 2022[41]).

Sicherung externer Fachkenntnisse und Ressourcen

Die nationale KI-Strategie umfasst Pläne zur Straffung und wirksamen Nutzung öffentlicher Beschaffungsprozesse, um Anreize für KI-basierte und Open-Source-Lösungen des Privatsektors, insbesondere durch Start-ups, zu schaffen. 2021 gab es in Deutschland rund 300 GovTech-Start-ups mit einer jährlichen Wachstumsrate im dreistelligen Bereich. Fast die Hälfte davon bietet Lösungen für Kommunen statt für den Bund, meist als Cloud-Lösungen und Apps, wobei KI-Anwendungen noch begrenzt sind (Abbildung 8.3).

Abbildung 8.3. Start-ups liefern Technologielösungen für die öffentliche Verwaltung in Deutschland

Anzahl der GovTech-Start-ups in Deutschland, 2021



Quelle: GovMind (2021[42]), *GovTech in Germany: A Systematic Market Review*, https://govmind.tech/wp-content/uploads/2021/06/20210607-GovMind-GovTech-in-Deutschland.pdf.

Die Befragten berichteten jedoch über Schwierigkeiten beim Zugang zu öffentlichen Beschaffungsmöglichkeiten für innovative Lösungen (siehe Kapitel 4). Der „*GovTech Campus* Deutschland“ betreibt die „*Open Innovation Platform*“, auf der neue Ideen entwickelt werden, um digitale Beschaffungslösungen für Verwaltungen aller staatlichen Ebenen zugänglich zu machen. Die Bundesregierung verpflichtet sich in ihrer Start-up-Strategie ab 2022, öffentliche Verwaltungen in ihrer Zusammenarbeit mit der Tech-Szene zu ermutigen und zu unterstützen, verschiedene Anwendungsfälle für KI-Systeme zu entwickeln und zu testen, etwa durch Programme wie „*AI for Government*“, das Unternehmen Infrastruktur- und Rechenkapazitäten zur Förderung von KI-Lösungen bereitstellt, die vom öffentlichen Sektor übernommen werden können (BMWK, 2022[2]). Die Bundesregierung unterstützt auch ein Programm mit dem Namen „*Procurement for Government*“. Schließlich können GovTech-Unternehmen auch durch die „*Digital Hub Initiative*“, ein vom BMWK koordiniertes und betreutes Projekt, unterstützt werden.

Zu den potenziell vielversprechenden Praktiken im Hinblick auf das öffentliche Beschaffungswesen für KI in anderen Ländern gehören die *AI Source List* (KI-Bezugsquellenliste) zur Förderung innovativer Beschaffung der kanadischen Regierung und die chilenische *Directiva da Innovación para las Compras Públicas* (Innovationsrichtlinie für das öffentliche Auftragswesen) (Government of Canada, 2023[43]). Auch „*AI Procurement in a Box*“ aus dem OECD.AI-Katalog für Werkzeuge und Metriken könnte hilfreich sein (OECD.AI, 2023[44]).

Infrastruktur

Die nationale KI-Strategie skizziert den deutschen Plan, eine zentrale und offen zugängliche nationale Dateninfrastruktur mit einer Cloud-Plattform und der notwendigen Rechenkapazität aufzubauen. Es gibt jedoch keinen Beleg dafür, dass eine nationale Datenarchitektur entwickelt wurde.

In Bezug auf Interoperabilität wird in der Datenstrategie 2023 bekräftigt, dass die Gewährleistung der Interoperabilität der Systeme für die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von entscheidender Bedeutung sein wird, obwohl sich dies in erster Linie auf Unternehmen und nicht auf die öffentliche Verwaltung

bezieht. Auch offene Spezifikationen und die Anwendung internationaler Normen und Standards für Technologien wie KI und *Distributed Ledger Technology* (DLT) werden ausdrücklich unterstützt. Konkret wird in der Strategie auf GAIA-X als Beispiel für eine offene und dezentrale europäische Dateninfrastruktur verwiesen, die gemeinsame Regeln, quelloffenen Code und Standards für die Interoperabilität nutzt.

Von anderen lernen

Dieses Kapitel versucht vielversprechende Praktiken anderer öffentlicher Verwaltungen vorzustellen, die entsprechende Anstrengungen im Hinblick auf KI im öffentlichen Sektor unternehmen. Zwar gibt es keine umfassenden vergleichenden Bewertungen der KI im öffentlichen Sektor, aber einige Untersuchungen haben potenzielle Chancenbereiche für andere öffentliche Verwaltungen identifiziert, die sich auch für Deutschland eignen könnten.

Obwohl weitaus größer, sind die Vereinigten Staaten gut positioniert, um als Vergleichsland für KI im öffentlichen Sektor zu dienen, da sie aufgrund der föderalen Struktur Ähnlichkeiten mit Deutschland aufweisen und das Thema auch stark betont haben, unter anderem durch zwei oben genannte Präsidentenverfügungen. Ein aktueller Bericht des *US Government Accountability Office* (GAO) (2023[45]) weist auf wichtige Anforderungen bei der Einführung von KI im öffentlichen Sektor hin und bewertet die Maßnahmen öffentlicher Organisationen zu deren Erreichung. Der Bericht berücksichtigt über 1.200 aktuelle und geplante KI-Anwendungsfälle im öffentlichen Sektor. Er könnte nützliche Erkenntnisse liefern und Deutschland helfen, potenzielle Fallstricke zu vermeiden. Die wichtigsten Ergebnisse und Empfehlungen betreffen:

- Entwicklung öffentlicher Roadmaps für die Umsetzung von Strategien und politischen Leitlinien.
- Entwicklung und Aktualisierung öffentlicher KI-Anwendungsfall-Inventare.
- Herausgabe von behördenweiten Richtlinien und Leitlinien zur KI im öffentlichen Sektor.
- Benennung verantwortlicher Beauftragter für künstliche Intelligenz (*Responsible Artificial Intelligence Officers*, RAIOs) – später in *Chief Artificial Intelligence Officers* (CAIOs) umbenannt – in jeder obersten Abteilung des öffentlichen Sektors, die mit der Überwachung und Koordinierung von KI-Plänen und -Maßnahmen sowie der Verwaltung von Anwendungsfall-Inventaren betraut sind.
- Erstellung und Durchführung von Bedarfsanalysen für mit KI zusammenhängende Tätigkeiten im öffentlichen Dienst.

Die Vergleichsstudie der OECD zum Einsatz von KI im öffentlichen Sektor Lateinamerikas und der Karibik kann ebenfalls relevante Ansätze aus der Region liefern (OECD/CAF, 2022[46]).

Empfehlungen

Stärkere Konzentration auf die Umsetzung der Strategie

Für die Umsetzung von KI-Strategien im öffentlichen Sektor ist das Vorhandensein von Roadmaps und Schlüsselfaktoren wichtig. Die Strategie Deutschlands beinhaltet solide hochgesteckte Ziele, aber wenig konkrete, umsetzbare und klare Schritte zu ihrer Erreichung. Eine solche Roadmap könnte die wachsende Dynamik rund um KI im öffentlichen Sektor in Deutschland wirksam einsetzen und sie systematisch auf die Ziele der Strategie ausrichten.

Verstärkte Koordinierung

Da es in Deutschland verschiedene Ebenen der Planung und Nutzung von KI auf und innerhalb von Verwaltungsebenen gibt, kann eine stärkere Koordination Deutschland dabei helfen, einen Systemansatz zu verfolgen, um strategische Ziele zu erreichen und dabei Doppelarbeit, Überschneidungen und Fragmentierung der Bemühungen zu minimieren. Formale Mechanismen wie Räte können Ministerien und andere Stellen des öffentlichen Sektors für das Erreichen nationaler strategischer Ziele verantwortlich machen. Informelle Mechanismen wie Netzwerke können durch den Austausch von Erfahrungen und Erkenntnissen und durch die Überwindung von Hürden bei der Einführung neuer Technologien und Ansätze Kapazitäten und Verbindungen zwischen den öffentlich Bediensteten aufbauen. Wie in anderen Ländern mit einer föderalen Struktur ist die Koordination zwischen der Bundesverwaltung und den subnationalen Verwaltungen wahrscheinlich der schwierigste Aspekt, der zusätzliche und engagierte Anstrengungen erfordert, um solche Berührungspunkte zu schaffen, vielleicht durch den IT-Planungsrat.

Klärung der Rollen und Ausweitung der Leitlinien für die Umsetzung von KI im öffentlichen Sektor

Mangelnde Klarheit in Bezug auf die Zuständigkeiten für die Herausgabe politischer Richtlinien zur Nutzung von KI im öffentlichen Sektor könnte die Fortschritte bei der Erkundung und Einführung von KI behindern. Die Klärung der Rollen kann dazu beitragen, dass eine Stelle in die Lage versetzt wird, Verantwortung für die Gestaltung und Herausgabe von Leitlinien zu übernehmen und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, und so anderen Organisationen des öffentlichen Sektors Grenzen, Handlungsspielraum und Wege zur Erreichung nationaler strategischer Ziele aufzeigen. Dadurch kann sichergestellt werden, dass behördenspezifische Strategien und Leitlinien mit horizontalen föderalen Bemühungen und Zielen übereinstimmen.

Untersuchung der Entwicklung von Verfahren und Leitlinien zur Folgenabschätzung und Prüfung für Algorithmen

Deutschland prüft, wie Rechenschaftsmechanismen wie die Bewertung von Algorithmen für öffentliche Stellen, die sich mit sensiblen Daten oder Sicherheitsfragen befassen, eingeführt werden können. Solche Mechanismen können jedoch in einem breiteren Spektrum an KI-Fällen nützlich sein. In einigen Ländern wie Kanada sind Folgenabschätzungen für alle Fälle automatisierter Entscheidungsfindung verpflichtend, wobei für Systeme mit geringen Auswirkungen minimale Anforderungen zur Risikominderung gelten und bei Systemen mit höheren Auswirkungen zusätzliche Verantwortlichkeiten zu erfüllen sind. Ebenso können Prüfungsrahmen sicherstellen, dass eingesetzte KI-Systeme vertrauenswürdig bleiben. Deutschland sollte abwägen, ob derartige Ansätze die Rechenschaftspflicht für die Nutzung künstlicher Intelligenz im öffentlichen Sektor im Land verbessern würden.

Erhöhung der Transparenz der KI-Nutzung im öffentlichen Sektor

Eine Vielzahl von Berichten über Anwendungsfälle von KI im öffentlichen Sektor wurde durch parlamentarische Anfragen ausgelöst. Durch die proaktive Führung eines aktualisierten Registers von Anwendungsfällen im öffentlichen Sektor könnte die Rechenschaftspflicht in Bezug auf KI im öffentlichen Sektor und das Vertrauen der Bürger:innen und Einwohner:innen gestärkt werden. Die Schaffung eines solchen Systems könnte automatisiert werden. Wenn beispielsweise Organisationen des öffentlichen Sektors (wie in Kanada) dazu verpflichtet wären, Folgenabschätzungen als offene Daten zu veröffentlichen, könnte ein automatisiertes System diese Dateien sammeln und ein Register daraus erstellen.

Stärkung der KI-bezogenen Kompetenzen im öffentlichen Sektor

Die Einrichtung und personelle Ausstattung von expertengestützten Daten- und KI-Labors im öffentlichen Sektor in Deutschland gilt als Erfolg und bedeutender Schritt. Da KI jedoch immer allgegenwärtiger wird und Deutschland die Einführung vertrauenswürdiger KI im öffentlichen Sektor intensiviert, muss es sich möglicherweise auf die Weiterbildung der bereits im öffentlichen Dienst Beschäftigten und von neu eingestellten Mitarbeiter:innen ohne KI-Expertise konzentrieren. Dies könnte die Weiterbildung in KI-Grundlagen für Beamt:innen, die bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben gegebenenfalls KI nutzen oder mit KI in Berührung kommen, und eine vertiefte technische Ausbildung für einige Mitarbeiter:innen beinhalten, wodurch ein Weg beschritten wird, der die externe Rekrutierung für den Aufbau von KI-Fachwissen ergänzt.

Literatur

Ada/AI Now/OGP (2021), *Algorithmic Accountability for the Public Sector*, Ada Lovelace Institute, AI Now Institute and Open Government Partnership, http://www.opengovpartnership.org/documents/algorithmic-accountability-public-sector. [30]

AlgorithmWatch (2023), “Statement on the data strategy of the Federal Government”, https://algorithmwatch.org/de/wp-content/uploads/2023/09/Stellungnahme-Datenstrategie.pdf. [17]

auditing algorithms (2023), *Auditing machine learning algorithms - A white paper for public auditors*, https://www.auditingalgorithms.net./. [34]

Berryhill, J. et al. (2019), “Hello, World: Artificial intelligence and its use in the public sector”, *OECD Working Papers on Public Governance*, No. 36, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/726fd39d-en. [1]

bidt (2023), *Autorinnen und Autoren: Das bidt-Digitalbarometer. international*, Bayerisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation, https://doi.org/10.35067/xypq-kn68. [7]

BIH (2023), *Kompetenzzentrum Oeffentliche IT*, https://www.oeffentliche-it.de/ (accessed on 11 December 2023). [35]

bitkom (2023), “eGovernment: AI basics for public sector employees”, https://bitkom-akademie.de/zertifikatslehrgang/egovernment-ki-grundlagen-oeffentlicher-dienst (accessed on 11 December 2023). [40]

BMAS (2023), *Selbstverpflichtende Leitlinien für den KI-Einsatz in der behördlichen Praxis der Arbeits- und Sozialverwaltung*, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/a862-01-leitlinien-ki-einsatz-behoerdliche-praxis-arbeits-sozialverwaltung.pdf (accessed on 11 December 2023). [5]

BMAS (2022), *Guidelines for the Use of AI in the Governmental Practice in Labour and Social Affairs*, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/a862-01-leitlinien-ki-einsatz-behoerdliche-praxis-arbeits-sozialverwaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (accessed on 11 December 2023). [23]

BMWK (2022), *Start-up Strategy*, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Existenzgruendung/start-up-strategie-der-bundesregierung.html (accessed on 11 December 2023). [2]

Brazilian Government (2023), *Rede Nacional de Governo Digital*, https://www.gov.br/governodigital/pt-br/transformacao-digital/rede-nacional-de-governo-digital. [27]

BSI (2023), *Künstliche Intelligenz*, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Kuenstliche-Intelligenz/kuenstliche-intelligenz_node.html#doc451100bodyText3. [39]

Bundesrechnungshof (2023), *Processes of Data Analysis and Artificial Intelligence in the Federal Administration*, https://www.bundesrechnungshof.de/SharedDocs/Downloads/DE/Berichte/2023/ki-da-volltext.pdf (accessed on 11 December 2023). [37]

Bundestag (2023), *Einsatz Künstlicher Intelligenz im Geschäftsbereich der Bundesregierung*, http://ttps://dip.bundestag.de/vorgang/einsatz-k%C3%BCnstlicher-intelligenz-im-gesch%C3%A4ftsbereich-der-bundesregierung/298588 (accessed on 11 December 2023). [12]

Centers of Excellence (2023), *Community of Practice: Artificial Intelligence*, https://coe.gsa.gov/communities/ai.html (accessed on 11 December 2023). [28]

CNAI (2023), *Instruction sheets for the use of AI within the federal administration*, https://cnai.swiss/en/products-other-services-instruction-sheets/ (accessed on 11 December 2023). [15]

Consejo para la Transparencia (2023), *Sector público chileno avanza en inédita normativa de transparencia algorítmica en América Latina*, https://www.consejotransparencia.cl/sector-publico-chileno-avanza-en-inedita-normativa-de-transparencia-algoritmica-en-america-latina/ (accessed on 11 December 2023). [32]

Deutschlandfunk (2023), "Scholz is urging federal states to respond to proposals to reduce bureaucracy", https://www.deutschlandfunk.de/scholz-draengt-bundeslaender-zu-antworten-auf-vorschlaege-zu-buerokratieabbau-100.html. [24]

Drucksache (2022), "Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Anke Domscheit-Berg, Dr. Petra Sitte, Nicole Gohlke, weiterer Abgeordneter und der Fraktion Die Linke", https://dserver.bundestag.de/btd/20/004/2000430.pdf (accessed on 18 October 2023). [16]

EC (2022), *eGovernment Benchmark 2022*, European Commission, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/egovernment-benchmark-2022. [8]

EC (2018), *Coordinated Plan on Artificial Intelligence*, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:22ee84bb-fa04-11e8-a96d-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF. [4]

Engelmann, J. and M. Puntschuh (2020), *AI in Authorities' Use: Experiences and Recommendations*, https://www.oeffentliche-it.de/documents/10181/14412/KI+im+Beh%C3%B6rdeneinsatz+-+Erfahrungen+und+Empfehlungen. [10]

EU (2024), *Regulation (EU) 2024/ ..... of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*, https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-24-2024-INIT/en/pdf. [3]

Evers-Wölk, M., J. Kluge and S. Steiger (2022), *Artificial Intelligence and Distributed Ledger Technology in Public Administration: An Overview of Opportunities and Risks including the Presentation of Internationally Relevant Practical Examples*, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000151158. [9]

Federal CDO Council (2023), *CDO*, https://www.cdo.gov/ (accessed on 11 December 2023). [26]

FITKO (2023), *Fitko*, https://www.fitko.de/ (accessed on 11 December 2023). [25]

GAO (2023), "Artificial intelligence: Agencies have begun implementation but need to complete key requirements", United States Government Accountability Office, https://www.gao.gov/products/gao-24-105980. [45]

Government of Canada (2023), *Algorithmic Impact Assessment tool*, https://www.canada.ca/en/government/system/digital-government/digital-government-innovations/responsible-use-ai/algorithmic-impact-assessment.html (accessed on 11 December 2023). [31]

Government of Canada (2023), *Artificial intelligence source list*, https://www.canada.ca/en/public-services-procurement/services/acquisitions/better-buying/simplifying-procurement-process/artificial-intelligence-source-list.html (accessed on 11 December 2023). [43]

GovMind (2021), *GovTech in Germany: A Systematic Market Review*, https://govmind.tech/wp-content/uploads/2021/06/20210607-GovMind-GovTech-in-Deutschland.pdf. [42]

Handelsblatt (2023), "Welche Ministerien KI bereits einsetzen – in erstaunlich konkreten Projekten", https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/kuenstliche-intelligenz-welche-ministerien-ki-bereits-einsetzen-in-erstaunlich-konkreten-projekten/29221386.html (accessed on 11 December 2023). [22]

Initiative D21 (2023), *eGovernment MONITOR 2023*, https://initiatived21.de/publikationen/egovernment-monitor (accessed on 11 December 2023). [13]

Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport (2023), "The state of Lower Saxony establishes a competence centre for artificial intelligence in administration", https://www.mi.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/land-niedersachsen-grundet-kompetenzzentrum-fur-kunstliche-intelligenz-in-der-verwaltung-219423.html (accessed on 11 December 2023). [38]

OECD (2023), "2023 OECD Open, Useful and Re-usable data (OURdata) Index: Results and key findings", *OECD Public Governance Policy Papers*, No. 43, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/a37f51c3-en. [36]

OECD (2023), *G7 Hiroshima Process on Generative Artificial Intelligence (AI): Towards a G7 Common Understanding on Generative AI*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/bf3c0c60-en. [21]

OECD (2023), *Global Trends in Government Innovation 2023*, OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/0655b570-en. [29]

OECD (2020), "Digital Government Index: 2019 results", *OECD Public Governance Policy Papers*, No. 03, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/4de9f5bb-en. [6]

OECD.AI (2023), *AI Procurement in a Box*, https://oecd.ai/en/catalogue/tools/ai-procurement-in-a-box (accessed on 11 December 2023). [44]

OECD.AI (2023), *Database of National AI Policies and Strategies*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/dashboards/overview (accessed on 5 October 2023). [18]

OECD/CAF (2022), *The Strategic and Responsible Use of Artificial Intelligence in the Public Sector of Latin America and the Caribbean*, OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/1f334543-en. [46]

Oxford Insights (2023), *Government AI Readiness Index 2023*, https://oxfordinsights.com/wp-content/uploads/2023/12/2023-Government-AI-Readiness-Index-1.pdf. [11]

Staatsministerium Baden-Württemberg (2023), "Künstliche Intelligenz in der Verwaltung", https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/meldung/pid/kuenstliche-intelligenz-in-der-verwaltung (accessed on 11 December 2023). [14]

The White House (2023), *Executive Order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence*, https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2023/10/30/executive-order-on-the-safe-secure-and-trustworthy-development-and-use-of-artificial-intelligence. [20]

The White House (2020), *Executive Order on Promoting the Use of Trustworthy Artificial Intelligence in the Federal Government*, https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/executive-order-promoting-use-trustworthy-artificial-intelligence-federal-government. [19]

US Congress (2022), *S.2551 - AI Training Act*, https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/2551. [41]

US Government Accountability Office (2023), *Artificial Intelligence: An Accountability Framework for Federal Agencies and Other Entities*, https://www.gao.gov/products/gao-21-519sp. [33]

Endnoten

[1] Die Deutschen sind diesbezüglich seit einiger Zeit optimistisch: 68 % antworteten in einer Umfrage, dass sie davon ausgehen, dass KI administrative Prozesse beschleunigen kann. In jüngerer Zeit ist der Anteil der Menschen, die in erster Linie Chancen in der Nutzung von KI sehen, in Deutschland höher als in anderen Ländern, die als vergleichbar betrachtet werden könnten. Eine andere kürzlich durchgeführte Umfrage ergab, dass eine Mehrheit der Bürger dem Einsatz von KI im öffentlichen Sektor zustimmt, solange bestimmte Bedingungen erfüllt sind (z. B. wenn grundlegende Entscheidungen weiterhin von Menschen getroffen werden) (Initiative D21, 2023[13]).

[2] Ein umfassender Bericht über die Digitalisierung des öffentlichen Sektors geht über den Rahmen dieser Studie hinaus, aber Fortschritte in diesem Bereich sind grundlegend, um den strategischen und verantwortungsvollen Einsatz von KI im öffentlichen Sektor zu erreichen.

[3] Der Index berücksichtigte 39 Indikatoren in drei Bereichen: (1) Staat (einschließlich strategischer Vision, Regulierung, ethischer Erwägungen und Kapazitäten); (2) Technologiesektor (wie ein ausgereiftes Ökosystem innovativer Unternehmen des privaten Sektors) und (3) Daten und Infrastruktur.

[4] Die Aktivitäten zur Entwicklung und der Einsatz von KI sind in den Bundesländern unterschiedlich stark ausgeprägt, wie aus der Karte unter https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html hervorgeht. Dieses Tool ist jedoch nicht ausschließlich für Anwendungsfälle des öffentlichen Sektors vorgesehen.

