



75 Jahre
Demokratie
lebendig



Deutscher Bundestag
20. Wahlperiode
Ausschuss für Bildung, Forschung
und Technikfolgenabschätzung

Anlagenkonvolut

zum Wortprotokoll der 61. Sitzung
am 29. November 2023

zu TOP 1

- 20(18)197 Unterrichtung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF-
Aktionsplan Künstliche Intelligenz - Neue Herausforderungen chancenorientiert
angehen

zu TOP 2

- 20(18)198 Unterrichtung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF-
Aktionsplan Robotikforschung - Innovationspotenziale der KI-basierten Robotik er-
schließen



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Deutscher Bundestag

Ausschuss für Bildung, Forschung
und Technikfolgenabschätzung

Ausschussdrucksache

20(18)197

28.11.2023

BMBF-Aktionsplan Künstliche Intelligenz

Neue Herausforderungen chancenorientiert angehen



Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

kaum eine Zukunftstechnologie steht derzeit so im Blickpunkt wie Künstliche Intelligenz (KI). Seit der Veröffentlichung von ChatGPT vor knapp einem Jahr erreichen uns nahezu täglich Meldungen über neue KI-Tools, neue Fähigkeiten, neue Kooperationen, neue Potenziale, aber auch neue Risiken. Parallel erleben wir eine intensive öffentliche Debatte über KI aus unterschiedlichsten Perspektiven. Die größte Aufmerksamkeit gibt es dabei regelmäßig für die extremen Positionen – KI als Allheilmittel oder Menschheitsrisiko.

Für mich ist klar: KI ist eine Schlüsseltechnologie – vielleicht die zentrale des 21. Jahrhunderts. Sie bietet uns enorme Chancen, wenn wir sie klug entwickeln und einsetzen. Eine bloße Regulierung oder Verbote helfen uns dabei nicht weiter. Wir brauchen technologische Souveränität bei KI. Wir müssen selbst in der Lage sein, KI-Systeme nach unseren Vorstellungen zu entwickeln und einzusetzen. Unser Ziel ist dabei eine vertrauenswürdige KI „Made in Europe“. Das erfordert Kompetenzen in der Wissenschaft, der Wirtschaft und der Gesellschaft und die richtigen Infrastrukturen und Rahmenbedingungen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung ist bereits seit vielen Jahren ein wichtiger Treiber bei KI. Die Gründung des DFKI – des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz – liegt über 35 Jahre zurück. Einen KI-Winter gab es in der deutschen KI-Forschung kaum. Auch deshalb sind in Deutschland ausgebildete Forscherinnen und Forscher heute weltweit an Schlüsselpositionen der KI-Entwicklung. Auch die 2018 beschlossene KI-Strategie der Bundesregierung hat das BMBF als einer der Federführer entscheidend mitgeprägt. Wir haben deshalb ein starkes Fundament: Wir sind in der KI-Forschung weiter Teil der Weltspitze, konnten in den letzten Jahren viele KI-Expertinnen und Experten für uns gewinnen und verfügen über eine sehr aktive Start-up-Landschaft.

Doch mit generativer KI ist nicht nur für die individuelle Nutzung von KI, sondern auch für die KI-Politik eine neue Dimension entstanden. Die Entwicklung ist dabei zu dynamisch, um ihr im Rahmen der üblichen Strategie- und Aufmerksamkeitszyklen des politischen Betriebs zu begegnen. Wir müssen agiler werden und brauchen jetzt dringend neue Impulse für das deutsche KI-Ökosystem.



Mit dem KI-Aktionsplan gehen wir daher jetzt bewusst voran. Es geht dabei nicht um eine neue KI-Strategie. Wir setzen mit dem Aktionsplan gezielt neue Akzente in der Umsetzung der KI-Strategie bezogen auf unsere Zuständigkeitsfelder.