[5] In einer Umfrage aus dem Jahr 2021 gaben mehr als die Hälfte aller befragten Behörden an, dass inter ne Expert:innen fehlen.

9 Spotlight: KI und ökologische Nachhaltigkeit

In diesem Kapitel wird die Schnittstelle von KI und ökologischer Nachhaltigkeit untersucht und beschrieben, wie das deutsche KI-Ökosystem seine führende Position stärken kann, um KI für eine schnelle Dekarbonisierung und andere Nachhaltigkeitsziele wirksam zu nutzen. Das Kapitel bietet einen Überblick über die Initiativen von Bundesministerien, Bundesländern, Hochschulen, Industrie und Zivilgesellschaft. Es wird diskutiert, wie KI-Klimaschutz durch zentrale Anwendungsfälle in strategischen Sektoren wie Energie, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft ermöglichen kann. Außerdem wird untersucht, wie Deutschland sein KI-Nachhaltigkeitsökosystem durch ministerienübergreifende und interdisziplinäre Zusammenarbeit, Wissensaustausch und KI-Bildung stärken kann. Deutschland könnte im Bereich KI und ökologische Nachhaltigkeit einen behördenübergreifenden Ansatz verfolgen. Abschließend werden Konzepte zur Messung und Minderung der Umweltauswirkungen der KI-Recheninfrastruktur erörtert, kritische Lücken ermittelt und vier Empfehlungen für künftige Maßnahmen gegeben.

Der Transformationen in den Bereichen Umweltschutz und Digitalisierung bietet die Möglichkeit zur wirksamen Nutzung digitaler Technologien wie KI für eine nachhaltige Zukunft. Als Querschnittstechnologie hat KI das Potenzial, negative Umweltauswirkungen und Emissionen zu verringern, indem sie Fortschritte in Bereichen wie intelligenten Energiesystemen und miteinander verbundenen Verkehrsnetzen beschleunigt (OECD, 2022[1]). Deutschland ist gut positioniert, um auf seiner bestehenden Forschungsbasis und vorhandenen Initiativen im gesamten KI-Ökosystem aufzubauen und weltweit führend im Bereich der Nutzung von KI für Klimaschutz und ökologische Nachhaltigkeit zu werden.

Als eines der ersten Länder hat Deutschland das Potenzial von KI für ökologische Nachhaltigkeit in seiner nationalen KI-Strategie 2018 und in deren Fortschreibung 2020 erkannt. Dabei werden Umwelt- und Klimaschutz in den Mittelpunkt neuer Initiativen gestellt, indem sie „Potenziale [...] systematisch identifizieren [...] und durch die Förderung KI-basierter Instrumente zur Lösung konkreter Herausforderungen für eine nachhaltige Entwicklung heben." (Die Bundesregierung, 2020[2]). Die Fortschreibung der Strategie 2020 konzentriert sich darauf, „KI umweltverträglich [zu] gestalten" durch die Förderung grüner IKT-Methoden, sowie auf „KI-Forschung zum Schutz von Umwelt und Klima" mit dem erklärten Ziel der „Förderung KI-basierter Instrumente zur Lösung konkreter Herausforderungen für eine nachhaltige Entwicklung" (Die Bundesregierung, 2020[2]). In der Fortschreibung der Strategie werden auch spezifische Anwendungsfelder wie „erneuerbare Energien und Energiesysteme, Energieeffizienz, Ressourcenschutz und Kreislaufwirtschaft, Gewässerschutz und Wasserwirtschaft, Immissionsschutz und Gesundheit, Naturschutz und Mobilität" genannt (Die Bundesregierung, 2020[2]).

Kasten 9.1. KI und ökologische Nachhaltigkeit: Erkenntnisse und Empfehlungen

Ergebnisse

- Deutschland profitiert von einer Reihe von KI-bezogenen ökologischen Nachhaltigkeitsinitiativen in Bundesministerien, Bundesländern, Hochschulen, Industrie und Zivilgesellschaft. Die Initiativen sind jedoch in der Regel nicht miteinander vernetzt, und die langfristige Finanzierung bleibt eine Herausforderung.
- KI bietet ein erhebliches Potenzial für ökologische Nachhaltigkeit und kann von den Bundesministerien und der Industrie wirksam für eine beschleunigte Dekarbonisierung aller Sektoren genutzt werden.
- Als Heimat führender Forscher:innen, Praktiker:innen und Pionier:innen in diesem Feld ist das deutsche Ökosystem für KI und ökologische Nachhaltigkeit den meisten Ländern voraus.
- Als Teil der digitalen Recheninfrastruktur ergeben sich durch KI erhebliche Umweltauswirkungen wie Energie- und Wasserverbrauch, die in Deutschland noch nicht systematisch erhoben werden.

Empfehlungen

- Ausbau der behördenübergreifenden und interdisziplinären Zusammenarbeit in den Bereichen KI und ökologische Nachhaltigkeit, um den Transfer und Synergien zwischen Initiativen zu fördern.
- Festlegung strategischer Schwerpunktbereiche und Aufbrechen von isolierten Strukturen in Sektoren wie Energie, Verkehr, Industrie oder Landwirtschaft, um das Potential von KI für ökologische Nachhaltigkeit und eine schnelle Dekarbonisierung zu maximieren.

- Ausbau der deutschen Führungsposition in den Bereichen KI und ökologische Nachhaltigkeit durch Wissensaustausch, Bildungsprogramme, Förderung von Start-ups und KMU sowie Erweiterung des Schwerpunkts auf Kreislaufwirtschaft, Biodiversität und andere planetare Grenzen.
- Ausweitung der Datenerhebung durch Bundesbehörden und Anbieter:innen von Recheninfrastuktur, um die Auswirkungen der KI-Recheninfrastruktur auf Energie, Wasser und Ressourcen zu bewerten und zu minimieren.

Das Ökosystem für KI-bezogene und ökologische Nachhaltigkeit

Deutschland ist international anerkannt für seine Initiativen in den Bereichen KI und ökologische Nachhaltigkeit, die Zusammenarbeit über Bundesministerien, Bundesländer, Hochschulen, die Industrie und die Zivilgesellschaft hinweg beinhalten. Diese Bemühungen werden durch umfangreiche Finanzmittel unterstützt und konzentrieren sich auf die Entwicklung von KI-Anwendungen, die Umwelt- und Klimaziele fördern. Wichtige Arbeitsfelder sind die wirksame Nutzung von KI für Ressourceneffizienz, die Förderung nachhaltiger Mobilität, der Erhalt der Biodiversität und die Förderung einer nachhaltigen Landwirtschaft. Der Ansatz der Strategie betont auch die Bedeutung interministerieller Zusammenarbeit und die aktive Einbindung der Zivilgesellschaft, um sicherzustellen, dass KI-Entwicklungen mit ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsprinzipien im Einklang stehen.

Deutschland profitiert von substanziellen, angemessen finanzierten KI- und Nachhaltigkeitsinitiativen in Bundesministerien, Bundesländern, Hochschulen, Industrie und Zivilgesellschaft

Bundesbehörden und -ministerien

In mehreren Bundesministerien laufen Aktivitäten und Initiativen an der Schnittstelle zwischen KI und ökologischer Nachhaltigkeit. Das *OECD.AI Policy Observatory* listet Deutschland basierend auf Selbstangaben nationaler Regierungen unter den führenden Ländern bei der Anzahl von KI- und Umweltinitiativen zusammen mit Ländern wie Spanien, dem Vereinigten Königreich und Norwegen auf. (OECD.AI, 2023[3]). Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) hat ein Fünf-Punkte-Programm „Künstliche Intelligenz für Umwelt und Klima“ mit einer geplanten Investition von 150 Mio. EUR über fünf Jahre veröffentlicht. Dies beinhaltet eine Förderinitiative für mehrere „KI-Leuchtturm-Projekte“ für Klimainnovationen und ressourceneffiziente KI, einen „*Green-AI Hub*“ für den deutschen Mittelstand und die Plattform „KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz“, die Nichtregierungsorganisationen (NGOs), Zivilgesellschaft, Wissenschaft und Start-ups zusammenbringt, um KI-Pilotprojekte für eine nachhaltigere Gesellschaft zu entwickeln (BMUV, 2023[4]). Das Umweltbundesamt hat kürzlich ein neues „Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data“ eröffnet, das bis 2025 aus dem Konjunktur- und Zukunftspaket der Bundesregierung finanziert wird. *Das* Labor wird sich darauf konzentrieren, KI- und datenbasierten Anwendungen zu entwickeln, die das Umweltressort in seinen vielfältigen Forschungs- und Vollzugsaufgaben unterstützen. Die gewonnen datenbasierten Erkenntnisse können als Grundlage für politische Entscheidungen dienen und fördern ein vertieftes Verständnis komplexer Umweltprozesse in der Öffentlichkeit (UBA, 2022[5]).

Mit der Initiative *Civic Coding* leistet das BMUV Pionierarbeit auf dem Gebiet der interministeriellen Kooperation mit dem Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) und dem Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ). Ziel des Innovationsnetzes ist es, KI-Anwendungen

sozial, nachhaltig und partizipativ zu gestalten. die KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz, das Civic Data Lab und die *Civic Innovation Platform* (Civic Coding, 2023[6]).

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMDV) fördert den Einsatz von KI zur Erdbeobachtung und finanziert Modellprojekte für nachhaltige Mobilität durch sein Projekt „*Artificial Intelligence and Mobility* (AIAMO)“ in Partnerschaft mit den Kommunen (BMDV, 2023[7]). Das BMBF hat einen „KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen – nachhaltige Kreislaufwirtschaft durch Künstliche Intelligenz“ mit 30 Mio. EUR bis 2025 gefördert (BMBF, 2021[8]) und hat ein Förderprogramm für Forschungsprojekte zur KI als Instrument zur Erhaltung der Biodiversität mit einem Fördervolumen von bis zu 20 Mio. EUR initiiert (BMBF, 2023[9]). Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) setzt sich mit ökologischer Nachhaltigkeit und KI im Rahmen seines Projekts *FAIR Forward* für nachhaltige Entwicklung auseinander, das Partnerländern im Globalen Süden Zugang zu „klimaintelligenter“ Agrarberatung bietet und in Zusammenarbeit mit der Weltbank, der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) und der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) einen Praxisleitfaden für grüne Rechenzentren entwickelt hat (ITU/World Bank, 2023[10]). Das BMWK hat Projekte wie KI für fortschrittliche Materialwissenschaft, prädiktive Wartung und fortschrittliche Grundwasseranalyse gefördert, während das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) mit 36 Kooperationsprojekten mit einer Mittelausstattung von 44 Mio. EUR die Einführung von KI in der intelligenten und nachhaltigen Landwirtschaft im ländlichen Raum fördert (BMEL, 2021[11]).

Bundesländer

Auch verschiedene Bundesländer betreiben Initiativen an der Schnittstelle zwischen KI und ökologischer Nachhaltigkeit. So koordiniert die Bayerische KI-Agentur Projekte zu nachhaltiger Mobilität und geht über den Hub für Intelligente Robotik und die Hightech-Agenda Bayern auf ökologische Herausforderungen ein (Baiosphere, 2023[12]). Das Hessische Zentrum für Künstliche Intelligenz verfolgt den Aufbau einer nachhaltigen KI-Recheninfrastruktur und hat seinen Supercomputer im *Green IT Cube* des GSI Helmholzzentrums untergebracht, eines der effizientesten und nachhaltigsten Rechenzentren Europas (hessian.AI, 2023[13]). Die Kompetenzplattform KI.NRW in Nordrhein-Westfalen unterstützt Leuchtturmprojekte wie KI für Hochwasserschutz, KI zur Bekämpfung von Plastikmüll in Meeren und Flüssen sowie KI für Erdsystemdaten und Wetterprognosen (KI.NRW, 2023[14]). Diese Beispiele präsentieren die wesentlichen Innovationsökosysteme für umweltfreundliche KI-Systeme und weisen auf potenzielle Vorteile und Synergien aus einer verstärkten Zusammenarbeit sowohl innerhalb der Bundesländer als auch zwischen Bundes-, Landes- und Kommunalbehörden hin. Die im November 2023 angekündigte ständige Digitalministerkonferenz der Bundesländer könnte als potenzielles Forum für solche Kooperationsbemühungen zu KI und ökologischer Nachhaltigkeit dienen (STMD, 2023[15]).

Hochschulen und Forschungsinstitute

Deutschland ist die Heimat einiger weltweit führender Forscher:innen und Praktiker:innen im Bereich der KI und ökologische Nachhaltigkeit. Das *Sustainable AI Lab* der Universität Bonn soll die Umweltauswirkungen von KI messen und bewerten, auch im Kontext der Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) (Sustainable AI Lab, 2023[16]). Das DFKI, eines der deutschen Kompetenzzentren für KI-Forschung, bündelt Expertenwissen zu dem Thema über sein Kompetenzzentrum KI für Umwelt und Nachhaltigkeit, DFKI4planet. Das Kompetenzzentrum konzentriert sich auf Wissenstransfer und KI-Entwicklung für vielfältige Umweltanwendungen wie Verschmutzungserkennung, grüne Mobilität, Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschutz (DFKI, 2023[17]). An der Technischen Universität München und der Hochschule für angewandte Wissenschaften München vermittelt das Projekt sustAInability interdisziplinären Masterstudierenden Kompetenzen im Bereich gesellschaftlicher und ökologischer Herausforderungen an der Schnittstelle zwischen KI und Nachhaltigkeit. Die Studierenden erforschen und entwickeln außerdem Prototypen in verschiedenen Anwendungsbereichen für die Umwelt (sustAInability, 2023[18]). Die KI-Leuchtturm-Initiative des BMUV hat

in Zusammenarbeit mit dem *Einstein Center Digital Future* (ECDF) auch zwei Projekte zu einem „*Green Consumption Assistant*“ und „*Circular Textile Intelligence*“ an der TU Berlin gefördert (TU Berlin, 2020[19]). Die Universität Tübingen und das Hasso-Plattner-Institut (HPI) sind Teil des ELIAS-KI-Konsortiums, das zum Ziel hat, Europa eine Führungsrolle in der KI-Forschung für nachhaltige Entwicklung zu verschaffen (ELIAS, 2023[20]).

Zivilgesellschaft

Eine weitere Stärke des deutschen Ökosystems für KI und ökologische Nachhaltigkeit ist die aktive Einbindung zivilgesellschaftlicher Organisationen, die wichtige Perspektiven in Bezug auf die ökologische und gesellschaftliche Nachhaltigkeit von KI-Systemen einbringen. So haben AlgorithmWatch und das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) SustAIn, einen vom BMUV geförderten Nachhaltigkeitsindex für KI-Systeme, entwickelt. Basierend auf den 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung erarbeitete SustAIn eine Reihe von Indikatoren und Kennzahlen zur Messung der Nachhaltigkeit von KI über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg (Rohde et al., 2021[21]). Andere zivilgesellschaftliche Organisationen wie die *Green Web Foundation*, die *Wikimedia Foundation*, *Germanwatch* und das Öko-Institut fordern alle einen nachhaltigeren Ansatz für Digitalisierung und KI-Entwicklung (Bits & Bäume, 2021[22]).

Industrie und Start-ups

KI spielt eine wichtige Rolle für große deutsche Industrieunternehmen und deren ökologische Nachhaltigkeitsziele sowohl für die Verbesserung der Energieeffizienz und die Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks eines Unternehmens als auch für die Bereitstellung innovativer Produkt- und Servicelösungen für Kunden. So setzt das Fertigungsunternehmen Siemens KI in einer Vielzahl von industriellen ökologischen Nachhaltigkeitslösungen ein und betrachtet die Technologie als Schlüsselfaktor für eine ökologisch nachhaltige Infrastruktur. Das Projekt wird von einem großen KI-Technologie-Kernteam und dem Siemens AI Lab koordiniert und nutzt KI wirksam für prädiktive Wartung, nachhaltiges Bau- und Gebäudemanagement, digitale Zwillinge und intelligente Verkehrsnetze (Siemens, 2023[23]). Der Chemiekonzern BASF nutzt KI für zielgerichtetes Prototyping und Digital-Farming-Lösungen zur Verbesserung landwirtschaftlicher Erträge und Entwicklung neuer Nutzpflanzen, die gegenüber dem rasanten Klimawandel robust sind (BASF, 2023[24]). Unternehmen der Automobilindustrie wie Porsche, Audi und Volkswagen nutzen KI, um ökologische Nachhaltigkeitsrisiken in ihrer Lieferkette zu ermitteln – durch ein Überwachungssystem, das automatische Warnungen vor Umweltrisiken für das gesamte Beschaffungssystem und auf den unteren Ebenen der Lieferketten ausgibt (Porsche, 2021[25]).

Einige der wertvollsten und innovativsten Start-ups und Scale-ups Deutschlands stellen KI und ökologische Nachhaltigkeit in den Mittelpunkt ihrer Geschäftsmodelle. So bietet Enpal Solarenergielösungen für Kunden an und nutzt KI für Installationsleistungen und Energiemanagement für Wohngebäude (Enpal, 2023[26]). TWAICE bietet eine KI-gestützte Batterieanalytik-Plattform zur Simulation des Verhaltens von Batterien und zur Verbesserung ihrer Lebensdauer und erarbeitet gleichzeitig Lösungen für die Batterieentwicklung, Energiespeichersysteme und den Betrieb von Elektrofahrzeugen (TWAICE, 2023[27]). Celonis, ein globaler Pionier im *Process Mining*, setzt zunehmend prozessspezifische maschinelle Lernmodelle wirksam für Transformationslösungen zur ökologischen Nachhaltigkeit, einschließlich Emissionsreduktion und Auftragsmanagement, ein (Celonis, 2023[28]). Die *GreenTech Alliance* bringt viele dieser Start-ups zusammen, um sie mit Wagniskapital und Unternehmensberatung zu unterstützen (Greentech Alliance, 2023[29]). Gleichzeitig hat der KI-Bundesverband eine Arbeitsgruppe Klima & Nachhaltigkeit eingerichtet, um Wissen unter seinen Mitgliedern zu verbreiten (German AI Association, 2023[30]). Zentren für unternehmerische Innovation wie das *TUM Venture Lab* haben die Bedeutung der ökologischen Nachhaltigkeit erkannt und spezielle Labore eingeführt, die die Umsetzung von *Deep Tech* in skalierbare kreislaufwirtschaftliche Unternehmen für nachhaltige Umweltauswirkungen fördern (UnternehmerTUM, 2023[31]). Ein Beispiel für ein gut funktionierendes Start-up-Ökosystem ist

OroraTech, ein Anbieter weltraumgestützter und KI-gesteuerter thermischer Daten für die Waldbrandvorhersage und -eindämmung, der an der TUM gegründet und mit Zuschüssen der bayerischen Landes- und der Bundesregierung sowie von einem Konsortium europäischer Wagniskapitalgeber unterstützt wurde (OroraTech, 2021[32]).

Anwendungsfälle für ökologische Nachhaltigkeit und schnelle Dekarbonisierung

Die KI-Strategie Deutschlands integriert ökologische Nachhaltigkeit über mehrere Sektoren hinweg. Das Fünf-Punkte-Programm des BMUV stellt 150 Mio. EUR für KI für die Umwelt bereit und unterstützt Initiativen wie KI-Leuchtturmprojekte und einen *Green-AI Hub*. Die Zusammenarbeit umfasst Bundesministerien, Bundesländer, Hochschulen, Zivilgesellschaft und Industrie und zielt darauf ab, KI für nachhaltige Lösungen in Bereichen wie Klimaschutz, Innovation, Gesundheitswesen und Landwirtschaft zu nutzen. Die Strategie fördert sektorübergreifende Zusammenarbeit und öffentlich-private Partnerschaften, um ökologisch nachhaltige KI-Anwendungen voranzubringen.

Die Bundesministerien und Industrie können das enorme Potenzial der KI für ökologische Nachhaltigkeit und schnelle Dekarbonisierung aller Sektoren wirksam nutzen

Dekarbonisierung aller Bereiche

KI kann eine Schlüsselrolle bei der Erreichung der Klima- und Umweltziele der Bundesregierung spielen. KI kann für wichtige Transformationsprojekte wie die Energiewende, nachhaltige Verkehrsnetze oder die schnelle Dekarbonisierung der industriellen Basis Deutschlands wirksam genutzt werden. Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung (WBGU), ein wissenschaftliches Beratungsgremium, das die Bundesregierung bei der ökologischen Nachhaltigkeitstransformation berät, stellt in einem Bericht aus dem Jahr 2019 fest, dass digitale Technologien wie KI „eine Schlüsselrolle für die Ermöglichung einer globalen Energiewende spielen“ werden (WBGU, 2019[33]). KI könnte dazu beitragen, Emissionen in allen sechs Bereichen des deutschen Klimaschutzgesetzes zu reduzieren: Energiewirtschaft, Verkehr, Industrie, Gebäude, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft (Rolnick et al., 2019[34]).

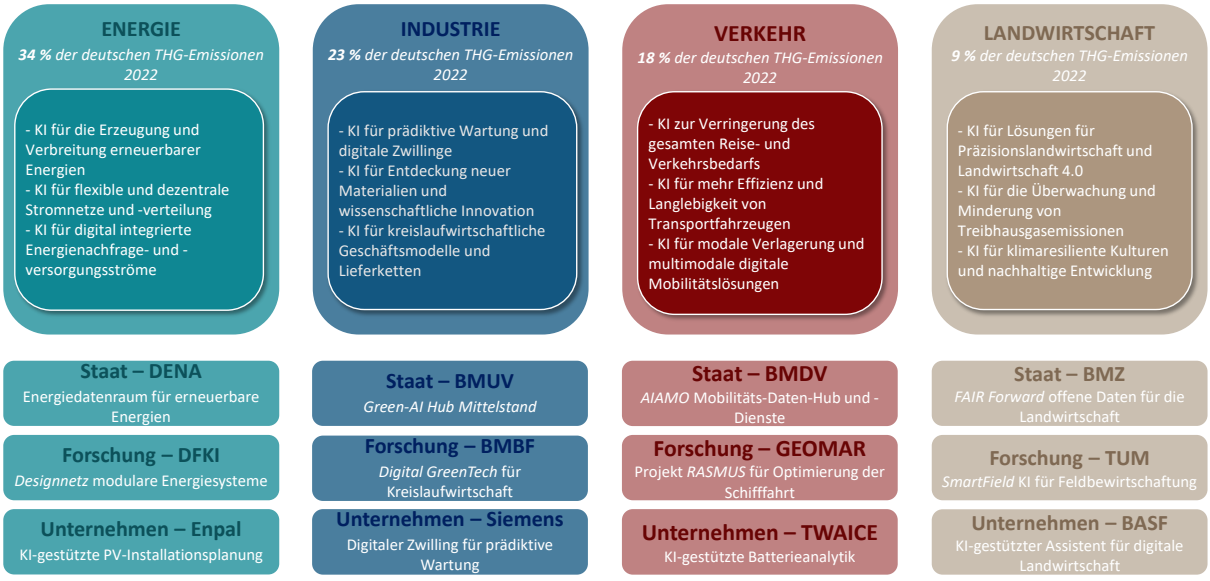
Viele Initiativen im deutschen Ökosystem für KI und ökologische Nachhaltigkeit decken diese kritischen Bereiche ab (Abbildung 9.1). Nach Ansicht mehrerer für diese Überprüfung befragter Expert:innen könnte Deutschland von der Festlegung strategischer Schwerpunktbereiche und -sektoren sowie von Bündelungsinitiativen profitieren, um Synergien zu schaffen, Doppelarbeit zu vermeiden und Wissen und bewährte Verfahren auszutauschen. Während KI in fast allen Wirtschaftsbereichen verschiedene Anwendungsbereiche hat, weisen vier wichtige Sektoren in Deutschland ein besonders hohes Potenzial auf: Energiewirtschaft, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft.