Drei Bereiche sind mir dabei besonders wichtig: Erstens stärken und verzahnen wir gezielt die zentralen Elemente für die KI-Entwicklung und -Nutzung. Daten, Rechnerkapazitäten, Fachkräfte und Forschungsanstrengungen sind die Grundbausteine, ohne die wir KI nicht in die Breite bekommen. Zweitens wollen wir noch gezielter den europäischen Schulterschluss suchen und forcieren dazu die Abstimmung innerhalb des Europäischen Forschungsraums. Und drittens setzen wir bewusst Schwerpunkte mit Fokus auf den konkreten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Nutzen von KI: In den Bereichen Robotik, Gesundheit, Bildung und auch bei KI-Start-ups wollen wir an die Spitze.

Der KI-Aktionsplan ist zugleich mit einem deutlichen Bekenntnis zu KI als wesentlichem Zukunftsfeld verbunden, das sich im Haushalt widerspiegelt.

Klar ist: Das deutsche KI-Ökosystem in der Weltspitze zu positionieren, ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Es braucht die Beiträge der anderen Ressorts, der Wirtschaft und auch der Gesellschaft, um die Potenziale von KI zu heben und die Risiken zu minimieren. Der KI-Aktionsplan ist deshalb auch eine Einladung an weitere Stakeholder, sich mit eigenen Akzenten anzuschließen und zu engagieren. Lassen Sie uns KI „Made in Europe“ gemeinsam gestalten.

B. Stark-Watzinger

Bettina Stark-Watzinger
Mitglied des Deutschen Bundestages
Bundesministerin für Bildung und Forschung

Inhaltsverzeichnis

1	KI-Politik nach dem „ChatGPT-Moment“	2
2	Infrastruktur	6
2.1	Die Forschungsbasis weiter konsequent stärken	6
2.2	Eine Forschungsagenda für neue Perspektiven aufsetzen	8
2.3	Die KI-Infrastruktur zielgerichtet ausbauen.....	10
2.4	Eine KI-Kompetenzoffensive forcieren.....	12
3	Anwendung und Transfer	14
3.1	Den Transfer von KI in Wachstum und wirtschaftliche Chancen forcieren	14
3.2	KI im Bereich Gesundheit: gesellschaftlicher Nutzen für alle.....	16
3.3	Den gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Nutzen von KI gezielt erschließen	18
3.4	Erforschen und Gestalten von KI basierten Technologien im Bildungssystem.....	20
4	Erfolgsbedingungen	22
4.1	Den europäischen und internationalen Schulterschluss noch stärker suchen.....	22
4.2	Den gesellschaftlichen Dialog & die multidisziplinäre Forschung zu KI vorantreiben.....	24
4.3	Eine passfähige, agile und innovationsfreundliche Regulierung beschließen.....	26
4.4	Anhang.....	28
	Impressum	33



1 KI-Politik nach dem „ChatGPT-Moment“

Am 30.11.2022 öffnete das amerikanische Unternehmen OpenAI den Zugang zu seinem Sprachmodell ChatGPT. Binnen fünf Tagen hatten sich eine Million Nutzerinnen und Nutzer registriert. Damit wurde erstmalig Künstliche Intelligenz (KI) von einer breiten Öffentlichkeit bewusst getestet, genutzt und in seinen Möglichkeiten wahrgenommen.¹ Das Besondere sind dabei die einfache Nutzbarkeit, die breiten Einsatzmöglichkeiten sowie die klare Kennzeichnung als KI-System (KI wird natürlich schon länger, jedoch oft unbemerkt genutzt, etwa bei der Websuche). Speziell für die individuelle Nutzung ist mit generativer KI eine neue Dimension entstanden. Die Öffnung des Zugangs zu ChatGPT kann daher als ein **Meilenstein der KI-Entwicklung** beschrieben werden. Die anschließende öffentliche Debatte bestätigt diese Sicht. Die Reaktionen auf ChatGPT waren dabei geteilt; zwischen einer technik-

optimistischen, chancenbetonten Sicht,² einer risikofokussierten und warnenden Perspektive, die letztlich in einer Diskussion über Verbote und ein KI-Moratorium mündete³ sowie einer abwegelnden Einstellung, die lediglich den nächsten Hype ohne Substanz zu erkennen meinte.⁴