Intelligente Energiesysteme und -netze

Laut IEA werden digitale Technologien wie KI eine grundlegende Rolle dabei spielen, den Übergang zu einem widerstandsfähigen und sauberen Energienetz zu ermöglichen, indem sie die Effizienz verbessern, Kosten senken und saubere Technologien und die Verbreitung über alle Lieferketten beschleunigen (IEA, 2023[35]). Der deutsche Energiesektor war 2022 für 34 % der THG-Emissionen verantwortlich und hat sich ehrgeizige Ziele gesetzt, den Anteil erneuerbarer Energien bis 2030 auf 80 Prozent des Stromverbrauchs zu steigern, wobei „Energieeinsparungen und Energieeffizienz“ weiter „oberste Priorität bleiben“ müssen (OECD, 2023[36]). Initiativen für Energieeffizienz, intelligente Energielösungen und erneuerbare Energien finden sich in Bundesministerien, Bundesländern, Hochschulen sowie in Industrie und Start-ups. Dazu gehören KI-Initiativen des BMWK zur Energiewende oder mehrere Leuchtturmprojekte des BMUV, die sich

mit der Erzeugung erneuerbaren Stroms aus Wind- und Wasserkraft beschäftigen. Bereits 2019 hat die Deutsche Energie-Agentur (dena) erkannt, dass die wirksame Nutzung von KI für den Energiesektor eine Beschleunigung der deutschen Energiewende und der Dekarbonisierung des Stromnetzes verspricht, die die ökologische Transformation anderer Sektoren wie Verkehr und Industrie ermöglicht (dena, 2019[37]). Während der deutsche Energiesektor vor Kurzem seine Klimaziele erreicht hat, „sein Wirtschaftswachstum vom Energiebedarf und den CO_2-Emissionen entkoppelt“ hat und „zu den G20-Ländern und Mitgliedstaaten der EU mit der höchsten Energieeffizienz“ zählt, bleiben insbesondere im Gefolge der globalen Energiekrise Herausforderungen im Energiesektor bestehen (OECD, 2023[36]). Branchenverbände wie die German Datacenter Association berichten über die „Beeinträchtigung der Wettbewerbsfähigkeit“ durch die hohen Stromkosten in Deutschland und fordern eine Beschleunigung der „Verfügbarkeit von Elektrizität aus erneuerbaren Energien“ (bitkom, eco, and German Datacentre Association, 2022[38]). KI kann ein wichtiger Schlüsselfaktor für Beschleunigung sein, vor allem bei Energieengpässen wie der Digitalisierung und dem Ausbau von Stromnetzen und Energieinfrastrukturen (OECD, 2023[36]).

Abbildung 9.1. Mehrere Initiativen im deutschen KI-Ökosystem setzen KI wirksam für eine schnelle Dekarbonisierung aller Bereiche ein



Vernetzte Verkehrsnetze

Einer der vielversprechendsten Anwendungsbereiche für KI ist der Verkehrssektor. KI kann dazu beitragen, den Reise- und Verkehrsbedarf insgesamt zu senken, zum Beispiel durch Videokonferenzen und Telearbeit. Durch KI-gestützte digitale Zwillinge kann sie auch die Kraftstoffeffizienz und die Langlebigkeit der Infrastruktur erhöhen und den Personenverkehr insgesamt durch On-Demand-Fahrdienste oder Carsharing reduzieren (EEA, 2023[39]). Initiativen wie das Projekt AIAMO des BMDV für nachhaltige Mobilität, Start-ups wie TWAICE, die sich mit Verbesserungen der Batterieeffizienz beschäftigen, und Hochschul-Exzellenzcluster mit Fokus auf digitale Mobilität wie in Bayern sind Beispiele für deutsche Aktivitäten und Expertise in diesem Bereich. Ein weiteres Beispiel ist das Projekt RASMUS des deutschen Start-ups north.io, das KI mit ozeanographischen Modellen zur Berechnung von Schifffahrtsrouten kombiniert, die kleine dynamische Meeresströmungen wirksam nutzen. Die optimierten Routen könnten zu Treibhausgaseinsparungen von bis zu 10 % für den Schiffsbetrieb führen (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2023[40]). Forscher:innen haben häufig festgestellt, dass ein enger Fokus auf die Steigerung der Effizienz des Verkehrssektors möglicherweise nicht ausreicht, um die Klimaziele des

Sektors zu erreichen, da die Zunahme der allgemeinen Verkehrsnachfrage die Effizienzgewinne zunichte macht (Creutzig et al., 2015[41]). Das International Transport Forum ermutigt die Politik, eine „Verkehrsverlagerung“ und ein Bedarfsmanagement für städtische Umgebungen und Kurzstreckenfahrten zu ermöglichen und die Fahrgäste so zu kohlenstoffarmen Transportmöglichkeiten, einem weiteren wichtigen Anwendungsgebiet für KI-Systeme, zu bewegen (ITF, 2023[42]). Die Nutzung dieser Möglichkeiten für Dekarbonisierung könnte für Deutschland besonders relevant sein, da der Verkehrssektor 2022 18 % der deutschen Treibhausgasemissionen ausmachte und der Sektor war, in dem die Emissionen am langsamsten reduziert wurden (OECD, 2023[36]).

Industrie 4.0

KI kann die schnelle Dekarbonisierung der deutschen Industrie unterstützen, die 2022 für 23 % der gesamten THG-Emissionen in Deutschland verantwortlich war (OECD, 2023[36]). Diese Chance spiegelt sich in mehreren Initiativen der Bundesministerien und den vielen Anwendungen und industriellen Lösungen einiger der größten deutschen Unternehmen wider. Unternehmen wie Siemens oder Bosch setzen KI für prädiktive Wartung, digitale Zwillinge und die allgemeine digitale und ökologische Transformation der deutschen Industrie ein – einen Eckpfeiler der Vision Industrie 4.0 von vernetzten Maschinen und Prozessen durch digitale Technologien. KI kann auch für die Entdeckung neuer Materialien und wissenschaftliche Innovationen eingesetzt werden, die für Industrieunternehmen entscheidend sein werden, um ihren Betrieb zu dekarbonisieren und Umweltziele zu erreichen (IEA, 2023[35]). Die Plattform Industrie 4.0, eine Netzwerkplattform zur digitalen Transformation des verarbeitenden Gewerbes unter Federführung von BMWK und BMBF, hat die ökologische Nachhaltigkeit als zentralen Aspekt der Vision Industrie 4.0 anerkannt und eine Task Force Nachhaltigkeit eingerichtet (BMWK, 2022[43]). Die Task Force sieht digitale Technologien wie KI sieht als Schlüsselfaktor für die nachhaltige Transformation der deutschen Industrie, die mit Positionen von Branchenverbänden wie dem Bitkom konform geht. Der Bitkom rechnete vor, dass das Treibhausgasreduktionspotenzial der beschleunigten Digitalisierung für die deutsche Industrie bis 2030 bis zu 34 % der geforderten Emissionssenkungen betragen könnte (bitkom, 2023[44]). KI gilt auch als Schlüsselfaktor für künftige kreislauforientierte Geschäftsmodelle der Industrie 4.0, die sich durch die Vernetzung und den Fluss von Informationen und Daten über Wertschöpfungsketten und Prozesse hinweg auszeichnen (One Planet Network, 2023[45]).

Intelligente Landwirtschaft

Der OECD Agricultural Outlook für 2030 betont, dass die notwendigen Produktivitätsverbesserungen, um die Weltbevölkerung nachhaltig zu ernähren, ohne eine bedeutende Beschleunigung der Digitalisierung, Technologie, bessere Daten und Humankapital nicht stattfinden werden (OECD/FAO, 2021[46]). Damit bietet sich Deutschland die Chance, KI wirksam zu nutzen, um landwirtschaftliche Erträge und ökologische Nachhaltigkeit in der deutschen Landwirtschaft zu verbessern und KI-basierte technologische Lösungen zu exportieren, um die nachhaltige Entwicklung landwirtschaftlicher Betriebe weltweit zu unterstützen. Da sich der Klimawandel rapide beschleunigt, ist mit einem starken Anstieg des Bedarfs an fortschrittlicher Technologie und klimaresistenten Nutzpflanzen zu rechnen. Auch die deutsche Landwirtschaft könnte von effizienteren und nachhaltigeren landwirtschaftlichen Praktiken profitieren, die durch KI ermöglicht werden, da der Sektor im Jahr 2022 für rund 9 % der THG-Emissionen verantwortlich war, die in den vergangenen zehn Jahren nicht wesentlich zurückgegangen sind (OECD, 2023[36]). Initiativen wie die Förderung von KI für intelligente Landwirtschaft und den ländlichen Raum durch das BMBF oder das Projekt FAIR Forward des BMZ, das Partnerländern Zugang zu klimafreundlichen Agrardienstleistungen bietet, könnten Eckpfeiler einer KI-Strategie für den Agrarsektor sein. Dies baut auf dem BMEL-Programm KI für nachhaltige Landwirtschaft auf (BMEL, 2021[11]). Industriepartner wie BASF, die an KI-basierten Digital-Farming-Lösungen arbeiten, und Forschungsinstitute wie Fraunhofer und das DFKI könnten auch mit Bundes- und Landesinitiativen zur intelligenten KI-gestützten Landwirtschaft der Zukunft zusammenarbeiten.

Stärkung der Führungsrolle Deutschlands in den Bereichen KI und ökologische Nachhaltigkeit

Die Bundesregierung unterstützt aktiv gemeinwohlorientierte KI-Anwendungen. Dies zeigt die Initiative *Civic Coding*, die die soziale, nachhaltige und partizipative KI-Entwicklung fördert. Zu den wichtigsten deutschen Initiativen zählen die *Civic Innovation Platform,* die menschenzentrierte Ideen und Projekte im Bereich der KI unterstützt, die KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz, die umweltfreundliche KI-Lösungen fördert, und das *Civic Data Lab*, das datengestützte Bemühungen für das gesellschaftliche Wohl fördert. Diese Projekte sind Beispiele für Deutschlands Engagement für den wirksamen Einsatz von KI für den gesellschaftlichen und ökologischen Fortschritt.

Das Ökosystem für KI und ökologische Nachhaltigkeit verschafft Deutschland einen Vorsprung gegenüber vielen Ländern und führende Forscher:innen, Praktiker:innen und Pionier:innen sind auf diesem Gebiet tätig

Der erste wichtige Schritt zur Stärkung des deutschen Ökosystems für KI und ökologische Nachhaltigkeit besteht darin, die Zusammenarbeit innerhalb des Bundes, zwischen Bund und Ländern sowie beim Wissensaustausch zwischen staatlichen Stellen, Hochschulen, Zivilgesellschaft und Industrie deutlich zu verstärken. Der Schnittpunkt zweier hochkomplexer Themen wie KI und ökologischer Nachhaltigkeit erfordert interdisziplinäres Wissen und Kompetenzen, die durch eine weitreichende Zusammenarbeit wirksam eingesetzt werden können. Die Analyse aktueller Initiativen im Ökosystem legt nahe, dass die vielfältigen Chancen in Sektoren wie Energiewirtschaft, Verkehr und Landwirtschaft besser von strategischen Clustern untersucht werden könnten, in denen spezifisches Fachwissen konsequent geteilt wird. Beispiele für eine solche Zusammenarbeit sind Initiativen wie die „Community Nachhaltige Digitalisierung“ des BMUV, die Hochschulen, Start-ups, Industrie, Kommunen und den Bund verbindet (BMUV, 2023[47]). Deutschland könnte auch Initiativen wie das Artificial Intelligence für *Decarbonisation‘s Virtual Center of Excellence* (ADViCE) des Vereinigten Königreichs zum Beispiel nehmen, das als zentraler Hub für KI- und Dekarbonisierungsprojekte dient und darauf abzielt, die sektorübergreifende Zusammenarbeit zu fördern und Informationen an relevante Akteur:innen zu verbreiten (Alan Turing Institute, 2023[48]). Ein weiteres Beispiel ist die gesamtstaatliche Initiative „*Clean Growth Hub*“ (Zentrum für grünes Wachstum) in Kanada, ein ressortübergreifendes Koordinierungszentrum für Bundesinitiativen im Bereich saubere Technologien und eine zentrale Anlaufstelle für Informationen über finanzielle Förderung und Dienstleistungen (Government of Canada, 2023[49]). Deutschland könnte einen solchen Ansatz für seine KI-Aktivitäten, die auf Dekarbonisierung und andere Initiativen zur ökologischen Nachhaltigkeit abzielen, übernehmen.

Ein zweiter wichtiger Bereich ist das Bewusstsein für Chancen und Herausforderungen für KI und ökologische Nachhaltigkeit. In den für den Bericht durchgeführten Interviews haben Expert:innen einen Mangel an Wissen und interdisziplinären umweltbezogenen und technischen Kenntnissen sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor hervorgehoben, was die Umsetzung von Programmen zur Kompetenzvermittlung und Weiterbildung im Bereich der KI für deutsche politische Entscheidungsträger:innen, Hochschulen, Forschung und Industrie erforderlich macht. Beispiele wie das Projekt sustAInability an der TU München, das Kapazitäten unter interdisziplinären Studierenden sowohl mit technischem als auch nichttechnischem Hintergrund aufbaut, könnten auf mehr Hochschulen und Forschungsinstitute ausgedehnt und im Rahmen staatlicher Ausbildungsprogramme nachgebildet werden. Auch politischen Entscheidungsträger:innen, die an klimarelevanten Rechtsvorschriften und Maßnahmen zur künstlichen Intelligenz beteiligt sind, sollten Schulungsprogramme angeboten werden. Gleiches gilt für Führungskräfte in der Zivilgesellschaft und in Sektoren mit hohen Emissionen. Deutschland könnte Beispielen wie dem *Congressional Boot Camp on AI des Stanford Institute for Human-Centered AI* (HAI) folgen und ein ähnliches Programm für ökologische Nachhaltigkeit einführen (HAI, 2023[50]). Ein weiteres wichtiges Handlungsfeld ist die Unterstützung von Start-ups und deutschen KMU, um KI wirksam für

Anwendungen und Geschäftsmodelle zu nutzen, die auf ökologische Nachhaltigkeit gerichtet sind. Der *Green-AI Hub Mittelstand* des BMUV zeigt, dass dies bereits auf der Agenda der Bundesregierung steht, und könnte bundesweit auf das Start-up-Ökosystem ausgedehnt werden.

In der Fortschreibung 2020 der Strategie werden auch verschiedene Anwendungsfelder wie „erneuerbare Energien und Energiesysteme, Energieeffizienz, Ressourcenschutz und Kreislaufwirtschaft, Gewässerschutz und Wasserwirtschaft, Immissionsschutz und Gesundheit, Naturschutz und Mobilität“ genannt (Die Bundesregierung, 2020[2]). Die für den Bericht und die Analyse des Ökosystems durchgeführten Expert:inneninterviews legen nahe, dass sich in der Praxis viele Initiativen in Deutschland derzeit auf Energie- und Ressourceneffizienz konzentrieren, die in verschiedenen Sektoren bereits erhebliche Energie- und Rohstoffeinsparungen bringen. Forscher:innen haben jedoch immer wieder argumentiert, dass ein genereller Fokus auf Effizienz zu Rebound-Effekten führen kann und Effizienzeinsparungen nicht immer in einer Verringerung der Gesamtemissionen resultieren (Creutzig et al., 2015[41]). Der Schwerpunkt des Ökosystems für KI und ökologische Nachhaltigkeit könnte daher auf andere Umweltaspekte wie Kreislaufwirtschaftsmodelle, Biodiversitätsschutz oder Wasserverbrauch erweitert werden, die in der Fortschreibung 2020 der Strategie bereits als zentrale Schwerpunktbereiche genannt wurden. Vergleichbare Initiativen gibt es in Ländern wie Frankreich, wo die *Agence nationale de la recherche* (Französische Nationale Agentur für Forschung, ANR) sich die Aufgabe gestellt hat, die französische nationale Forschungsstrategie für künstliche Intelligenz und den nationalen Biodiversitätsplan Frankreichs zusammenzuführen (ANR, 2021[51]). Solche Initiativen könnten Deutschlands Führungsrolle in diesem Bereich weiter stärken, da sie einen ganzheitlicheren Blick auf die nachhaltige Nutzung von KI darstellen, der anderen Ländern als Vorbild dienen könnte.

Messung und Minderung der Umweltauswirkungen der KI-Recheninfrastruktur

Deutschland ist anerkannt für seine bedeutenden Initiativen zur KI und ökologischen Nachhaltigkeit, die Zusammenarbeit über Bundesministerien, Bundesländer, Hochschulen, die Industrie und die Zivilgesellschaft hinweg beinhalten. Diese Bemühungen werden durch umfangreiche Finanzmittel unterstützt und konzentrieren sich auf die Entwicklung von KI-Anwendungen, die Umwelt- und Klimaziele fördern. Wichtige Arbeitsfelder sind die wirksame Nutzung von KI für Ressourceneffizienz, die Förderung nachhaltiger Mobilität, den Erhalt der Biodiversität und die Förderung nachhaltiger Landwirtschaft. Der Ansatz des Landes betont auch die interministerielle Zusammenarbeit und die aktive Einbindung der Zivilgesellschaft, um sicherzustellen, dass KI-Entwicklungen mit ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsprinzipien im Einklang stehen.

Die Umweltauswirkungen der digitalen Recheninfrastruktur von KI wie Energie- und Wasserverbrauch werden nicht systematisch gemessen

Mit dem wachsenden Rechenbedarf für fortschrittliche KI-Systeme wachsen auch die Nachhaltigkeitsbedenken hinsichtlich der Umweltauswirkungen der KI-Recheninfrastruktur (OECD, 2023[52]). Über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg, von der Produktion über den Transport und Betrieb bis zum Ende der Lebensdauer, verbraucht die KI-Recheninfrastruktur Energie, Wasser und Ressourcen. Bei digitalen Technologien wie der KI gibt es darüber hinaus auch indirekte Auswirkungen, wie etwa ermöglichende Auswirkungen (durch Anwendung in bestimmten Bereichen) und systemische Auswirkungen (durch Änderung des sozialen oder kulturellen Verhaltens). Während KI nur einen Bruchteil der Gesamtauswirkungen digitaler Technologien ausmacht, erfordern die Verbreitung von KI-Anwendungen und die exponentielle Dynamik des KI-Rechenleistungsbedarfs die Implementierung von Messstandards und die Ausweitung der Datenerhebung zu Umweltauswirkungen der KI-Recheninfrastruktur und ihrer Anwendungen (OECD, 2022[1]).

Mit dem Energieeffizienzgesetz hat die Bundesregierung eines der ersten Gesetze dieser Art zu Informationspflichten für Rechenzentrumsbetreiber vorgeschlagen. Deutschland ist das erste europäische Land, das die EU-Energieeffizienzrichtlinie umsetzt. Die Betreiber werden verpflichtet, über verschiedene Umweltindikatoren zu informieren, erneuerbare Energie für ihren Betrieb zu beschaffen, Energieeffizienzziele einzuhalten, Kühlsystemleistung ökonomisch einzusetzen und Abwärme zu nutzen (Die Bundesregierung, 2020[2]). Die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren wird von der Internationalen Energieagentur als oft unerschlossene Chance angesehen. Sie empfiehlt Regierungen und politischen Entscheidungsträger:innen, mit Betreiber und lokalen Gemeinden zusammenzuarbeiten, um, so weit wie möglich, Fernwärme bereitzustellen und Industriewärmeverbraucher zu versorgen (IEA, 2023[53]). Viele deutsche Rechenzentrumsbetreiber fangen Abwärme bereits auf, obgleich bürokratische Hürden die wirksame Verteilung häufig beschränken.

Die Bundesregierung erkennt in der Fortschreibung 2020 der Strategie die Notwendigkeit umweltspezifischer Standards und Messungen an. Ziel ist es, KI umweltverträglich zu gestalten, indem sie „die Förderung von Forschung in der Verbindung von Digitalisierung und ökologischer Nachhaltigkeitsziele konsequent weiter ausbauen“ wird, sowie „energie- und ressourcensparsame Informations- und Kommunikationstechnik (*Green ICT*) [...] voran zu bringen.“ (Die Bundesregierung, 2020[2]). Sie schlägt vor, ein fortschrittliches „Konzept zur Umweltfolgenabschätzung von KI [zu] entwickeln und ihre Förderung der Forschung zu den Umweltwirkungen von KI [zu] intensivieren. Sie wird dabei insbesondere durch die Erhebung empirischer Daten sowie eine systematischen Analyse des CO_2-Minderungspotenzials von KI unter Berücksichtigung möglicher negativer Effekte (beispielsweise Rebound-Effekte) veranlassen.“ (Die Bundesregierung, 2020[2]). Angesichts der hohen Komplexität eines solchen Konzepts haben andere Länder keine Umweltfolgenabschätzung von KI durchgeführt, die Rebound-Effekte beinhaltet und einen bahnbrechenden Beitrag zu den weltweiten Bemühungen zur Messung der Umweltauswirkungen von KI darstellen würde.

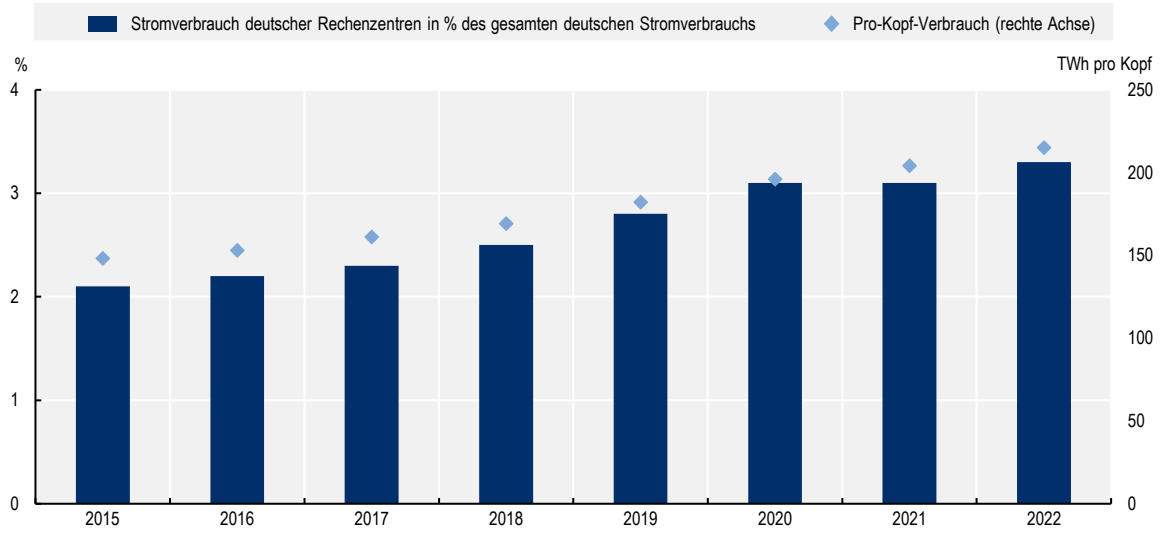
Im Hinblick auf bewährte Verfahren und die Verbreitung von Wissen wird das strategische Ziel, energie- und ressourcensparende IKT voranzubringen, bereits in Ministerien und dem privaten Sektor umgesetzt. So unterstützen das BMBF und die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) die Initiative „Green ICT – Grüne IKT“, ein Kompetenzzentrum für nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnologie. „Green ICT – Grüne IKT“ bietet Projektpartnern aus Industrie und Wissenschaft Ressourcen und Fachwissen, um nachhaltige Mikroelektronik und energieeffiziente Technologieinfrastrukturen zu entwickeln. Die Initiative bietet auch Bildungsangebote für Studierende, Branchenspezialist:innen, Start-ups und KMU (Green ICT, 2023[54]).

Öffentliche Anbieter: von Recheninfrastruktur in Deutschland haben Pionierarbeit bei grünen IKT-Methoden geleistet. So arbeitet das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften seit über einem Jahrzehnt an einer energieeffizienten Recheninfrastruktur und hat diese umgesetzt, etwa durch den Aufbau eines „Warmwasserkühlkreislaufs“, der zu erheblichen Energieeinsparungen führt. Das LRZ erforscht grüne IT-Verfahren im Rahmen einer Methodik, die die Umweltauswirkungen von Gebäudeinfrastruktur, Hardware, Betriebssoftware und nachhaltiger Anwendungsprogramme untersucht (LRZ, 2023[55]). Von den 50 energieeffizientesten Supercomputern der Welt stehen 11 in Deutschland, das damit an zweiter Stelle hinter den USA (14) und vor Frankreich (6), Japan (5) und Australien (2) steht (TOP500, 2023[56]). Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) und die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) haben gemeinsam mit der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) und der Weltbank einen Praxisleitfaden mit dem Titel „*Green Data Centers: Towards a Sustainable Transformation*“ (Grüne Rechenzentren: Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Transformation) entwickelt. Der Leitfaden fördert öffentliche und private Investitionen in grüne Rechenzentrumsinfrastruktur durch öffentliche Beschaffungsstrategien und breiter angelegte Richtlinien und Vorschriften (ITU/World Bank, 2023[10]).

Der Energieverbrauch der deutschen Server und Rechenzentren ist seit 2010 gestiegen (Abbildung 9.2). Im Jahr 2021 wurde der Energieverbrauch von Rechenzentren auf 17 Mrd. kWh geschätzt, was einer Steigerung von 6,5 % gegenüber 2020 und 14 % gegenüber 2019 (14 Mrd. kWh) entspricht. Dies entspricht rund 3,3 Prozent der deutschen Stromversorgung im Jahr 2021 gegenüber 2,7 Prozent in den Niederlanden und 2,5 Prozent im Vereinigten Königreich (Statistics Netherland, 2021[57]); (nationalgridESO, 2022[58]). Eine Extrapolation der aktuellen Trends könnte bis 2030 einen Verbrauch von rund 28 Mrd. kWh bedeuten (Borderstep Institute, 2022[59]). Das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) kommt zu ähnlichen Zahlen. Es schätzt den Energieverbrauch deutscher Rechenzentren (einschließlich Telekommunikationsnetzen) für 2019 auf 14,9 Mrd. kWh und prognostiziert – unter der Voraussetzung, dass sich der aktuelle Trend fortsetzt – für 2030 einen Wert von 30,6 Mrd. kWh. Die Autoren des TAB weisen jedoch darauf hin, dass „der [...] Wissensstand zum Energiebedarf der IKT-Infrastrukturen lückenhaft und teilweise widersprüchlich“ ist und „ein erheblicher Forschungsbedarf“ und die Notwendigkeit einer „regelmäßige[n] Ermittlung [...] unter Einbezug von realen Daten aus Unternehmen“ besteht (Grünwald and Caviezel, 2022[60]).

Abbildung 9.2. Der Anteil der Rechenzentren am gesamten deutschen Stromverbrauch ist in den letzten Jahren stetig gestiegen

Stromverbrauch deutscher Rechenzentren



Hinweis: Die Schätzung des Stromverbrauchs von Rechenzentren für KI ist technisch und methodisch anspruchsvoll.
Quelle: Borderstep Institute (2022[59]), “Cloud computing drives the growth of the data centre industry and its energy consumption”, https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2022/08/Borderstep_Rechenzentren_2021_eng.pdf.

Empfehlungen

Ausbau der behördenübergreifenden und interdisziplinären Zusammenarbeit in den Bereichen KI und ökologische Nachhaltigkeit, um den Transfer und Synergien zwischen Initiativen zu fördern

Das deutsche Ökosystem für KI und ökologische Nachhaltigkeit profitiert von einer Reihe von Initiativen, Fördermitteln und starken öffentlichen und privaten Institutionen, die KI und ökologische Nachhaltigkeit auf ihre Agenda setzen. Gleichzeitig sind die Initiativen oft isoliert, tauschen Wissen und bewährte Verfahren nicht aus und schaffen keine Synergien durch Zusammenarbeit. Dies ist ein kritisches Thema,

da die Arbeit an der Schnittstelle zwischen KI und ökologischer Nachhaltigkeit technisches und ökologisches Fachwissen erfordert. Mit der Fortschreibung 2020 der deutschen KI-Strategie soll „die Verknüpfung von KMU, Start-ups, gemeinwohlorientierten Akteurinnen und Akteuren mit der Forschung [gestärkt werden], um den Transfer und die Anwendung von Forschungsergebnissen in die Breite der Wirtschaft und Gesellschaft zu befördern“ (Die Bundesregierung, 2020[2]). Dieses Ziel sollte erweitert werden, um einen authentischen multidisziplinären Ansatz unter Beteiligung zahlreicher verschiedener Interessenträger:innen zu schaffen, der von den Ressourcen und dem Wissen der deutschen KI-Expert:innen, Umweltgruppen und wissenschaftlichen Vordenker:innen profitiert.

Festlegung strategischer Schwerpunktbereiche, um die ermöglichenden Auswirkungen von KI für ökologische Nachhaltigkeit und schnelle Dekarbonisierung zu maximieren

Deutschland verfügt über ein starkes Potenzial, Initiativen zur KI und ökologischen Nachhaltigkeit und Wissen in strategischen Schwerpunktbereichen zu bündeln. Zwar gibt es Initiativen in Sektoren wie Energiewirtschaft, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft, doch kann KI in fast allen Wirtschaftssektoren eingesetzt werden, etwa in Gebäuden und Städten, bei der Finanzierung umweltfreundlicher Technologien oder beim nachhaltigen Konsum. Deutschland könnte Bereiche priorisieren, um Forschungsanstrengungen abzustimmen, die Finanzierung zu straffen und Ziele festzulegen, etwa in interministeriellen Arbeitsgruppen oder gesamtstaatlichen Initiativen.

Ausbau der deutschen Führungsposition in den Bereichen KI und ökologische Nachhaltigkeit durch Wissensaustausch, Bildungsprogramme, Förderung von Start-ups und KMU sowie Erweiterung des Fokus auf Kreislaufwirtschaft, Biodiversität und andere planetare Grenzen

Deutschland ist aufgrund seines starken strategischen und politischen Mandats, vielfältiger und angemessen finanzierter Initiativen, führender Wissenschaftler:innen und Forscher:innen auf diesem Gebiet sowie innovativer Industrieunternehmen und Start-ups, die nachhaltige KI-Lösungen exportieren, in der Lage, eine führende Rolle in den Bereichen KI und ökologische Nachhaltigkeit zu übernehmen. Dies könnte durch die Förderung des Wissensaustauschs und -transfers, die Ausbildung von politischen Entscheidungsträger:innen und Studierenden, die Unterstützung deutscher Start-ups und KMU und die Erweiterung des Fokus dessen, was Nachhaltigkeit ausmacht, über Energie- und Ressourceneffizienz hinaus gestärkt werden. In diesem Zusammenhang gilt es Kreislaufwirtschaftsmodelle, den Erhalt der Biodiversität, Änderungen bei der Landnutzung, dem Trinkwasserverbrauch und andere begrenzte Ressourcen einzubeziehen, damit KI zum Wohle des Planeten eingesetzt wird.

Deutschland kann eine Führungsrolle im Bereich KI und ökologische Nachhaltigkeit übernehmen, die auf einem starken Fundament politischer Unterstützung, diversen und finanzstarken Initiativen, weltweit führenden Wissenschaftler:innen und innovativen Industrieunternehen und Start-ups aufbauen kann. Diese Basis könnte durch einen verbesserten Wissenstransfer, die Aus- und Weiterbildung politischer Entscheidungsträger:innen und Studierenden sowie die Unterstütung deutscher Start-ups und KMU ausgebaut werden. Außerdem würde das KI-Ökosystem durch eine Ausweitung des Nachhaltigkeitsbegriffs über reine Energie- und Ressourceneffizienz hinaus profitieren, der Modelle der Kreislaufwirtschaft, den Erhalt der Biodiversität, die Veränderung von Flächennutzung, die Erschöpfung von Trinkwasserresourcen und andere planetere Grenzen mit einbezieht.

Ausweitung der Messungen, um die Auswirkungen der KI-Recheninfrastruktur auf Energie, Wasser und Ressourcen zu bewerten und zu minimieren

Deutschland erkennt an, dass die Umweltauswirkungen der KI- und IKT-Infrastruktur, einschließlich der direkten Auswirkungen wie Energie- und Wasserverbrauch sowie der indirekten ermöglichenden und

systemischen Auswirkungen der Anwendungen, systematisch und standardisiert über die Sektoren hinweg gemessen werden müssen. Deutschland unternahm wichtige erste Schritte bei der Erhebung von Daten zu Umweltauswirkungen, etwa die Informationspflichten für Rechenzentrumsbetreiber im anstehenden Energieeffizienzgesetz. Solche Bemühungen sollten zum Beispiel durch die Umsetzung der Umweltfolgenabschätzung von KI mit dem Statistischen Bundesamt und in Partnerschaft mit Forschungsinstituten, die Indikatoren wie den Energieverbrauch von Rechenzentren verfolgen, ausgebaut werden. Die daraus resultierenden Indikatoren könnten in öffentliche Datenbanken wie die HPC-Karte der Gauß-Allianz aufgenommen werden, um die Transparenz zu erhöhen (GCS, 2023[61]). Deutschland sollte die Sichtweise vom betrieblichen Energieverbrauch und von betrieblichen Treibhausgasemissionen auf breitere Umweltauswirkungen wie die Verschlechterung der Biodiversität, die Lebenszyklusauswirkungen der Produktion von Computerausrüstung, die Auswirkungen des Wasserverbrauchs und den Abbau seltener Erden ausweiten (OECD, 2022[1]). Eine Umweltfolgenabschätzung von KI, wie sie in der Fortschreibung der nationalen KI-Strategie vorgesehen ist, würde von einer intraministeriellen Zusammenarbeit profitieren. Sie wäre der Vorreiter für eine umfassende ökologische Überprüfung der nationalen KI-Rechenressourcen und könnte internationale Standards festlegen, um die Entwicklung von Kennzahlen, wie in der Verordnung der Europäischen Union zu Künstlicher Intelligenz („KI-Verordnung der EU“) (EU, 2024[62]) vorgeschlagen werden, zu gestalten.

Literatur

Alan Turing Institute (2023), *ADViCE Introduction*, https://www.turing.ac.uk/research/research-projects/advice#:~:text=Artificial%20Intelligence%20for%20Decarbonisation%27s%20Virtual,the%20transition%20to%20Net%20Zero (accessed on 11 December 2023). [48]

ANR (2021), *Challenge IA-Biodiv: Research in Artificial Intelligence in the Field of Biodiversity*, Agence nationale de la recherche, https://anr.fr/en/call-for-proposals-details/call/challenge-ia-biodiv-research-in-artificial-intelligence-in-the-field-of-biodiversity/ (accessed on 11 December 2023). [51]

Baiosphere (2023), *Über die baiosphere*, https://baiosphere.org/baiosphere/ (accessed on 11 December 2023). [12]

BASF (2023), *Innovative and Disruptive Technologies for Sustainable Future Success*, https://www.basf.com/global/en/who-we-are/digitalization/artificial-intelligence.html (accessed on 11 December 2023). [24]

bitkom (2023), *Klimaeffekte der Digitalisierung*, https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-10/20211010_bitkom_studie_klimaeffekte_der_digitalisierung.pdf. [44]

bitkom, eco, and German Datacentre Association (2022), *Perspectives for a Sustainable Data Centre Industry by 2030*, https://www.germandatacenters.com/fileadmin/documents/publications/Perspectives-for-a-sustainable-data-center-industry-by-2030.pdf. [38]

Bits & Bäume (2021), *Forderungen*, https://bits-und-baeume.org/konferenz-2022/forderungen/ (accessed on 11 December 2023). [22]

BMBF (2023), “Bekanntmachung Methoden der Künstlichen Intelligenz als Instrument der Biodiversitätsforschung”, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2023/01/2023-01-04-Bekanntmachung-Biodiversit%C3%A4tsforschung.html (accessed on 11 December 2023). [9]

BMBF (2021), “Bekanntmachung”, Bundesministerium für Bildung und Forschung, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2021/09/2021-09-17-Bekanntmachung-KI.html (accessed on 11 December 2023). [8]

BMDV (2023), “Artificial Intelligence and Mobility - AIAMO”, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/KI-Projekte/aiamo.html (accessed on 11 December 2023). [7]

BMEL (2021), *Künstliche Intelligenz (KI) für eine nachhaltigere Landwirtschaft*, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/k-i-fuer-nachhaltige-landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (accessed on 11 December 2023). [11]

BMUV (2023), *Community “Nachhaltige Digitalisierung”*, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, https://www.bmuv.de/themen/digitalisierung/community-nachhaltige-digitalisierung (accessed on 11 December 2023). [47]

BMUV (2023), *Künstliche Intelligenz für Umwelt und Klima*, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, https://www.bmuv.de/themen/digitalisierung/kuenstliche-intelligenz-fuer-umwelt-und-klima (accessed on 11 December 2023). [4]

BMWK (2022), *Industrie 4.0 gestalten. Resilient, nachhaltig, wettbewerbsstark*, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-40-gestalten-resilient-nachhaltig-wettbewerbsstark.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (accessed on 11 December 2023). [43]

Borderstep Institute (2022), “Cloud computing drives the growth of the data center industry and its energy consumption”, Borderstep Institute for Innovation and Sustainability, https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2022/08/Borderstep_Rechenzentren_2021_eng.pdf. [59]

Celonis (2023), *Sustainability Transformation*, https://www.celonis.com/solutions/sustainability-transformation/ (accessed on 11 December 2023). [28]

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (2023), *Rasmus: Cost-efficient Ship Routing Utilizing Ocean Currents*, https://www.ai.informatik.uni-kiel.de/de/projects/current-projects-2/copy_of_rasmus-ship-routing (accessed on 11 December 2023). [40]

Civic Coding (2023), *Die Initiative*, https://www.civic-coding.de/ueber-civic-coding/die-initiative (accessed on 2 November 2023). [6]

Creutzig, F. et al. (2015), “Transport: A roadblock to climate change mitigation?”, *Science*, Vol. 350/6263, pp. 911-912, https://www.science.org/doi/10.1126/science.aac8033. [41]

dena (2019), *Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende*, Deutsche Energie-Agentur GmbH, https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-ANALYSE_Kuenstliche_Intelligenz_fuer_die_integrierte_Energiewende.pdf. [37]

DFKI (2023), *Artificial Intelligence for Environment and Sustainability*, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, https://www.dfki.de/en/web/applications-industry/competence-centers/ai-for-environment-and-sustainability (accessed on 11 December 2023). [17]

Die Bundesregierung (2020), *Artificial Intelligence Strategy of the German Federal Government: 2020 Update*, https://www.ki-strategie-deutschland.de/files/downloads/Fortschreibung_KI-Strategie_engl.pdf (accessed on 11 December 2023). [2]

EEA (2023), *Transport and Environment Report 2022*, European Environment Agency, https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2022/transport-and-environment-report/view. [39]

ELIAS (2023), *European Lighthouse of AI for Sustainability*, https://elias-ai.eu (accessed on 11 December 2023). [20]

Enpal (2023), *Über Enpal*, https://www.enpal.de/ueber-uns (accessed on 11 December 2023). [26]

EU (2024), *Regulation (EU) 2024/ ..... of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*, https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-24-2024-INIT/en/pdf. [62]

GCS (2023), *Our Centres*, Gauss Centre for Supercomputing, https://www.gauss-centre.eu/about-us/our-centres (accessed on 11 December 2023). [61]

German AI Association (2023), *Working Groups*, https://ki-verband.de/en/working-groups/ (accessed on 11 December 2023). [30]

Government of Canada (2023), *About the Clean Growth Hub*, https://ised-isde.canada.ca/site/clean-growth-hub/en/about-clean-growth-hub (accessed on 11 December 2023). [49]

Green ICT (2023), *About Green ICT*, https://greenict.de/en/ (accessed on 11 December 2023). [54]

Greentech Alliance (2023), *What We Do*, https://www.greentech.earth/what-we-do (accessed on 11 December 2023). [29]

Grünwald, R. and C. Caviezel (2022), "Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur. TAB-Fokus", Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000151166. [60]

HAI (2023), *Congressional Boot Camp on AI*, Stanford University, https://hai.stanford.edu/congressional-boot-camp-ai (accessed on 11 December 2023). [50]

hessian.AI (2023), "Supercomputer for cutting-edge AI research in Hesse", https://hessian.ai/supercomputer-for-cutting-edge-ai-research-in-hesse/ (accessed on 11 December 2023). [13]

IEA (2023), *Data Centres and Data Transmission Networks*, International Energy Agency, https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks. [53]

IEA (2023), *Energy Technology Perspectives 2023*, International Energy Agency, https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023. [35]

ITF (2023), *ITF Transport Outlook 2023*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en. [42]

ITU/World Bank (2023), *Green Data Centers: Towards a Sustainable Digital Transformation - A Practioner's Guide*, International Telecommunication Union and the World Bank, https://www.bmz-digital.global/wp-content/uploads/2023/08/Guide-to-Green-Data-Centers-Final.pdf. [10]

KI.NRW (2023), *Selected Examples of the North Rhine-Westphalian AI ecosystem*, https://www.ki.nrw/en/ai-highlights/ (accessed on 11 December 2023). [14]

LRZ (2023), *Green IT at Leibniz Supercomputing Centre*, Leibniz-Rechenzentrum, https://www.lrz.de/wir/green-it_en/ (accessed on 11 December 2023). [55]

nationalgridESO (2022), "Data centres", https://www.nationalgrideso.com/document/246446/download. [58]

OECD (2023), "A blueprint for building national compute capacity for artificial intelligence", *OECD Digital Economy Papers*, No. 350, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/876367e3-en. [52]

OECD (2023), *OECD Environmental Performance Reviews: Germany 2023*, OECD Environmental Performance Reviews, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/f26da7da-en. [36]

OECD (2022), "Measuring the environmental impacts of artificial intelligence compute and applications: The AI footprint", *OECD Digital Economy Papers*, No. 341, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/7babf571-en. [1]

OECD.AI (2023), *AI and the Environment*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/dashboards/policy-areas/PA9 (accessed on 11 December 2023). [3]

OECD/FAO (2021), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/19428846-en. [46]

One Planet Network (2023), *Rethinking, Extending, Re-using. Harnessing Digital Technologies for the Circular Economy*, https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/2023-11/RETHINKING%2C%20EXTENDING%2C%20REUSING-%20HARNESSING%20DIGITAL%20TECHNOLOGIES%20FOR%20THE%20CIRCULAR%20ECONOMY%20-%205%20%281%29.pdf. [45]

OroraTech (2021), "Maintain control of wildfires: OroraTech launches global thermal intelligence services", https://ororatech.com/ororatech-launches-global-thermal-intelligence-service/ (accessed on 11 December 2023). [32]

Porsche (2021), "Porsche, Audi and Volkswagen use artificial intelligence to minimise sustainability risks", https://newsroom.porsche.com/en/2021/sustainability/porsche-audi-volkswagen-pilot-project-artificial-intelligence-minimisation-sustainability-risks-supply-chain-23801.html (accessed on 11 December 2023). [25]

Rohde, F. et al. (2021), *Nachhaltigkeitskriterien für künstliche Intelligenz*, https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2021/IOEW_SR_220_Nachhaltigkeitskriterien_fuer_Kuenstliche_Intelligenz.pdf. [21]

Rolnick, D. et al. (2019), “Tackling climate change with machine learning”, https://arxiv.org/abs/1906.05433. [34]

Siemens (2023), *The Climate Crisis – Solutions in the Ecosystem*, https://www.siemens.com/global/en/company/stories/research-technologies/energytransition/sustainability-solutions-in-the-ecosystem.html (accessed on 11 December 2023). [23]

Statistics Netherland (2021), “Electricity supplied to data centres, 2017-2019”, https://www.cbs.nl/en-gb/custom/2020/51/electricity-supplied-to-data-centres-2017-2019. [57]

STMD (2023), “Bundesländer setzen ständige Digitalministerkonferenz ein / Digitalminister Mehring: „Meilenstein für die Digitalisierung in Deutschland!“”, Bayerisches Staatsministerium für Digitales, https://www.stmd.bayern.de/bundeslaender-setzen-staendige-digitalministerkonferenz-ein-digitalminister-mehring-meilenstein-fuer-die-digitalisierung-in-deutschland/ (accessed on 11 December 2023). [15]

sustAInability (2023), *About sustAInability*, https://sustainability-ai.de (accessed on 11 December 2023). [18]

Sustainable AI Lab (2023), *About Us*, https://sustainable-ai.eu/about-us/ (accessed on 11 December 2023). [16]

TOP500 (2023), *Green500 - November 2023*, https://www.top500.org/lists/green500/2023/11/ (accessed on 11 December 2023). [56]

TU Berlin (2020), “KI-Leuchttürme für die Umwelt”, https://www.tu.berlin/ueber-die-tu-berlin/profil/pressemitteilungen-nachrichten/ki-leuchttuerme-fuer-die-umwelt (accessed on 11 December 2023). [19]

TWAICE (2023), *TWAICE Battery Analytics Platform*, https://www.twaice.com/products/battery-analytics-platform (accessed on 11 December 2023). [27]

UBA (2022), *UBA Application Lab for AI and Big Data*, Umweltbundesamt, https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/digitalisation/uba-application-lab-for-ai-big-data (accessed on 11 December 2023). [5]

UnternehmerTUM (2023), *TUM Venture Labs Sustainability and Circular Economy*, https://www.unternehmertum.de/en/about/tum-venture-labs (accessed on 11 December 2023). [31]

WBGU (2019), *Flagship Report - Towards Our Common Digital Future*, German Advisory Council on Global Change, https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2019/pdf/wbgu_hg2019_en.pdf. [33]

10 Spotlight: KI und Gesundheitswesen

In diesem Kapitel werden zentrale Möglichkeiten für Deutschland aufgezeigt, KI-Kapazitäten im Gesundheitswesen voranzubringen. Deutschland hat sinnvolle Maßnahmen zur Förderung von KI im Gesundheitswesen eingeleitet, darunter gesetzgeberische Maßnahmen zur Förderung der Integration digitaler Gesundheitstechnologien und zur aktiven Förderung von KI-Anwendungen in der Medizin. Trotz des öffentlichen Optimismus hinsichtlich des Potenzials von KI, die Erfahrungen der Patient:innen zu verbessern und die Arbeitsbelastung des Gesundheitspersonals zu verringern, steht Deutschland aufgrund fragmentierter Gesundheitsdaten und unpraktikabler Datenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen vor Herausforderungen bei der Einführung von KI im Gesundheitswesen. Deutschland hat den Weg in Richtung des Einsatzes von KI im Gesundheitswesen eingeschlagen und sollte weiter an der Entwicklung einer umfassenden Strategie für Gesundheitsdaten-Governance und Interoperabilität mit Rechtsvorschriften arbeiten, die Innovationen ermöglichen und gleichzeitig angemessenen Schutz bieten. Diese Strategie ist entscheidend für den Aufbau eines nationalen Rahmens für Gesundheitsinformationen, der den zeitnahen Zugang zu hochwertigen Daten fördert. Dies wird durch die Zusammenarbeit aller wichtigen Interessenträger:innen ermöglicht, um einen Nutzen für Deutschland und allen im Land lebenden Menschen zu erzielen.