Bei genauer Bewertung der eingesetzten KI-Technologie ist ChatGPT in besonderem Maße alltagstauglich. Zugleich sind aus Forschungssicht deutlich leistungsfähigere Ergebnisse verfügbar. So liefert die KI-Forschung schon seit der Jahrtausendwende mehr und mehr leistungsfähige Anwendungsbeispiele (Deep-Blue, AlphaGo, ...). Zudem hat die KI-Entwicklung in

2 Vgl. (Scheuer 2023) oder (Gates 2023)

3 Vgl. (FAZ 2023) und (Future of Life Institute 2023)

4 Vgl. (Meineck 2023)

den letzten Jahren stetig an Dynamik gewonnen.⁵ Die generativen KI-Systeme der neuesten Generation führen daher vor allem der breiten Öffentlichkeit die Möglichkeiten von KI-Systemen vor Augen, die große Datensätze in Verbindung mit einer großen und stetig wachsenden Rechenleistung verarbeiten. Gleichzeitig sind die **Möglichkeiten zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Systeme** groß. Denn KI weist ein deutlich breiteres Methodenspektrum auf als die aktuell diskutierten generativen Systeme, die in starkem Maße auf statistischen Methoden operieren, nicht aber mit genuinen KI-Methoden arbeiten. Schon die Erweiterung solcher statistischen Verfahren um gut verstandene KI-Methoden bietet erhebliche neue Potenziale, die bisher nicht ausgeschöpft sind.

Schlüsseltechnologie KI

Fakt ist: **KI ist eine Schlüsseltechnologie** – ähnlich der Elektrizität –, die weltweit Wirtschaften und Gesellschaften verändert. KI birgt dabei als breit einsetzbares **Werkzeug** vielfältige Chancen, sowohl für die Wissenschaft, als auch für Wachstum, Wohlstand, Wettbewerbsfähigkeit und gesellschaftlichen Mehrwert. Wir stehen hier aller Voraussicht nach erst am Anfang einer Entwicklung, die sich in den kommenden Jahren noch deutlich beschleunigen könnte.⁶ Wer sich dieser Entwicklung verschließt, ihr vorrangig mit einem Fokus auf Risiken und Verbote begegnet oder sie vor allem zu bremsen versucht, verliert sowohl die Möglichkeit, an den Chancen teilzuhaben, als auch die Fähigkeit, die Entwicklung im eigenen Interesse zu gestalten. Das kann nicht unser Anspruch sein! Wir sollten die Bereitstellung von KI stattdessen als Teil der Daseinsvorsorge betrachten: So wie heute der einfache und rechtssichere Zugang zu schnellem Internet essenzieller Bestandteil der Grundversorgung für Unternehmen sowie Bürgerinnen und Bürger ist, ist dies zukünftig auch für KI-Werkzeuge, KI-Kompetenzen und KI-Infrastruktur zu erwarten. KI wird damit zum wichtigen Standortfaktor. **Wir wollen technologische Souveränität bei KI erreichen. Unser Ziel ist, dass Deutschland und Europa in einer Welt „Powered by AI“ eine Spitzenposition einnehmen**

5 Die Anzahl der jährlichen Publikationen hat sich zwischen 2011 und 2021 auf heute fast 500.000 verdoppelt. Ähnlich stark gewachsen sind die Anzahl der KI-Projekte auf GitHub, die privaten Investitionen in KI, aber auch die Vorfälle ethischen Missbrauches von KI. Vgl. hierzu insbesondere (Maslej, et al. 2023).

6 Vgl. z.B. (Martin-Jung 2023)

können. Hierfür wollen wir die Rahmenbedingungen weiter verbessern.