KI hat das Potenzial, Leben zu retten, dem Gesundheitspersonal zu ermöglichen, sich stärker der eigentlichen Pflegetätigkeit zu widmen, und die öffentliche Gesundheit und Sicherheit zu verbessern (OECD, 2024[1]). Diese Vorteile können jedoch aufgrund einer fragmentierten Politik-, Daten- und Technologiebasis bislang nur in begrenztem Umfang erreicht werden. Das gilt für Deutschland genauso wie für viele andere Länder.

Die deutsche KI-Strategie 2018 spiegelt den Handlungsbedarf bei KI im Gesundheitswesen wider, da sie Möglichkeiten zur Verbesserung der Gesundheitsergebnisse, Unterstützung der Pflege und Innovationsförderung aufzeigt. Dies wurde in der Fortschreibung 2020 der KI-Strategie erneut zum Ausdruck gebracht.

Deutschland ergreift Maßnahmen, um eine stärkere Politik-, Daten- und Technikbasis für KI aufzubauen, die die KI-Strategie 2018/2020 widerspiegelt. Für die Entwicklung und das Trainieren von KI-Anwendungen ist der Zugriff (Politik) auf große, hochwertige und detaillierte Datensätze (Daten) erforderlich, während gleichzeitig die Sicherheit dieser Daten (Technologie) gewährleistet werden muss. Die Kunst der Entwicklung von KI-Lösungen erfordert einen effektiven Umgang mit von Millionen von persönlichen Gesundheitsakten, die Informationen über Bevölkerungsgruppen und Organisationen hinweg konsolidieren.

Kasten 10.1. KI und Gesundheitswesen: Ergebnisse und Empfehlungen

Ergebnisse

- Eine breite Unterstützung für Gesetze im Zusammenhang mit Gesundheitsdaten und digitalen Tools (GDNG, Digi-G, anstehendes Gesetz zur Umstrukturierung der Gematik) wird die Grundlagen für KI im Gesundheitswesen in Deutschland stärken.
- Eine vorsichtige Auslegung der Datenschutzvorschriften behindert die Innovationsfähigkeit im KI-Bereich.
- Es herrscht schlechte Interoperabilität aufgrund des Mangels an Rechenschaftspflicht, Vertrauen und Anreizen.
- Die Öffentlichkeit und die Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen glauben, dass KI die Gesundheitsergebnisse und -systeme verbessern wird, wenngleich es altersbedingte Unterschiede gibt.

Empfehlungen

- Weitere Überarbeitung der Rechtsvorschriften und der politischen Strategie.
- Entwicklung von Leitlinien für den Zugang zu Gesundheitsdaten für die Sekundärnutzung, welche die Entwicklung von KI unterstützen, die Bürger:innen schützen und die Datenschutzrechte respektieren.
- Festlegung einer Strategie und eines Rahmens für die Governance und Interoperabilität von Gesundheitsdaten mit Rechenschaftspflicht, einer Roadmap, Messungen, finanziellen Hebeln und Aufsicht.
- Einbeziehung der Öffentlichkeit und der Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen in die Entwicklung von KI-Lösungen, die Konzeption von Kontrollen und Aufsichtsmechanismen, um für Vertrauen zu sorgen.

Deutschlands Weg zu einem Gesundheitswesen für das digitale Zeitalter

Deutschland treibt sein digitales Gesundheitsökosystem voran und konzentriert sich dabei auf eine patientenorientierte Versorgung und die wirksame Nutzung von KI für Verbesserungen im Klinik-, Verwaltungs- und Forschungsbereich. Die Strategie der Bundesregierung umfasst umfangreiche Finanzmittel für verschiedene gesundheitsbezogene KI-Projekte und Gesetze zur Verbesserung der Datenverfügbarkeit und -nutzung. Diese Anstrengungen zielen darauf ab, die Gesundheitsergebnisse, die Effizienz des Systems und die Innovationen zu verbessern, indem der europäische Raum für Gesundheitsdaten im Hinblick auf eine bessere grenzüberschreitende Datenzusammenarbeit harmonisiert wird.

Deutschland, ein OECD-Land mit überdurchschnittlichen Gesundheitsausgaben (OECD, 2022[2]), hat bei der Digitalisierung im Gesundheitswesen erhebliche Fortschritte gemacht. Fast ein Viertel (23 %) aller Einwohner nutzte auf dem Höhepunkt der COVID-19-Pandemie Telekonsultation, weit unter dem Durchschnitt von 39 % in den 27 Mitgliedstaaten der EU (OECD/EU, 2022[3]). Deutschland räumt ein, dass es bei seinen Bemühungen um einen digitalen Wandel hinterherhinkt. Im OECD-Bericht über die Empfehlung zur Gesundheitsdaten-Governance von 2022 belegte Deutschland unter den 23 befragten OECD-Ländern den 18. Platz bei Datensatz-Governance und unter diesen Ländern den letzten (23.) Platz bei Datenverknüpfung (OECD, 2016[4]). Wie auf einer Konferenz im Juni 2023 berichtet, ist Deutschland seit dem ersten Januar 2024 das 18. Land in Europa, das landesweit das E-Rezept eingeführt hat. Deutschland beginnt später als viele andere vergleichbare europäische Länder mit den Vorbereitungen für den europäischen Raum für Gesundheitsdaten (EHDS) zur Vereinfachung der grenzüberschreitenden Datenzusammenarbeit und zur Verbesserung der Übertragbarkeit persönlicher Gesundheitsakten.

Deutschland hat in diesen Bereichen proaktive Maßnahmen ergriffen. Auf der Basis eines breit angelegten Prozesses der Konsultation von Interessenträger:innen (500 Akteur:innen) hat das Bundesgesundheitsministerium 2023 eine Digitalisierungsstrategie für das Gesundheitswesen entwickelt (BMG, 2023[5]). Die Strategie zielt darauf ab, ein menschenzentriertes und lernendes digitales Gesundheitsökosystem zum Wohle der Patient:innen zu fördern (Gerlach et al., 2021[6]).

Deutschland ist ein internationaler Vorreiter bei der strukturierten Bewertung und der Erstattung der Kosten patientenorientierter digitaler Gesundheitsanwendungen (DiGA). Das Verfahren zur Bewertung der Erstattungsfähigkeit ist entwicklungsoffen, auch im Hinblick auf KI-basierte Anwendungen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert Forschung und Innovation in diesem Bereich über eine Reihe von Finanzierungsmöglichkeiten:

- Medizininformatik-Initiative;
- digitale Hubs in den Bereichen Forschung und Gesundheit;
- Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI);
- Finanzierungslinie *Computational Life Sciences*;
- Finanzierungslinie Modellierungsnetz für schwere Infektionskrankheiten;
- Finanzierungslinie Datenanalyse und Datenteilen in der Krebsforschung.

Neben dem Ausbau der Digitalisierung zur verbesserten gemeinsamen Datennutzung und individuellen Befähigung verfolgt die Bundesregierung parallel das Ziel der Förderung des Einsatzes von KI. Zu diesem Zweck hat die Bundesregierung 2018 eine Strategie für den Einsatz von KI entwickelt, um „den exzellenten Forschungsstandort Deutschland zu sichern, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft auszubauen und die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von KI in allen Bereichen der Gesellschaft [...] [zu] fördern“ (Die Bundesregierung, 2018[7]).

KI in einem digitalisierten Gesundheitssystem – verantwortungsvoll entwickelt und eingesetzt – schafft die Voraussetzungen für eine Verbesserung der klinischen Versorgung, der Effizienz des

Gesundheitssystems, des Schutzes vor Notfällen im Bereich der öffentlichen Gesundheit, der medizinischen Forschung und aufkeimender Innovationen. KI im Gesundheitswesen kann auf Biomedizin (Präzisionsmedizin, Arzneimittelforschung, Suche nach den geeigneten Personen für klinische Studien, Vorhersage und Prävention), Verwaltung (Terminplanung, Abrechnung, Codierung, Verwaltung von Arbeitsabläufen und Zahlungen) und klinische Praxis (klinische Prüfungen, diagnostische bildgebende Interpretation für Radiologie, ferngesteuerte Roboterchirurgie, Entwicklung personalisierter Behandlungspläne) angewendet werden (Oliveira Hashiguchi, Slawomirski and Oderkirk, 2021[8]). Deutschland verfolgt aktiv mehrere Projekte zur Steigerung der KI-Nutzung in der Medizin, auch in der Radiologie, um die Strahlenbelastung zu verringern (Nensa, Demircioglu and Rischpler, 2019[9]) , und unterstützt der Entwicklung und Einführung von Gesundheitsanwendungen (Lantzsch et al., 2022[10]). Zwischen 2020 und 2025 förderte und fördert das Bundesgesundheitsministerium insgesamt 38 Projekte. Diese Projekte unterstreichen das breite Spektrum möglicher Anwendungen von KI im Gesundheitswesen und zeigen, wie innovative Technologien zur Weiterentwicklung von Forschung und Patientenversorgung eingesetzt werden können.

Um die bessere Nutzung von Gesundheitsdaten in Deutschland, auch bei KI-Anwendungen, zu beschleunigen, plant die Bundesregierung gesetzgeberische Maßnahmen zur Verbesserung des Gesundheitsdaten-Ökosystems:

- Das Gesundheitsdatennutzungsgesetz (GDNG) soll die gemeinsame Nutzung von Gesundheitsdaten fördern, indem die Grundlage für eine bessere Verfügbarkeit von Gesundheitsdaten geschaffen und der Weg für den europäischen Raum für Gesundheitsdaten (EHDS) geebnet wird.
- Ein weiteres wichtiges Gesetz wird das Registergesetz sein, für das der erste offizielle Entwurf im ersten Halbjahr 2024 erwartet wird. Ziel ist es, die medizinischen Register zu stärken und zu regulieren sowie durch die Einrichtung eines Zentrums für medizinische Register die Transparenz zu erhöhen. Das Zentrum würde ein Registerverzeichnis führen, das einen Überblick über die Stamm- und Prozessdaten dieser Register bietet. Ziel des Gesetzes ist es, Behandlungsüberprüfungen, Forschung und Pflege zu fördern, indem die Nutzbarkeit und Zugänglichkeit von Daten für Forschung und Pflege verbessert und medizinische Register zur Entwicklung von Qualität und Nutzen unterstützt werden.

Nach ihrer Umsetzung werden diese Maßnahmen gemeinsam dazu beitragen, die Zugänglichkeit und Vernetzbarkeit von Daten in Deutschland (und europaweit über den EHDS) zu verbessern. Dies wird zum Teil mit dem Forschungsdatenzentrum Gesundheit erreicht. Die bessere Nutzung von Gesundheitsdaten wird dazu beitragen, die Gesundheitsergebnisse für den Einzelnen zu verbessern, Erkenntnisse auf der Ebene des Gesundheitssystems für die Gesundheit und Sicherheit der Bevölkerung zu ermöglichen, die Bereitschaft für Notfälle im Bereich der öffentlichen Gesundheit zu fördern sowie Forschung und Innovation im Hinblick auf langfristige systemische Verbesserungen voranzutreiben.

Das übergeordnete Ziel besteht darin, den Patient:innen die höchste Versorgungsqualität zu bieten, einschließlich neuer, innovativer Anwendungen der Medizintechnik. Um dieses Ziel zu erreichen, ist bestmögliches Wissen aus der medizinischen Forschung erforderlich, die in der modernen Medizin den Einsatz von KI umfasst.

Perspektive der Öffentlichkeit und der Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen

In Deutschland ist die Einstellung zum Potenzial von KI im Gesundheitswesen optimistisch. Viele erkennen ihre Vorteile bei der Diagnose und Erkennung von Krankheiten, wenn sie unter menschlicher Aufsicht erfolgt. Trotz mancher Befürchtungen liegt die Betonung auf der Notwendigkeit inklusiver digitaler

Kompetenz, um eine Spaltung zu verhindern. Mitarbeiter:innen im Gesundheitswesen betrachten KI als Ergänzungsinstrument und nicht als Ersatz und setzen sich für ihre Anwendung bei administrativen Aufgaben ein, um die Effizienz und die Erfahrungen der Patient:innen zu verbessern. Gleichzeitig betonen sie einen vorsichtigen Ansatz bei der KI-Einführung, der auf Vertrauen und Wertschätzung gründet.

In mehreren aktuellen Umfragen wurden die Meinungen der Europäer:innen, einschließlich der in Deutschland lebenden Menschen, zur KI erhoben (siehe Kapitel 6). In diesem Zusammenhang ist der Optimismus der in Deutschland lebenden Menschen für den Einsatz von KI im Gesundheitswesen größer als bei anderen KI-Anwendungen, da 80 % der Befragten glauben, dass es gute oder ausgewogene Möglichkeiten für den Einsatz von KI zur Krankheitserkennung gibt (bidt, 2023[11]). 85 % glauben, dass KI Vorteile bei der Diagnose bringen würde, wobei eine große Mehrheit eine:n menschliche:n Vermittler:in zwischen der KI und dem:der Patient:in bevorzugt. Diese Vorteile wurden als die nutzbringendsten Chancen von KI angesehen. Der Bericht (bidt, 2023[11]) enthält eine Warnung: „Im Ländervergleich liegt bei der Bevölkerung in Deutschland eine relativ große digitale Kluft vor." Menschen mit eingeschränkter digitaler Kompetenz verfügen über geringe digitale Fähigkeiten und sind daher dem Risiko ausgesetzt, abgehängt zu werden. Damit Deutschland international mit der Digitalisierung Schritt halten kann und aus wirtschaftlicher und sozialer Sicht nicht ins Hintertreffen gerät, müssen die Rückstände in den identifizierten Problembereichen schnellstmöglich aufgeholt und bestehende Kompetenzunterschiede in der Bevölkerung minimiert werden.

Eine zweite Umfrage zeigte eine ähnlich positive Einstellung zur KI in der Öffentlichkeit: 81 % sehen KI als Chance, 70 % sind der Ansicht, dass Ärzt:innen durch KI unterstützt werden sollten, und 87 % erkennen die Notwendigkeit einer Regulierung an. Es ist auch wichtig zu beachten, dass 23 % Angst vor KI haben, obwohl in der Umfrage nicht näher darauf eingegangen wurde (Wintergerst, 2023[12]).

Zum breiteren Thema der Digitalisierung haben einige Gruppen die Forderungen nach Privatsphäre und Sicherheit in der Öffentlichkeit vielleicht überbetont. In der Praxis haben sich die Patient:innen wiederholt positiv zur digitalen Infrastruktur geäußert (Schmitt, Haarmann and Shaikh, 2022[13]) (Heidel and Hagist, 2020[14]). Die gleiche Einstellung, nämlich der Akzeptanz gegenüber der Digitalisierung, findet sich auch bei Leistungserbringer:innen.

Gespräche mit Mitarbeiter:innen im Gesundheitswesen zeigten deren Pragmatismus, dass es unwahrscheinlich ist, dass ihre Jobs durch Fortschritte im Bereich der KI ersetzt werden. Dennoch herrscht die Ansicht vor, dass digitale Tools, die über ein breiteres Netzwerk von Gesundheitsorganisationen miteinander verbunden sind, nur langsam eingeführt werden. Zu den Gründen für die langsame Einführung gehören (a) mangelndes Vertrauen aufgrund früher Fehler bei der Implementierung digitaler Tools; (b) Bedenken über einen Verlust der Autonomie in der Rolle als Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen aufgrund digitaler Tools und (c) Ärzt:innen, die keinen Wert darin sehen, ihre Zeit zu investieren, um bessere Ergebnisse für Leistungserbringer:innen und ihre Patient:innen zu erzielen.

Diesbezüglich wurde in Interviews angemerkt, dass wichtige Bereiche für die Implementierung von KI Funktionen umfassen würden, die den Arbeitsaufwand für Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen reduzieren und die Patientenerfahrung verbessern (z. B. Terminvereinbarung, klinische Dokumentation und Rechnungsstellung), um die Einführung von KI im klinischen Umfeld zu verbessern. Diese hätten auch den Vorteil, dass sie weniger risikobehaftete KI-Anwendungen darstellen, da die klinischen Ergebnisse nicht direkt beeinflusst werden. Dies würde eine Verlagerung des Schwerpunkts von den führenden Entscheidungsträger:innen, Geldgeber:innen und Innovator:innen erfordern, deren offenkundiger Schwerpunkt auf fortschrittlicher klinischer Betreuung einschließlich Diagnostik, Robotik oder Genomik liegt.

Hindernisse für die Einführung von KI im deutschen Gesundheitswesen

Deutschlands Ansatz zur Integration von KI in das Gesundheitswesen steht vor Herausforderungen, darunter die vorsichtige Auslegung von Datenschutzgesetzen und fragmentierte Gesundheitsdatensysteme. Während Initiativen wie das Gesundheitsdatennutzungsgesetz darauf abzielen, die Datenverfügbarkeit zu verbessern, erschweren praktische Probleme wie Datensilos und unterschiedliche Ländergesetze die gemeinsame Nutzung von Daten und die Entwicklung von KI. Um KI vollständig einsetzen zu können, muss Deutschland den Datenschutz gegen die Notwendigkeit abwägen, Gesundheitsdaten zur Verbesserung der Pflege und zur Verbesserung der Dateninteroperabilität und des öffentlichen Vertrauens in KI-Lösungen zu nutzen.

Am Beginn der Entwicklung in Richtung des Einsatzes von KI im Gesundheitswesen steht Deutschland vor mehreren Hindernissen in Bezug auf die Nutzung des Potenzials von Gesundheitsdaten und KI. Die oben genannten Gesetze (GDNG, Registergesetz) werden zwar helfen, doch sind weitere Anstrengungen erforderlich, um seit Langem bestehende Hindernisse zu ermitteln und zu beseitigen, die die Entwicklung und Nutzung von KI im Gesundheitswesen verhindern. Insbesondere wird der Fortschritt der KI im Gesundheitsbereich durch Faktoren behindert, die eine Herausforderung für die Fähigkeit zur Skalierung von Innovationen in Gesundheitseinrichtungen darstellen. Die Skalierung der KI ist abhängig von (1) einem gesicherten Datenzugriff, (2) der Dateninteroperabilität, (3) dem Vertrauen der betroffenen Akteur:innen – insbesondere der Leistungserbringer:innen und der Öffentlichkeit – und (4) ausreichender Personal- und Rechenkapazität, um KI-Lösungen zu entwickeln, bereitzustellen, zu betreiben und aufrechtzuerhalten.

Vorsichtige Auslegung der Datenschutzvorschriften

Die Rechtsvorschriften zum Datenschutz und zur Datensicherheit sollen den Schutz der Patientendaten gewährleisten. Grundlage dieser Rechtsvorschriften sind die Vorschriften der Europäischen Union (EU) wie die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) und das in der deutschen Verfassung verankerte Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung. Deutschland hat Bundesgesetze zum Datenschutz ausgearbeitet und aktualisiert diese gerade. Darüber hinaus haben die 16 Bundesländer länderspezifische Gesetze zu Gesundheitsdaten erarbeitet (Schmitt, 2023[15]). Im Allgemeinen enthalten diese Rechtsvorschriften Leitlinien für den Zugang zu und die Nutzung von Gesundheitsdaten, einschließlich der erforderlichen Kontrollen und Verpflichtungen seitens der Inhaber:innen, Vermittler:innen und Nutzer:innen von Daten.

Das aktuelle Gleichgewicht zwischen der Ermöglichung der positiven Ziele der Gesundheitsdatenforschung und der Vermeidung der damit verbundenen Datenschutzrisiken ist Berichten zufolge in Richtung Risikovermeidung verschoben. Dies erschwert die Erreichung der Ziele der Gesundheitsdatenforschung und anderer sekundärer Datennutzungen extrem. Dies ist wichtig, weil „allgemein anerkannt wird, dass es eine ethische Verpflichtung gibt, Gesundheitsdaten zur Verbesserung der Pflege zu nutzen“ (McLennan et al., 2022[16]). Die aktuellen Auslegungen der Datenschutzvorschriften schaffen zudem einen problematischen Konflikt mit Deutschlands Führungsambitionen im Bereich der KI (McLennan et al., 2022[16]).

Dies führt dazu, dass gesundheitsbezogene Datensätze in Deutschland oft in isolierten Strukturen, sogenannten Datensilos, verbleiben und somit für eine Sekundärnutzung nicht zur Verfügung stehen. Daher kann der Zugang zu umfassenden Gesundheitsdaten schwieriger sein als in anderen Ländern. Diese Herausforderung steht im Zusammenhang mit vorsichtigen Auslegungen der Datenschutz- und Sicherheitsbestimmungen (anekdotisch mit historisch begründeten Bedenken über Datenmissbrauch, der Schaden anrichtet, verbunden), einer Vielzahl an Vorschriften und Entscheidungsträger:innen in Bezug auf Datenschutz und Zugriff in den Bundesländern und einem Mangel an kohärenten technischen Standards. Während Gesetze wie das GDNG und das Digi-G – zusammen mit den Aktivitäten zur Beteiligung am EHDS – auf gute Fortschritte hindeuten, ist es wichtig, sich mit den Menschen

auszutauschen, damit ihre Handlungen die mit den Gesetzen und dem EHDS beabsichtigten Ergebnisse hervorbringen.

Vorschriften sind im Gesundheitswesen sind besonders wichtig, weil es bei der Gesundheitsversorgung um hochsensible Daten geht, deren missbräuchliche Verwendung schwerwiegende negative Folgen haben kann. Beispielsweise können Datenschutzverletzungen, die durch die Weitergabe von Daten verursacht werden, unter anderem emotionalen Schaden und finanzielle Auswirkungen nach sich ziehen. Umgekehrt kann die Nichtweitergabe von Daten eine schlechte Qualität der Gesundheitsversorgung, sich überschneidende Gesundheitsdienstleistungen und systemische Ungleichheiten im Bereich der Gesundheit zur Folge haben. Bei Entscheidungen über Datenzugriff und -nutzung sollten beide Perspektiven berücksichtigt werden, um Schäden zu minimieren und die Gesundheitsergebnisse zu optimieren. Dies ist besonders wichtig im Bereich der KI, da ein zeitnaher Zugang zu hochwertigen repräsentativen Daten für ihre Wirksamkeit unerlässlich ist (Kasten 10.2).

Zwar enthalten die Rechtsvorschriften Bestimmungen, die die Zugänglichkeit von Daten in Szenarien für das Gemeinwohl ermöglichen. Doch es ist nicht definiert, was eine gemeinwohlorientierte Nutzung darstellt, auch nicht in Leitlinien. Die Ungewissheit darüber, was das Gemeinwohl ausmacht, führt häufig zu vorsichtigen Entscheidungen. Dies hat zur Folge, dass Anfragen entweder abgelehnt werden oder ihnen mit einem hohen Grad an Datenaggregation entsprochen wird, wodurch die Daten für Sekundärnutzung und KI-Anwendungen unbrauchbar werden.

Kasten 10.2. KI-Diagnostik und die Bedeutung von Trainingsdaten

In der Welt der KI-Diagnostik stellen die Unmöglichkeit der Skalierung sowie Ungenauigkeiten über verschiedene Bevölkerungsgruppen hinweg aufgrund des fehlenden Zugriffs auf umfassende Datensätze häufige Nachteile dar. Darüber hinaus erfordert das Training von KI-Anwendungen umfangreiche Patientendatensätze. Doch die Verwendung solcher Daten kann unbeabsichtigt zu Verzerrungen führen, wodurch die Ergebnisse auf bestimmte Bevölkerungsuntergruppen weniger übertragbar werden. Dies führt zu Bedenken hinsichtlich ihrer Angemessenheit. Ein Beispiel: Bei Frauen mit Brustkrebs war die Wahrscheinlichkeit, dass schwarze Frauen auf Hochrisiko-Keimbahnmutationen getestet wurden, im Vergleich zu weißen Frauen geringer, obwohl sie ein ähnliches Risiko für solche Mutationen tragen. Daher schätzt ein KI-Algorithmus, der von genetischen Testergebnissen abhängt, das Brustkrebsrisiko bei schwarzen Patientinnen mit größerer Wahrscheinlichkeit falsch ein als bei weißen Patientinnen (Parikh, Teeple and Navathe, 2019[17]).

Ein weiteres häufig genanntes Beispiel, um das Problem zu verdeutlichen, ist das KI-System „*Watson for Oncology*“, bei dem es mangels Trainingsdaten zu einer Abnahme der Genauigkeit kam (O'Leary, 2022[18]).

Ein von Google DeepMind produziertes KI-Tool zeigte vielversprechende Ergebnisse bei der frühzeitigen Vorhersage einer akuten Nierenverletzung. Das KI-System wurde mit Daten von 703.782 erwachsenen Patient:innen des Kriegsveteranenministeriums der USA trainiert. Das Datenmaterial enthielt jedoch mehrheitlich männliche Patient:innen (94 %), was andere Forscher:innen an der Repräsentativität und damit der Generalisierbarkeit und Genauigkeit der Vorhersagen in Bezug auf andere Populationen zweifeln lässt. Cao u. a. (2022[19]) bewerteten die Leistung des Modells unter Verwendung der weiblichen Veteranenpopulation und stellten fest, dass das Modell bei Frauen schlechtere Leistung zeigte als bei Männern (Cao et al., 2022[19]). Diese Ergebnisse zeigen, dass es zwingend erforderlich ist, die KI-Systeme mit hochwertigen, interoperablen und vielfältigen Daten zu trainieren, um genaue und sensible Modelle zu erstellen, die auf verschiedene Populationspanels angewendet werden können. Dadurch wird eine zuverlässige Risikostratifizierung für die Menschen beschleunigt.

Der zeitnahe Zugang zu hochwertigen Daten ist der Katalysator für die Entwicklung und Skalierung genauer KI-Systeme und -Modelle. Bemerkenswert ist, dass das BMBF interdisziplinäre Projekte fördert, die neue Ansätze für die Datenanalyse und den Datenaustausch in der Krebsforschung entwickeln. Dazu gehört auch die Entwicklung von Trainingsdatensätzen, die der breiteren Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellt werden sollen.

Quelle: Parikh, R., S. Teeple and A. Navathe (2019[17]) , "Addressing bias in artificial intelligence in health care", https://doi.org/10.1001/jama.2019.18058; O'Leary, L. (2022[18]), "How IBM's Watson went from the future of health care to sold off for parts", https://slate.com/technology/2022/01/ibm-watson-health-failure-artificial-intelligence.html (zugegriffen am 7 November 2023); Cao, J. et al. (2022[19]), "Generalizability of an acute kidney injury prediction model across health systems", https://doi.org/10.1038/s42256-022-00563-8.

Wenn dieses Hindernis nicht beseitigt wird, könnte es als unethisch angesehen werden, erhebliche Beträge öffentlicher Mittel in die KI-Entwicklung zu investieren und gleichzeitig den Datenzugriff durch strenge Datenschutzmaßnahmen zu beschränken, da dies eine ineffiziente Nutzung öffentlicher Ressourcen darstellt. Die KI-Revolution im Gesundheitswesen kann ihr volles Potenzial nur dann entfalten, wenn in einem transparenten Prozess die Werte, die nationalen Strategien zur Daten-Governance zugrunde liegen, und ihre Auswirkungen auf die KI-Entwicklung sowie die Prioritäten entsprechend festgelegt werden (Bak et al., 2022[20]).

Fragmentierte Dateninteroperabilität ohne schützende und leitende Vorgaben für Fortschritt

Unterschiede in der Datenerhebung und den Datenstandards zwischen den Akteur:innen und über die Bundesländer hinweg erschweren die Entwicklung von KI-Lösungen und deren Integration in das deutsche Gesundheitssystem. Aus Sicht der Forscher:innen führen fragmentierte Entscheidungsstrukturen zu Verwaltungslasten, die die Effektivität und Produktivität der Ressourcen durch erhöhten Zeitaufwand für die Datenerfassung, die Bewertung der Datenqualität und das Datenmanagement zur Normalisierung der Daten für die Verwendung in KI-Systemen verringern.

Ohne klare Rechenschaftspflicht sowie schützende und leitende Vorgaben entwickeln einzelne Gesundheitsorganisationen (oder Bundesländer) ihre eigenen Standards, um die Umsetzung ihrer Projekte zu erreichen, ohne den Beitrag des Projekts zum breiteren Gesundheitsökosystem zu berücksichtigen. Diese mangelnde Interoperabilität kann in mehrfacher Hinsicht zu Ineffizienz und Schäden führen. Patient:innen und Leistungserbringer:innen können Schwierigkeiten haben, die Informationen zu erhalten, die sie benötigen, um Menschen, die von mehreren Gesundheitseinrichtungen versorgt werden, eine qualitativ hochwertige Versorgung zu bieten. Dies hat zur Folge, dass zu viele Tests durchgeführt werden, Patient:innen mit versäumten Diagnosen durch das Raster fallen oder geschädigt werden, wenn potenzielle Arzneimittelwechselwirkungen übersehen werden. Forscher:innen und Innovator:innen müssen Zeit investieren, um Daten zu erfassen und zu bereinigen, damit sie für ihre Zwecke nützlich sind. Fachkräfte im öffentlichen Gesundheitswesen sind nicht in der Lage, schnell und präzise auf Notfälle im Bereich der öffentlichen Gesundheit zu reagieren. Die Gesundheitsministerien der Länder und des Bundes sind gefordert, zeitnahe evidenzbasierte Entscheidungen zu treffen und die Wirksamkeit der Gesundheitspolitik zu überwachen.

Die Messung der organisationsübergreifenden Interoperabilität – sowohl aus der Perspektive des Datenaustauschs als auch der politischen Umgebung – kann Aufschluss darüber geben, wo Gesamtprozesse zu lange dauern oder zu viel kosten. Ohne einen auf Interoperabilität gerichteten Politik-, Daten- und Technikansatz kann der Prozess des Datenzugriffs weit über den notwendigen Zeitrahmen und die angemessenen Kosten hinausgehen. Diese mangelnde Interoperabilität von Politik und Daten behinderte Innovationen, da auch andere mit ähnlichen Herausforderungen konfrontiert waren (Kasten 10.3).

In Deutschland werden Fortschritte erzielt. Das BMBF fördert mit der Medizininformatik-Initiative den interoperablen Datenaustausch für die medizinische Forschung. Ziel ist es, eine gemeinsame Dateninfrastruktur für alle Universitätskliniken aufzubauen.

Kasten 10.3. Inkrementelle Politik- und Datenentwicklung kann zu Mehrkosten und erhöhtem Zeitaufwand führen

Gesundheitsinnovationen sind ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor. Fragmentierte politische Maßnahmen, die ohne Rücksicht auf die allgemeinen Ziele der Gesundheitssysteme konzipiert werden, können Innovationen verhindern oder beeinträchtigen.

Im Jahr 2018 stellte die kanadische Provinz Ontario fest, dass die Innovation trotz ihres weltweit führenden Rufs und ihrer umfangreichen Gesundheitsdatenbestände ins Stocken geraten war. Innovator:innen beklagten, dass ihnen der Zugang zu Gesundheitsdaten von Patient:innen verwehrt war, obwohl sie die ausdrückliche Zustimmung der Patient:innen erhalten hatten, die von ihrer Innovation profitieren wollten. Eine Taskforce untersuchte das Problem und fand heraus, dass der Gesamtprozess zur Gewährung des Datenzugriffs komplex, ineffizient und für die Förderung von Innovationen und besseren persönlichen Gesundheitsergebnissen unwirksam war.

Über viele Jahre hinweg haben organisatorische, personelle und Prioritätsänderungen zu einem ‚Prozessungetüm' für die Gewährung des Zugangs zu Gesundheitsdaten für Innovation geführt. Ein Team bildete den Prozess ab, einschließlich der zu befolgenden Verfahren (z. B. Datenschutz-Folgenabschätzungen und -Risikobewertungen), der Stellen, an denen Übergaben zwischen Organisationen stattfanden, und der geschätzten Dauer jedes Schritts.

Die Analyse ergab, dass sich der Prozess auf zehn verschiedene Genehmigungen in mehr als fünfzig Verfahrensschritten bei drei verschiedenen juristischen Personen ausgeweitet hatte. Insgesamt bedurfte es über die Organisationen hinweg vierzig verschiedener Übergaben, damit der Datenzugriffsprozess von Anfang bis Ende funktionierte. Bei Betrachtung der durchschnittlichen Zeit für jeden Schritt wurde festgestellt, dass ein:e Innovator:in mindestens 18 Monate benötigen und es sie oder ihn 50.000 CDN kosten würde, um Zugang zu einem Datenbestand zu erhalten.

Der Gesamtprozess hatte sich in einzelnen Teilen entwickelt, wobei jede Organisation sicherstellte, dass ihre lokalen Risiken angemessen und vollständig gemindert wurden. Diese Organisationen hatten zwar die Absicht, potenzielle Schäden durch Datenschutz- und Sicherheitsrisiken zu mindern, sie führten aber zu tatsächlichen Schäden, wenn Patient:innen aufgrund mangelnder Kohärenz über den gesamten Prozess hinweg keinen Nutzen aus Innovationen ziehen konnten. Der Gesamtprozess hatte sich in einer Weise entwickelt, die für jede einzelne Organisation sinnvoll war, aber das übergeordnete Ziel, nämlich Verbesserung der Gesundheitsergebnisse, verfehlte.

Das Team gestaltete den Prozess so um, dass Datenschutz- und Sicherheitsrisiken immer noch gemindert werden, minimierte jedoch organisationsübergreifende Übergaben und nutzte bewusst kollektive Stärken und Kontrollen. Mit dem neu gestalteten Prozess dauerte es weniger als drei Monate, bis der Zugang gewährt wurde. Der neue Prozess bot dasselbe Maß an Datenschutz- und Sicherheitskontrolle und brachte gleichzeitig Innovationen und den Nutzen für die Patient:innen voran.

Die Umsetzung von KI wird komplexer sein und eine größere Anzahl von Organisationen einbeziehen, von denen jede ihren eigenen Ansatz zum Zugang und Datenschutz haben wird. Bei der Konzeption von KI-Lösungen, die mehrere Organisationen einbeziehen, ist es wichtig, zusammenzuarbeiten, um sich weiterhin auf das Erreichen gemeinsamer Ziele zu konzentrieren und gleichzeitig lokale Risiken zu mindern.

Mangelnde Einbeziehung der Öffentlichkeit und der Leistungserbringer:innen bei der Entwicklung von KI-Lösungen

Bei vielen Menschen verfestigt sich der Eindruck, dass Regierungen als verantwortliche Datenmanagerin nicht vertrauenswürdig sind. Dies behindert den Fortschritt von KI-Projekten für die Gesundheit. Die Wiederherstellung des Vertrauens und die Zusammenarbeit im Hinblick auf das gemeinsame Ziel der Bereitstellung einer qualitativ hochwertigen Gesundheitsversorgung erfordern Transparenz und Engagement in jeder Phase des Entwurfs, der Entwicklung, der Umsetzung und der Nachhaltigkeit der KI-Lösung. Dies ist auch notwendig, um die inhärente Angst zu überwinden, die 23 % der Bevölkerung gegenüber KI empfinden.

Wenn das Vertrauen der Öffentlichkeit in die Nutzung von KI-Lösungen außer Acht gelassen wird, besteht das Risiko, dass viele Menschen in Deutschland sich gegen eine Nutzung ihrer Daten für legitime öffentliche Zwecke, wie die Verbesserung der Patientensicherheit oder die Vorbereitung auf zukünftige Notfälle im Bereich der öffentlichen Gesundheit, entscheiden. Ohne Daten, die repräsentativ für die Bevölkerung sind, verbreiten KI-Lösungen voreingenommene Sichtweisen, sind möglicherweise unwirksam und könnten im Extremfall Schaden anrichten.

Darüber hinaus kann die Nichtbeachtung der Perspektive der Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen auch zu nachteiligen Ergebnissen führen. Die Leistungserbringer:innen sind für viele das „Gesicht“ des Gesundheitssystems und die Personen, denen die Patient:innen vertrauen, um ihnen in Zeiten der Not zu helfen. Die Leistungserbringer:innen können sich der Verwendung neuer Instrumente widersetzen, weil sie nicht in ihre Konzipierung einbezogen waren und dadurch die Sorge haben, dass das neue Instrument zu zusätzlichem Verwaltungsaufwand führt, ihr fachliches Urteilsvermögen infrage stellt oder sie ihre Autonomie verlieren lässt, während sie weiterhin für die Bereitstellung einer hochwertigen Gesundheitsversorgung verantwortlich sind.

Die Verordnung der Europäischen Union zu Künstlicher Intelligenz („KI-Verordnung der EU“) (EU, 2024[21]) legt gemeinsame Leitlinien für die Entwicklung, Implementierung und Wartung von KI-Lösungen fest. Die Grundsätze dieses Gesetzes werden von den EU-Mitgliedstaaten operationalisiert und für KI im Gesundheitsbereich kontextualisiert.

Kasten 10.4. KI hilft zu verhindern, dass Patienten durch die Maschen des Systems fallen

Im Gesundheitswesen werden täglich große Datenmengen generiert und in lokalen elektronischen Gesundheitsdatensätzen gespeichert. Diese wichtigen Informationen, die für die Verbesserung der Gesundheitsergebnisse unerlässlich sind, liegen in den verschiedenen Systemen für die Verwaltung von elektronischen Gesundheitsdatensätzen in vielfältigen, nicht einheitlichen Formaten vor. Wenn Patient:innen die Gesundheitsleistung von einer einzigen Einrichtung erhalten, hat dies nur begrenzte Auswirkungen; wenn die Gesundheitsleistung jedoch von mehreren Ärzt:innen und Einrichtungen erbracht wird, können die Auswirkungen erheblich sein. Wenn Klinikärzt:innen eine Vielzahl von elektronischen Gesundheitsdatensätzen manuell durchsuchen müssen, bedeutet dies Ineffizienz, doch der wahre Schaden liegt im potenziell fehlenden Zugang zu diesen Daten und stellt ein Risiko für das Wohlergehen der Patient:innen dar. Diese Herausforderung erstreckt sich über das gesamte Spektrum des Gesundheitswesens und betrifft Einzelpersonen von führenden Forscher:innen und renommierten Ärzt:innen bis hin zu globalen Pharmaunternehmen. Diese Herausforderung wird durch die elektronische Patientenakte (ePA) angegangen, die in Kürze automatisch allen gesetzlich Krankenversicherten zur Verfügung gestellt wird, sofern sie sich nicht dagegen entscheiden. Die Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen übertragen Daten aus ihrer lokalen Patientenakte in die ePA des:der Patient:in, damit andere Ärzt:innen und Einrichtungen darauf zugreifen können (sofern sich der Patient nicht dagegen entscheidet). In der ePA sollen die Daten nach einheitlichen Standards

strukturiert dokumentiert werden und interoperabel sein. Wenn dies der Fall ist, können mögliche zukünftige Filter- und Suchfunktionen Ärzt:innen bei der Analyse der Daten unterstützen. Darüber hinaus kann KI Ärzt:innen auch dabei helfen, die Fülle der im ePA gespeicherten Daten aus medizinischer Sicht zu prüfen.

KI-Systeme sind in der Lage, den Wert von Millionen von klinischen Datenpunkten, die in komplexen Textdokumenten eingebettet sind, automatisch und nahtlos zu erschließen. KI-gestützte Tools gewährleisten die Zugänglichkeit und die aktive Nutzung wichtiger Erkenntnisse und verhindern so, dass Patient:innen bei der herkömmlichen Datenverarbeitung durch das Raster fallen. Beispielsweise wurden Instrumente zur Extraktion realer Patientendaten eingesetzt, um Behandlungsmuster und -ergebnisse bei Patient:innen mit fortgeschrittenem Lungenkrebs zu untersuchen und Patient:innen zu ermitteln, die von Anpassungen ihres Behandlungsprogramms an bewährte klinische Verfahren profitieren würden.

Zusätzlich zur Verbesserung der Gesundheitsergebnisse können KI-Tools die Suche nach umfassenden Gesundheitsdaten vereinfachen und das Scannen von Datendepots in einem Bruchteil der Zeit erledigen, die Menschen brauchen würden, um festzustellen, wo relevante medizinische Aufzeichnungen zu finden sind. Schätzungen zufolge kann KI Gesundheitsakten in weniger als einer Stunde auf eine Behandlungsmethode durchsuchen, um Patient:innen zu ermitteln, die von einer Behandlungsänderung profitieren würden, während ein:e Erbringer:in von Gesundheitsleistungen mehr als 200 Stunden dafür brauchen würde – eine zeitliche und qualitative Verbesserung.

Diese Anwendung im großen Maßstab zeigt die Entwicklung von Behandlungsmustern und klinischen Kovariaten, die sich auf die realen Patientenergebnisse auswirken.

Quelle: Cheung, W. et al. (2021[22]), "82P Exploring treatment patterns and outcomes of patients with advanced lung cancer (aLC) using artificial intelligence (AI)-extracted data", https://doi.org/10.1016/j.annonc.2021.10.100.

Empfehlungen

Entwicklung von Leitlinien für den Zugang zu Gesundheitsdaten zur Sekundärnutzung, die KI-Entwicklung unterstützen, die Bürger:innen schützen und die Datenschutzrechte respektieren

Die derzeitigen Datenzugangs- und Datenschutzpraktiken müssen aktualisiert werden, um den vernetzten (und exponentiellen) Wert der Daten und die Umsetzung einer verantwortungsvollen KI in Einklang mit dem Daten-Governance-Rechtsakt und der KI-Verordnung der EU zu bringen. Frühere Ansätze zur ausdrücklichen Einwilligung sind in vorhersehbaren, papiergestützten, linearen Prozessen wirksam. Die potenzielle Nutzung von Gesundheitsdaten durch KI ist jedoch breiter angelegt und nur schwer vorherzusagen und erfordert einen modernen Ansatz für die Einwilligung. Ein solcher Ansatz würde Szenarien, in denen Daten niemals verwendet werden dürfen, Szenarien, in denen eine ausdrückliche Einwilligung erforderlich ist, und Szenarien, in denen Daten zum Schutz der Allgemeinheit und des Gemeinwohls weitergegeben werden müssen, definieren, einschließlich Kontrollen und Maßnahmen zum Schutz der Privatsphäre des Einzelnen im jeweiligen Szenario. Dies würde die Nutzung von in der Frühphase des Übergangs zum digitalen Zeitalter erstellten Gesundheitsdaten verbessern, sodass Längsschnitte auf Muster analysiert werden können, die Möglichkeiten zur Prävention, Förderung und Behandlung erkennen.