BMBF treibt die KI-Innovation voran

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat KI bereits in der **Zukunftsstrategie Forschung und Innovation** der Bundesregierung als wesentliches Technologiefeld und zentrales Thema der Mission „Digitale und technologische Souveränität Deutschlands und Europas sichern und Potenziale der Digitalisierung nutzen“ (Mission IV) aufgegriffen und auch in unterschiedlichen Zielstellungen der anderen Missionen den Einsatz von KI festgelegt: die Nutzung von KI für neue Geschäftsmodelle und eine ressourceneffiziente und wettbewerbsfähige Industrie, KI-basierte Diagnostik und Therapie, KI-basierte Soziale Innovationen, KI in der Geo-, Meeres-, Biodiversitäts- und Klimaforschung sowie der Astro- und Teilchenphysik und die Stärkung der KI-Kompetenzen in der Zivilgesellschaft sind ausgewählte Beispiele.⁷ Die Missionsorientierung der Zukunftsstrategie soll dabei in Kooperationen mit europäischen Staaten gestärkt werden, beispielsweise durch die Entwicklung gemeinsamer Lösungen durch Deutschland und Frankreich für KI und die Etablierung der KI-Kompetenzzentren unter den führenden europäischen Institutionen für KI-Forschung. Wir werden uns für eine weitere Stärkung der europäischen KI-Politik einsetzen und hierzu zügig einen europäischen Workshop ausrichten.

Deutschland verfügt seit 2018 über eine KI-Strategie auf Bundesebene und hat die Investitionen in KI in diesem Zuge deutlich ausgebaut. So wurden Grundlagen gelegt, Prozesse angestoßen, Meilensteine erreicht. Das BMBF war dabei ein zentraler Akteur: Es hat den größten Anteil (gut ein Drittel) der bereitgestellten dedizierten KI-Mittel erhalten, damit wichtige Initiativen in den Bereichen Forschung, Köpfe & Kompetenzen, Infrastrukturen und Transfer gestartet und so auf Jahre hinaus eine exzellente Basis für die KI-Forschung und die Ausbildung von KI-Fachkräften in Deutschland geschaffen. Das jährliche Budget des BMBF für KI hat sich dabei von 2017 bis heute mehr als verzwanzigfacht.

7 Vgl. (BMBF 2023b)

Das BMBF fördert die Erforschung, Entwicklung und Anwendung von KI aktuell im Rahmen von **50 laufenden Maßnahmen** mit den Schwerpunkten Forschung, Kompetenzentwicklung, Aufbau von Infrastrukturen und Transfer in die Anwendung. Diese werden nun zielgerichtet um **mindestens 20 weitere Initiativen** ergänzt. In der laufenden Legislaturperiode wird allein das BMBF **über 1,6 Mrd. Euro** in KI investieren. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Budgetentwicklung:

Jahr	2017 (IST)	2018 (IST)	2019 (IST)	2020 (IST)
KI-Budget (in Mio. Euro)	17,4	20,5	41,9	85,7
Jahr	2021 (IST)	2022 (IST)	2023 (SOLL)	2024 (SOLL)
KI-Budget (in Mio. Euro)	120,2	280,4	427,2	483,3

Hierauf aufbauend heben wir mit diesem KI-Aktionsplan das **Engagement des BMBF auf die nächste Stufe**. Das klare Ziel ist, dem deutschen KI-Ökosystem und insbesondere dessen Schnittstelle mit Bildung, Wissenschaft und Forschung sowie Wirtschaft einen neuen Impuls zu geben. Das BMBF hat dazu gezielt den Austausch mit KI-Expertinnen und -Experten sowie Stakeholdern gesucht, insbesondere im Rahmen der Jahrestagung der Plattform Lernende Systeme am 14.06.2023,⁸ diverser KI-Fachgespräche mit Stakeholdern, u. a. am 20.06.2023, 21.09.2023 und 18.10.2023, des Chancen-Talks zum Thema „KI in der Bildung“ am 04.07.2023⁹ sowie einer Besuchsreihe der KI-Kompetenzzentren und der Sommertour der Ministerin. Im Ergebnis stehen **elf konkrete Handlungsfelder**, die verdeutlichen, wo der dringendste Handlungsbedarf besteht, wie die Maßnahmen des BMBF diesen bereits heute angehen und was in den kommenden Monaten und Jahren noch folgen soll und muss. Denn das BMBF versteht sich auch zukünftig als **zentraler Treiber** innerhalb der Bundesregierung.