Festlegung einer Strategie und eines Rahmens für die Governance und Interoperabilität von Gesundheitsdaten mit Rechenschaftspflicht, einer Roadmap, Messungen, finanziellen Hebeln und Aufsicht

Im Rahmen der deutschen Digitalisierungsstrategie für das Gesundheitswesen und die Pflege (BMG, 2023[5]) wird Deutschland zudem die Rechenschaftspflicht für eine (im Rahmen des EHDS erforderliche) Digitale Gesundheitsagentur darlegen, die die Entwicklung und Einführung digitaler Tools unterstützen soll. Darüber hinaus wird die Strategie die Rechenschaftspflicht für die Digitalisierung von Prozessen und die Festlegung von Interoperabilitätsstandards verdeutlichen. Deutschland könnte die Rechenschaftspflicht stärken, indem es bestehende Strukturen neu organisiert. Die Reform des digitalen Gesundheitsraums durch Vereinfachung und Klärung der Zuständigkeiten soll zu einer transparenteren Auslegung der Vorschriften für die Weiterverwendung von Daten beitragen.

Die Arbeit der Gematik und anderer Beteiligter würde von der Entwicklung und Umsetzung einer Strategie profitieren, die Gesundheitsdaten-Governance und -Interoperabilität fördert, einschließlich Leitlinien für den Datenzugang, die Schäden minimieren und Ergebnisse optimieren. Die Strategie würde ein Ziel für die zeitnahe und qualitativ hochwertige Erhebung von Gesundheitsdaten und die Möglichkeit, organisationsübergreifend auf Gesundheitsdaten zuzugreifen, sie zu verknüpfen und zu nutzen, sowie eine Governance, die die Fortschritte bei der Erreichung des Ziels überwacht, festlegen. Diese Strategie könnte sich an den jüngsten Arbeiten Kanadas an einer *Shared Pan-Canadian Interoperability Roadmap* (gemeinsame pankanadische *Roadmap* für Interoperabilität) orientieren (Canada Health Infoway, 2023[23]), zumal Kanada über eine ähnliche föderale Struktur wie Deutschland verfügt. Die Bemühungen um die Interoperabilität in Deutschland sollten auf den europäischen Raum für Gesundheitsdaten und Projekte wie XpandH abgestimmt werden.

Gesundheitsdaten sind der Katalysator für hochwertige Gesundheitsleistungen und Forschung, und die Arbeit an der Interoperabilität ist entscheidend für Deutschlands Bestreben gemäß der Regel „ein:e Patient:in – eine Akte“, die durch die elektronische Patientenakte etabliert wird, die bald automatisch jedem gesetzlich Krankenversicherten in Deutschland zur Verfügung gestellt wird – es sei denn, sie oder er entscheidet sich dagegen. Bis 2025 sollen 80 % der gesetzlich Krankenversicherten in Deutschland über eine elektronische Patientenakte verfügen (BMG, 2023[24]). Dies wird die Dokumentation und die Nutzung von E-Rezepten, Telemedizin und Gesundheitsanwendungen verbessern. Diese wertvollen Datenbestände werden (mit entsprechenden Schutzvorkehrungen) zur Verfügung stehen, um durch KI und andere Sekundärnutzung hochwertige Erkenntnisse zu generieren. Im Rahmen der Strategie sollten finanzielle Anreize die Einführung fördern, indem (a) mit jenen, die sie früh einsetzen, eine Risikoteilung vereinbart wird und (b) jene, sie erst spät einsetzen, bestraft werden, wenn mangelnde Compliance nachweislich Schaden verursacht (schlechte Ergebnisse, Verschwendung usw.).

Die Haftung im Zusammenhang mit dem Einsatz von KI im Gesundheitswesen muss geklärt werden. Auch wenn eine Standardvorgehensweise noch festgelegt werden muss, weist die herrschende Vorgehensweise die Haftung dem:der Erbringer:in der Gesundheitsleistungen zu, und zwar unabhängig davon, ob KI bei deren Bereitstellung genutzt wird. Ein voraussichtliches Ergebnis wäre, dass, sobald die KI-Systeme als vertrauenswürdig eingestuft wurden, der Einsatz von KI in der medizinischen Standardversorgung zur Pflicht würde, während die behandelnden Ärzt:innen die endgültige Entscheidung über die Diagnose und Behandlung hätten.

Einbeziehung der Öffentlichkeit und der Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen in die Entwicklung von KI-Lösungen, die Konzeption von Kontrollen und Aufsichtsmechanismen, um für Vertrauen zu sorgen

Für einen erfolgreichen und nachhaltigen Übergang zu und Einsatz der Technologie müssen die Öffentlichkeit und die Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen KI akzeptieren. Zu diesem Zweck sollten

Interessengruppen – wie Patient:innen oder Pflegepersonal – bezüglich spezifischer Probleme angesprochen und relevante Informationen erhalten.

Die OECD-Empfehlung zur Gesundheitsdaten-Governance (OECD, 2016[4]) empfiehlt Engagement und Mitwirkung, klare Bereitstellung von Informationen und Transparenz bei der Verwaltung von Gesundheitsdaten. Darüber hinaus unterstreichen die OECD und die G20 das Vertrauen in ihre KI-Grundsätze (OECD.AI, 2019[25]).

Förderung der (Um-)Schulung von Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen und Technologieexpert:innen für KI-Entwicklung und -Betrieb

Der Wissensaufbau in der Öffentlichkeit und bei Erbringer:innen von Gesundheitsleistungen über die Nutzung von Gesundheitsdaten und die Methodik der KI ist ein Gegenmittel gegen Misstrauen und negative Reaktionen bei der Implementierung neuer Technologien. Finnland hat das Wissen über KI in der Bevölkerung strategisch erhöht. Damit beabsichtigte Finnland, davon zu profitieren, dass KI von der Öffentlichkeit als gemeinwohlorientiertes Instrument akzeptiert wird (University of Helsinki, 2023[26]). Weitere Initiativen zur Steigerung des öffentlichen KI- und digitalen Wissens sind das australische Ausbildungsmodul für die EPA (Australian Digital Health Agency, 2023[27]) und der norwegischen KI-Kurs (Norwegian Cognitive Center, 2020[28])

Mit diesem Wissen können Interessengruppen den Erfolg von KI im Gesundheitsbereich besser gestalten. Dies hängt mit dem menschlichen Faktor der Akzeptanz und damit Vertrauen als Grundlage für die Unterstützung der Interessenträger:innen bei der Einführung von KI zusammen. Maaßen u a. (2021[29]) befragten Praktiker:innen und fanden heraus, dass die Akzeptanz von KI mit der selbst bewerteten Technikaffinität der Menschen zusammenhängt. Eine angemessene Schlussfolgerung ist, dass die Förderung von Akzeptanz und Vertrauen eine Wissensbasis unter den Beteiligten erfordert, die sich im Zuge des fortschreitenden Einsatzes von KI im Gesundheitswesen in einer erfolgreichen Umsetzung niederschlägt.

Für Praktiker:innen muss die KI-Kompetenz über Akzeptanz hinausgehen. Bei der Integration von KI in Gesundheitssysteme müssen Ärzt:innen über die Kompetenz verfügen, um eine potenzielle Verzerrung eines KI-Modells und suboptimale Vorhersage zu beurteilen. Dies kann schwierig sein, da KI-Modelle oft Outputs liefern, ohne zu beschreiben, wie sie zustande gekommen sind. Dieses Phänomen der fehlenden Erklärbarkeit wird auch als „*Black Box*“ bezeichnet. KI-Systeme zur klinischen Unterstützung im Gesundheitswesen produzieren manchmal falsch positive und negative Ergebnisse, wie z. B. bei der Vorhersage von Sepsis (Goodman, Rodman and Morgan, 2023[30]). Daher ist es für den Erfolg von KI von elementarer Bedeutung, mit Leistungserbringer:innen ins Gespräch zu kommen, um sich auszutauschen und zu lernen, wie man auf KI-Systeme reagiert und sie bewertet. Konsolidierung und Zusammenarbeit bei der Entwicklung und Gestaltung von KI-Systemen sind wichtig für die Benutzerfreundlichkeit und letztlich den Wert von KI im Gesundheitswesen.

Sonstige Erwägungen

Weitere Bereiche, in denen Investitionen in das Gesundheitswesen im Zusammenhang mit KI dazu beitragen könnten, die allgemeine Akzeptanz von KI in Deutschland zu verbessern, werden im Folgenden skizziert.

Erstens ist es notwendig, ausreichende Rechenleistung sicherzustellen, um die Nutzung von KI im Gesundheitsbereich zu entwickeln, umzusetzen und aufrechtzuerhalten. Es gibt zwar Bedenken, ob sichergestellt werden kann, dass KI-Systeme über ausreichende und geeignete Daten verfügen, aber sobald die Daten verfügbar sind, werden die Computersysteme auch bereit sein müssen.

Zweitens sollte Deutschland mit vergleichbaren Ländern zusammenarbeiten, um den Einsatz datenschutzfreundlicher Technologien zu untersuchen (OECD, 2023[31]). Diese Fähigkeiten könnten das Risiko von Datenschutzverletzungen verringern und gleichzeitig die Nutzung von Daten durch KI optimieren. Da in vielen Ländern und Branchen parallel gearbeitet wird, ist es sinnvoll, dies gemeinsam zu tun.

Schließlich sollte Deutschland weiterhin den Einsatz von föderalem Lernen und Technologien wie eines Data Mesh zur Unterstützung der überregionalen Datenzusammenarbeit untersuchen (Rieke et al., 2020[32]), das bereits durch Projekte wie PrivateAIM (PrivateAIM, 2024[33]) und FAIrPaCT gefördert wird (UMG, 2024[34]). Förderales Lernen reduziert Datenschutzrisiken durch Minimierung von Datenkopien und Optimierung der Verwendung von Daten für Analysen, z. B. in der öffentlichen Gesundheit, der Aufsicht über das Gesundheitssystem und der Forschung. Die Priorisierung föderaler Lernmodelle erfordert starke Politik-, Daten- und Technikgrundlagen. Die Weiterentwicklung dieser Grundlagen kann parallel zur Umsetzung föderaler Lernlösungen erfolgen oder auf diese ausgerichtet sein.

Literatur

Australian Digital Health Agency (2023), *Online Learning Portal*, https://training.digitalhealth.gov.au/ (accessed on 27 October 2023). [27]

Bak, M. et al. (2022), "You can't have AI both ways: Balancing health data privacy and access fairly", *Frontiers in Genetics*, Vol. 13, https://doi.org/10.3389/fgene.2022.929453. [20]

bidt (2023), *Autorinnen und Autoren: Das bidt-Digitalbarometer. international*, Bayerisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation, https://doi.org/10.35067/xypq-kn68. [11]

BMG (2023), *Act to Accelerate the Digitalization of the Healthcare System (Digital Act – DigiG)*, Bundesministerium für Gesundheit, https://www.bundesgesundheitsministerium.de/ministerium/gesetze-und-verordnungen/guv-20-lp/digig.html (accessed on 7 November 2023). [24]

BMG (2023), *Digital Together - Germany's Digitalisation Strategy for Health and Care*, Bundesministerium für Gesundheit, https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/D/Digitalisierungsstrategie/Germany_s_Digitalisation_Strategy_for_Health_and_Care.pdf (accessed on 11 December 2023). [5]

Canada Health Infoway (2023), *Shared Pan-Canadian Interoperability Roadmap*, https://www.infoway-inforoute.ca/en/component/edocman/resources/interoperability/6444-connecting-you-to-modern-health-care-shared-pan-canadian-interoperability-roadmap. [23]

Cao, J. et al. (2022), "Generalizability of an acute kidney injury prediction model across health systems", *Nature Machine Intelligence*, Vol. 4/12, pp. 1121-1129, https://doi.org/10.1038/s42256-022-00563-8. [19]

Cheung, W. et al. (2021), "82P Exploring treatment patterns and outcomes of patients with advanced lung cancer (aLC) using artificial intelligence (AI)-extracted data", *Annals of Oncology*, Vol. 32, p. S1407, https://doi.org/10.1016/j.annonc.2021.10.100. [22]

Die Bundesregierung (2018), *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung*, http://www.ki-strategie-deutschland.de (accessed on 11 December 2023). [7]

EU (2024), *Regulation (EU) 2024/ ..... of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*, https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-24-2024-INIT/en/pdf. [21]

Gerlach, F. et al. (2021), *Executive Summary of the Council Report 2021 "Digitalisation for Health-Aims and Framework Conditions for a dynamically learning Health System"*, https://www.svr-gesundheit.de/fileadmin/Gutachten/Gutachten_2021/Executive_Summary_Englisch.pdf. [6]

Goodman, K., A. Rodman and D. Morgan (2023), "Preparing physicians for the clinical algorithm era", *New England Journal of Medicine*, Vol. 389/6, pp. 483-487, https://doi.org/10.1056/nejmp2304839. [30]

Heidel, A. and C. Hagist (2020), "Potential benefits and risks resulting from the introduction of health apps and wearables into the German statutory health care system: Scoping review", *JMIR mHealth and uHealth*, Vol. 8/9, p. e16444, https://doi.org/10.2196/16444. [14]

Lantzsch, H. et al. (2022), "Digital health applications and the fast-track pathway to public health coverage in Germany: Challenges and opportunities based on first results", *BMC Health Services Research*, Vol. 22/1, https://doi.org/10.1186/s12913-022-08500-6. [10]

Maassen, O. et al. (2021), "Future medical artificial intelligence application requirements and expectations of physicians in German university hospitals: Web-based survey", *Journal of Medical Internet Research*, Vol. 23/3, p. e26646, https://doi.org/10.2196/26646. [29]

McLennan, S. et al. (2022), "Practices and attitudes of Bavarian stakeholders regarding the secondary use of health data for research purposes during the COVID-19 pandemic: Qualitative interview study", *Journal of Medical Internet Research*, Vol. 24/6, p. e38754, https://doi.org/10.2196/38754. [16]

Nensa, F., A. Demircioglu and C. Rischpler (2019), "Artificial intelligence in nuclear medicine", *Journal of Nuclear Medicine*, Vol. 60/2, pp. 29S-37S, https://doi.org/10.2967/jnumed.118.220590. [9]

Norwegian Cognitive Center (2020), "Free AI course for everyone", https://norwegiancognitivecenter.com/blog/free-ai-course-for-everyone (accessed on 7 November 2023). [28]

OECD (2024), *AI in Health: Huge Potential, Huge Risks*, OECD Publishing, https://www.oecd.org/health/AI-in-health-huge-potential-huge-risks.pdf. [1]

OECD (2023), "Emerging privacy-enhancing technologies: Current regulatory and policy approaches", *OECD Digital Economy Papers*, No. 351, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/bf121be4-en. [31]

OECD (2022), *Health Spending (data)*, OECD, Paris, https://data.oecd.org/healthres/health-spending.htm. [2]

OECD (2016), *Recommendation of the Council on Health Data Governance*, OECD, Paris, https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0433. [4]

OECD.AI (2019), *G20 AI Principles*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/wonk/documents/g20-ai-principles. [25]

OECD/EU (2022), *Health at a Glance: Europe 2022: State of Health in the EU Cycle*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/507433b0-en. [3]

O'Leary, L. (2022), "How IBM's Watson went from the future of health care to sold off for parts", Slate, https://slate.com/technology/2022/01/ibm-watson-health-failure-artificial-intelligence.html (accessed on 7 November 2023). [18]

Oliveira Hashiguchi, T., L. Slawomirski and J. Oderkirk (2021), "Laying the foundations for artificial intelligence in health", *OECD Health Working Papers*, No. 128, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/3f62817d-en. [8]

Parikh, R., S. Teeple and A. Navathe (2019), "Addressing bias in artificial intelligence in health care", *Journal of the American Medical Association*, Vol. 322/24, p. 2377, https://doi.org/10.1001/jama.2019.18058. [17]

PrivateAIM (2024), *Privacy-Preserving Analytics in Medicine*, https://privateaim.de/eng/index.html (accessed on 11 December 2023). [33]

Rieke, N. et al. (2020), "The future of digital health with federated learning", *npj Digital Medicine*, Vol. 3/1, https://doi.org/10.1038/s41746-020-00323-1. [32]

Schmitt, T. (2023), "Implementing eectronic health records in Germany: Lessons (yet to be) learned", *International Journal of Integrated Care*, https://doi.org/10.5334/ijic.6578. [15]

Schmitt, T., A. Haarmann and M. Shaikh (2022), "Strengthening health system governance in Germany: looking back, planning ahead", *Health Economics, Policy and Law*, Vol. 18/1, pp. 14-31, https://doi.org/10.1017/s1744133122000123. [13]

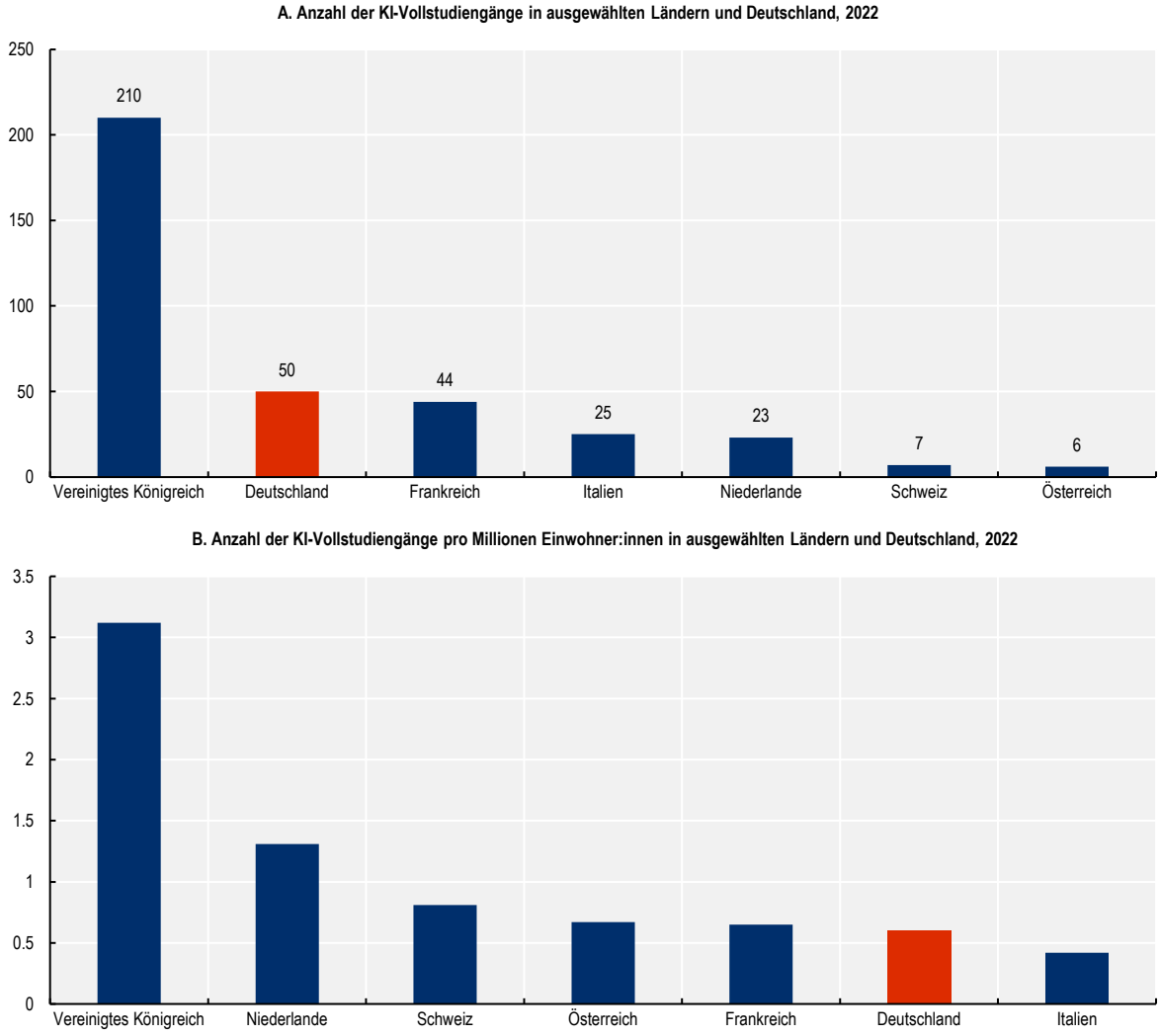
UMG (2024), *FAIrPaCT - Federated Artificial Intelligence Framework to Optimise the Treatment of Pancreatic Cancer*, University Medical Center Göttingen, https://bioinformatics.umg.eu/research/projects/fairpact/ (accessed on 11 December 2023). [34]

University of Helsinki (2023), *Elements of AI*, https://www.elementsofai.com/ (accessed on 31 October 2023). [26]

Wintergerst, R. (2023), *Digital Health*. [12]

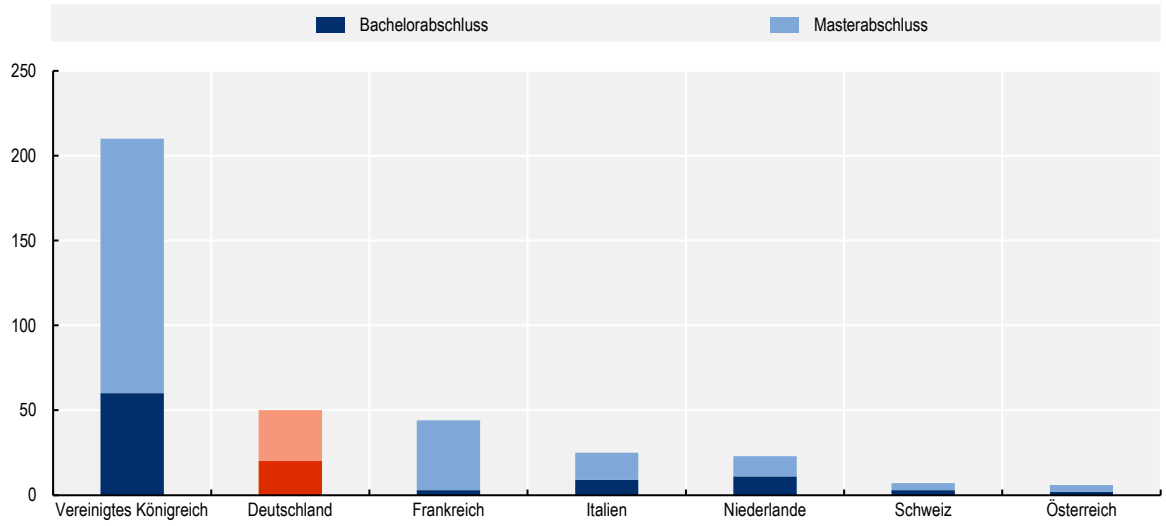
Anhang A. Zusätzliche Abbildungen

Abbildung A A.1. KI-Studiengänge in Deutschland und ausgewählten Ländern



Hinweis: „KI-Vollstudiengänge“ sind Studiengänge, die in ihrem Titel „Artificial Intelligence“, „AI“, „Machine Learning“ oder „ML“ auf Englisch oder in der jeweiligen Landessprache enthalten. Die Stichwörter wurden in den Studiengangs-Datenbanken der jeweiligen Länder (z. B. in der Datenbank „Hochschulkompass“ in Deutschland) gesucht.
Quelle: Eigene Berechnungen auf HRK (2022[1]), *Hochschulkompass - Studium*, https://www.hochschulkompass.de/studium.html und nationaler Quellen.

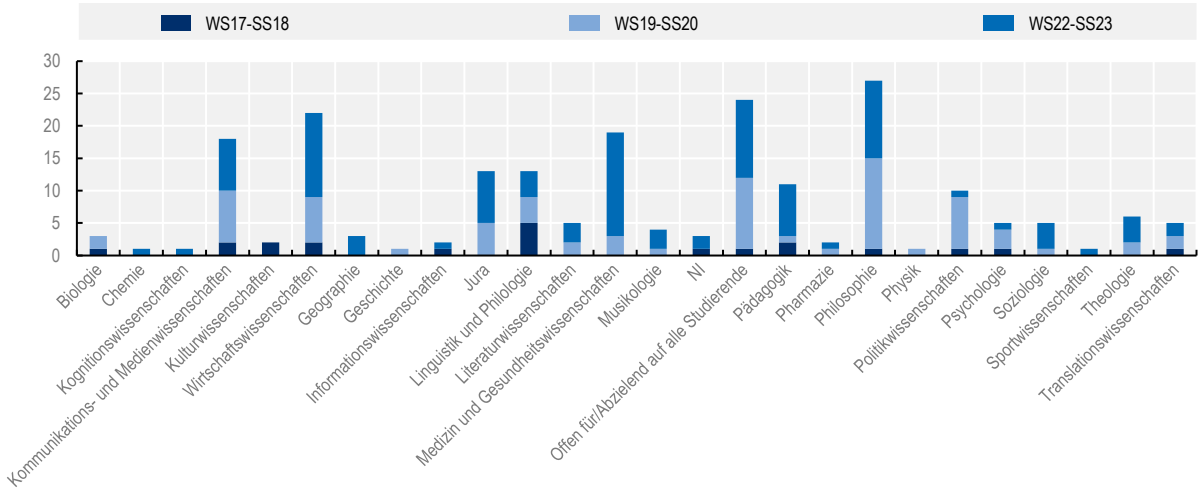
Abbildung A A.2. KI-Studiengänge in Deutschland und ausgewählten Ländern



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage nationaler Quellen.

Abbildung A A.3. KI-Kurse werden an deutschen Hochschulen zunehmend auch außerhalb der Informatik-Fachbereiche angeboten

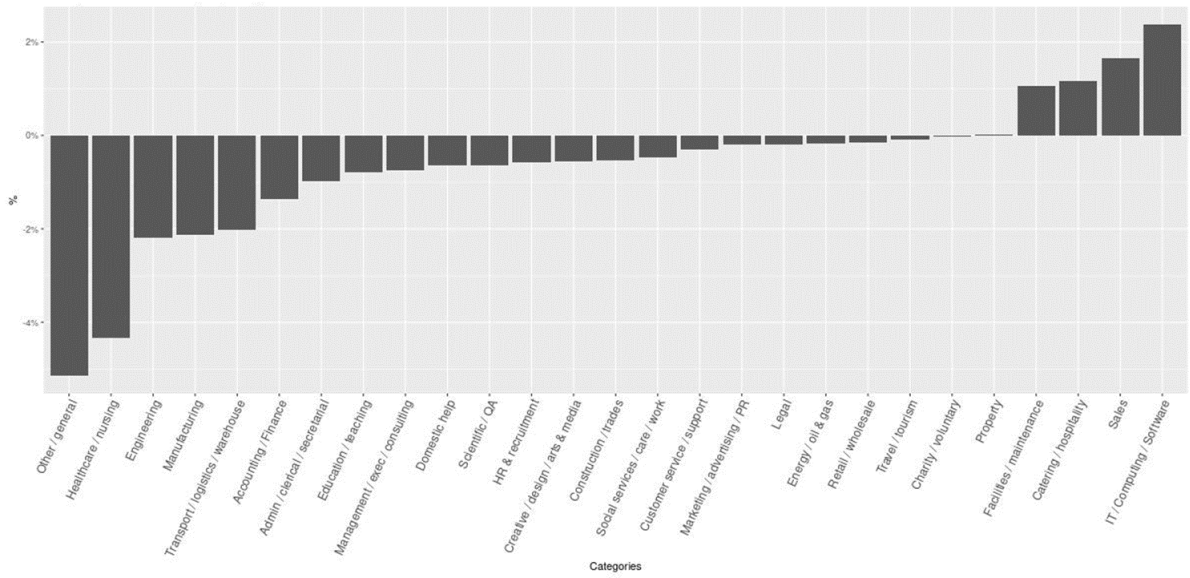
Anzahl der KI-Kurse pro Fachbereich, Semester 2017/18 bis 2022/23



Hinweis: Dieses Diagramm zeigt die Anzahl der außerhalb der Informatik-Fachbereiche an deutschen Hochschulen angebotenen KI-Kurse für drei verschiedene Zeiträume. Es enthält Daten aus den allgemeinen Studienregistern der 50 größten deutschen Hochschulen in Bezug auf die registrierten Studierenden (Quelle: (Hochschulkompass, 2023[8]) für KI-Kurse für drei verschiedene Zeiträume: Studienjahre 2017-18, 2019-20, 2022-23. Für die Studienjahre 2017-18 und 2019-2020 lagen keine Daten für die LMU München, die Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, die Universität Leipzig, die Justus-Liebig-Universität Gießen, die Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, die Universität Augsburg, die Hochschule für angewandte Wissenschaften München, die Technische Hochschule Mittelhessen – THM und die Hochschule Darmstadt vor. Für das Studienjahr 2019-2020 lagen keine Daten für die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf vor. Für das Wintersemester 2017-2018 lagen keine Daten für die Julius-Maximilians-Universität Würzburg und das Karlsruher Institut für Technologie vor. Bei der Kombination der Daten für alle drei Zeiträume wurden die Kurse, die an diesen 13 Hochschulen angeboten wurden, aus jedem Zeitraum entfernt.
Quelle: Eigenanalyse auf Grundlage des HRK (2023[2]), *Statistik - Hochschulen in Zahlen - 2022 [Statistics - Universities in Numbers - 2022]*, https://www.hrk.de/themen/hochschulsystem/statistik/.

Abbildung A A.4. Offene Online-Stellenausschreibungen in Deutschland, nach Beruf

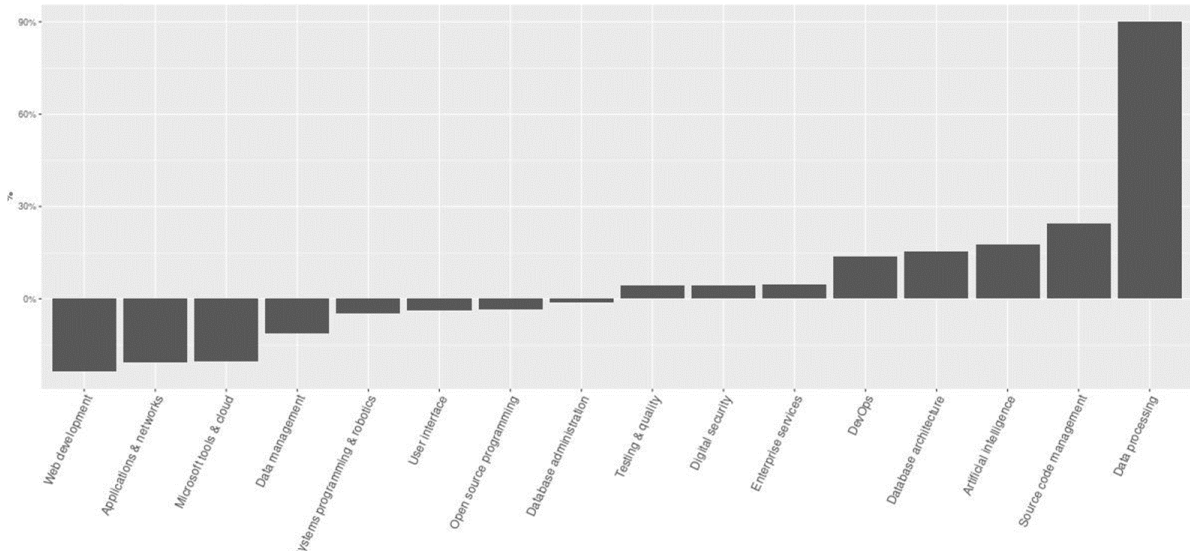
Prozentuale Veränderung der Verteilung von Online-Stellenausschreibungen in Deutschland nach 3 Monaten, nach Beruf



Quelle: OECD-Berechnungen unter Verwendung von Online-Stellenausschreibungsdaten von Adzuna.

Abbildung A A.5. Offene Online-Stellenausschreibungen in Deutschland, nach Art der KI-Kompetenz

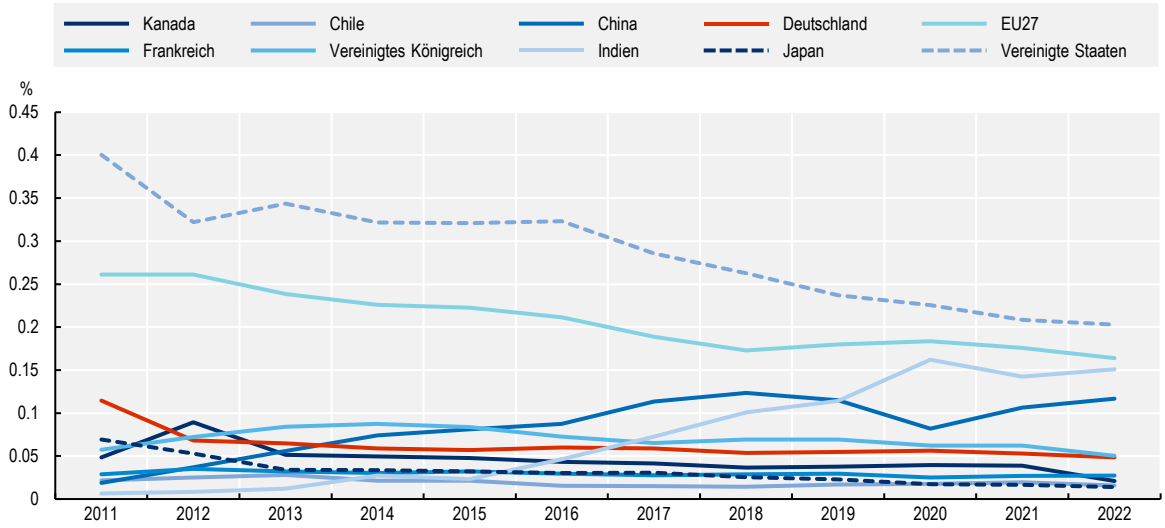
Relative prozentuale Veränderung der Verteilung von Online-IT-Stellenausschreibungen in Deutschland nach 3 Monaten, nach Art der IT-Kompetenz



Quelle: OECD-Berechnungen unter Verwendung von Online-Stellenausschreibungsdaten von Adzuna.

Abbildung A A.6. Beiträge zu öffentlichen KI-Projekten nach Ländern und Projektwirkung (2011-2022)

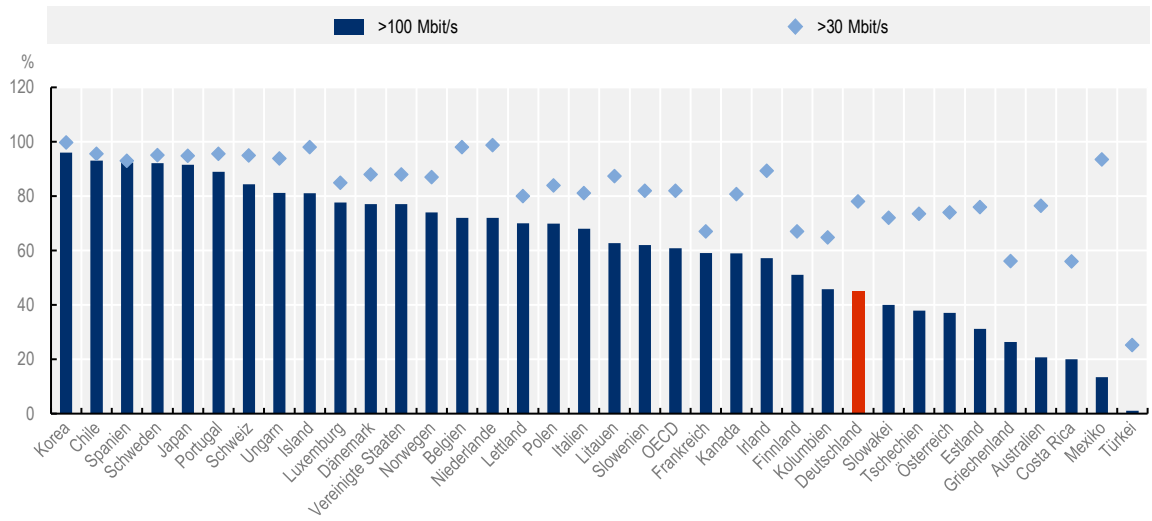
Beiträge zu öffentlichen KI-Projekten mit hoher Wirkung nach Ländern, Anteil in %, 2011-22



Hinweis: Dieses Diagramm zeigt den Anteil der Beiträge (d. h. „Zusagen"), die zu KI-Projekten mit hoher Wirkung (d. h. zu KI-bezogenen GitHub-„Repositories") geleistet wurden, nach Ländern und im Zeitverlauf. Die Auswirkung des Projekts wird durch die Anzahl der verwalteten Kopien (d. h. „Forks"), die von diesem Projekt gemacht werden, bestimmt.
Quelle: OECD.AI (2023[3]), *Contributions to Public AI Projects by Country and Project Impact*, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-software-development&selectedVisualization=contributions-to-ai-projects-by-country-and-project-impact (zugegriffen am 13. März 2023).

Abbildung A A.7. Geschwindigkeit der Festnetz-Breitbandanschlüsse in OECD-Ländern

Prozentsatz der Festnetz-Breitbandanschlüsse mit vertraglich vereinbarten Geschwindigkeiten über 30 Mbit/s und 100 Mbit/s, 2022



Quelle: OECD (2023[4]), *Broadband Portal*, https://www.oecd.org/digital/broadband/broadband-statistics/ (zugegriffen am 13. März 2023).

Anhang B. Tabelle Liste der Befragten

Tabelle A B.1. Liste der Befragten

Organisation	Befragte(r)
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)	Manfred Meiss, Dr. Konstantin Kolloge, Jens Brinckmann, Katrin Rosendahl
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Dr. Christoph March, Dr. Andrea Seifert
Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS)	Judith Peterka, Doreen Molnar, Helke Knütter, Linda Wichman
Bundesministerium für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit (BMZ)	Yilmaz Akkoyun
Bundesministerium für Umwelt (BMUV)	Rafael Bendszus, Dr. David van Treeck
Bundesministerium für Familie (BMFSFJ)	Friederike Schubart
Bundesministerium für Gesundheit (BMG)	Thomas Müller
Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI)	Christian Erb, Dr. Maximilan Wehage, John Weitzmann
Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)	Theresa Kösters, Tim Rittmann
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)	Dr. Rainer Kaicher
Bundespräsidialamt	Christian Referat
Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB)	Tobias Maier
Bundesagentur für Arbeit (Arbeitsagentur)	Benjamin Illik, Mark-Cliff Zofall, Monika Hackel
Acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften	Simon Boffen
Acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften	Dr. Crispin Niebel
ADA, General Counsel Medical Law	Dr. Julian Braun
Aleph Alpha	Jonas Andrulis
AlgorithmWatch	Matthias Spielkamp, Anne Mollen
AppliedAI	Dr. Till Klein, Dr. Christian Burkhardt
Bayerische KI-Agentur baiosphere	Tamara Tomasevic
BDA | Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände	Mareike Kuhl
Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit	Simon Hinterholzer
Bundesärztekammer (BÄK)	Jana Husemann, Dr. med. Kristina Spohrer
Bundesverband Deutsche Startups e.V.	Dr. Alexander Hirschfeld
Bundesverband Künstliche Intelligenz	Daniel Abbou
Byte Bayerische Agentur für Digitales	Laura Crompton
Bundesbeauftragter für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (BfDI)	Rebecca Haehn, Andries Kueter, Christian Referat
Data 4 Life	Karina Oberheide
Data Saves Lives Deutschland	Birgit Bauer
Deloitte Deutschland	Olly Salzmann
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)	Kathleen Ziemann
Deutsche Industrie- und Handelskammer (DIHK)	Luise Ritter
Deutsche Krankenhausgesellschaft (DKG)	Henriette Neumeyer, Peter Geibel, Moritz Esdar
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)	Prof. Dr. Antonio Krüger, Helmut Ditzer
DGB – Deutscher Gewerkschaftsbund	Roman Kormann
Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)	Katharina Sehnert
Forschungszentrum Jülich Supercomputing Centre	Dr. Stefan Kesselheim
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO	Dr. Matthias Peissner
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA	Prof. Dr. Marco Huber

Organisation	Befragte(r)
Friedrich-Alexander-Universität (FAU), Maschinelles Lernen und Datenanalytik	Prof. Dr. Björn Eskofier
Gematik Gesellschaft für Telematikanwendungen der Gesundheitskarte	Dr. med. Markus Leyck Dieken, Samer Schaat, Beatrice Kluge, Lukas Wrosch
Hausärztinnen- und Hausärzteverband	Jana Husemann: Kristina Spoehrer
German Datacenter Association	Norbert Lemken
Deutsche Krankenhausgesellschaft	Henriette Neumeyer
Deutsche Botschaft in Frankreich	Julia Helen Jauer
GND GEIGER | NITZ | DAUNDERER GMX / GND RECHTSANWÄLTE	Philipp Kircher
Harvard Business School	Ariel Dora Stern
Health Innovation Hub	Prof. Jörg Debatin,
Hertie School	Prof. Dr. Joanna Bryson
Kaiserliche Hochschule	Dr. Axel Heitmueller
K.I.E.Z Künstliche Intelligenz Entrepreneurship Zentrum	Dr. Tina Klüwer
Kompass Frankfurt	Wolf Gunter Schlief
LRZ Leibniz-Rechenzentrum	Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller, Dr. Nicolay Hammer
Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb	Dietmar Harhoff
Microsoft Deutschland	Thomas Langkabel
Mittelstand Digital	Christian Märkel
NHR-Verbund Nationales Hochleistungsrechnen	Barbara Diederich, Prof. Dr. Christian Plessl, Prof. Dr. Christof Schütte
North.io	Jann Wendt
Offensiver Mittelstand	Bruno Schmalen
RIFS Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit Potsdam	Stefanie Kunkel
Zentrum für Künstliche Intelligenz der RWTH Aachen	Prof. Dr. Holger Hoos
SAP	Johannes Hoffart, Sebastian Wieczorek
Siemens	Dr. Michael May, Bernd Blumoser
Tracebloc	Lukas Wuttke
Transatlantic AI eXchange	Thomas Neubert
Tübingen AI Center	Matthias Bethge
Technische Universität München (TUM)	Prof. Dr. Alena Buyx
TUM School of Computation, Information and Technology	Prof. Dr. Alexander Pretschner
TUM School of Engineering and Design	Prof. Dr. Marco Körne, Farzan Banihashemi
TUM School of Public Policy	Prof. Dr. Stefan Wurster
TUM School of Social Sciences and Technology	Prof. Dr. Urs Gasser
TUM Think Tank	Dr. Markus Siewert, Dr. Philip Pfaller
TUM Venture Labs	Antoine Leboyer
UK Münster (UKM Management Solutions GmbH)	Katja Kuemmel
Umweltbundesamt	Dr. Robert Wagner
Deutsche UNESCO-Kommission	Maximilian Müngersdorff
Universität Bonn Sustainable AI Lab	Prof. Dr. Aimee van Wynsberghe
Universität Erlangen-Nürnberg KI.FAU	Björn Eskofier: Sven Laumer
Universität Stuttgart	Prof. Dr. Stefan Wagner
Verband der Elektrotechnik, Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE)	Dr. Sebastian Hallensleben
Vereinigte Dienstleistungsgewerkschaft (Ver.di)	Nadine Müller
ZEW Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung	Dr. Christian Rammer

Literatur

HRK (2023), *Statistik - Hochschulen in Zahlen - 2022 [Statistics - Universities in Numbers - 2022]*, Hochschulrektorenkonferenz, https://www.hrk.de/themen/hochschulsystem/statistik/ (accessed on 11 October 2023). [2]

HRK (2022), *Hochschulkompass - Studium*, Hochschulrektorenkonferenz, https://www.hochschulkompass.de/studium.html (accessed on 11 December 2023). [1]

OECD (2023), *Broadband Portal*, OECD, Paris, https://www.oecd.org/digital/broadband/broadband-statistics/ (accessed on 13 March 2023). [4]

OECD.AI (2023), *Contributions to Public AI Projects by Country and Project Impact*, OECD, Paris, https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-software-development&selectedVisualization=contributions-to-ai-projects-by-country-and-project-impact (accessed on 13 March 2023). [3]

OECD-Bericht zu Künstlicher Intelligenz in Deutschland

Dieser Bericht umfasst ein internationales Benchmarking des deutschen Ökosystems der Künstlichen Intelligenz (KI) und diskutiert Fortschritte bei der Umsetzung der nationalen KI-Strategie. Der Bericht stützt sich auf quantitative und qualitative Daten sowie auf Erkenntnisse aus dem OECD.AI Policy Observatory und dem *OECD Programme on AI in Work, Innovation, Productivity and Skills* (AI-WIPS) – einem von der Bundesregierung finanzierten OECD-Forschungsprogramm – und basiert auf Ergebnissen von Interviews mit einem breiten Spektrum an Interessenvertreter:innen in Deutschland. Der Bericht diskutiert Deutschlands Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen im KI-Bereich und gibt Empfehlungen zur Gestaltung der KI-Politik in Deutschland in den kommenden Jahren ab. Die Ergebnisse werden anhand der Schwerpunkte präsentiert, die in der nationalen KI-Strategie Deutschlands definiert wurden: 1) Köpfe; 2) Forschung; 3) Transfer und Anwendungen; 4) Arbeitswelt; 5) Ordnungsrahmen; und 6) Gesellschaft. Darüber hinaus befasst sich der Bericht mit der KI-Infrastruktur und enthält drei spezielle Sektor-„Spotlights“ zu KI im öffentlichen Sektor, KI und Nachhaltigkeit sowie zum Einsatz von KI im Gesundheitswesen.

PAPERBACK ISBN 978-92-64-92957-9
PDF ISBN 978-92-64-75792-9