Übergreifende Ziele

Ein wesentliches Ziel des KI-Aktionsplans ist es, die **exzellente Basis Deutschlands bei Forschung und Kompetenzen in sicht- und messbare wirtschaftliche Erfolge und einen konkreten spürbaren Nutzen für die Gesellschaft umzusetzen**. Denn wir stellen fest: Ein für spezifische Zwecke entwickeltes KI-System wie ChatGPT wurde zur Referenz der KI-Debatte, weil es einen praktischen Nutzwert von KI erfahrbar gemacht und einen Weg von der KI-Forschung in Wertschöpfung aufgezeigt hat. Vergleichbare Systeme aus Deutschland und Europa und insbesondere qualitative Entwicklungen in der Forschung blieben dagegen häufig nicht wahrnehmbar und waren zu selten mit konkretem Nutzen und Wertschöpfung verbunden. Sichtbare Ergebnisse und Erfolge sind dabei nicht nur aus Sicht der technologischen Souveränität und Wettbewerbsfähigkeit notwendig. Sie sind auch unabdingbar, um die Gesellschaft von den Potenzialen und Chancen von KI zu überzeugen und so eine Debatte um den Umgang mit und die Regulierung von KI deutlich näher an die Lebenswirklichkeit der Menschen heranzuholen und auf den konkreten Mehrwert der Technologie zu fokussieren. Es geht bei KI nicht vorrangig um das Geschäftsmodell einiger weniger US-Konzerne oder ein Werkzeug für Demokratiefeinde, sondern um eine Schlüsseltechnologie, die als Innovationstreiber viele Zukunftschancen, auch für das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele, bietet, wenn wir sie klug entwickeln und einsetzen.

Dabei müssen wir die Fragen beantworten, was das **Alleinstellungsmerkmal einer KI „Made in Germany“** (bzw. „Made in Europe“) sein kann und wie wir **KI optimal mit unseren bisherigen Stärken verzahnen**. Denn den amerikanischen oder chinesischen Weg zu imitieren, ist wenig erfolgversprechend: Wir wollen weder das Feld einigen wenigen Tech-Unternehmen überlassen noch eine KI-getriebene staatliche Überwachung. Chancen ergeben sich etwa bei der Verzahnung von KI mit der Digitalisierung der Industrie (Industrie 4.0), die als deutsches Erfolgsmodell gilt.¹⁰ Auch an der Schnittstelle von KI mit der Biotechnologie sowie mit Energie- & Umwelttechnologien hat Deutschland starke Akteure. Eine Möglichkeit ist zudem, verstärkt auf den B2B-Bereich und die Entwicklung von Entwicklungs-Ökosystemen über

⁸ Vgl. (Plattform Lernende Systeme 2023)

⁹ Vgl. (BMBF 2023a)

¹⁰ Vgl. z. B. (Acemoglu und Johnson 2023), Kapitel 8

Open-Source-Lösungen zu setzen. Positiv ist auch, dass einer Studie des KI-Verbands zufolge 40 Prozent der KI-Start-ups in Deutschland auf wissenschaftlicher Grundlagenarbeit aufbauen und Ideen aus der Forschung umsetzen.¹¹ Die Schwierigkeiten im Wettbewerb um Risikokapital sind dabei unbenommen, werden aber an anderer Stelle von der Bundesregierung bereits angegangen.

Darüber hinaus geht es auch darum, den aktuellen **Diskurs über die Risiken von KI** und die notwendigen rechtlichen Rahmenbedingungen **auf eine wissenschaftlich und empirisch fundierte Grundlage zu stellen**. Wir dürfen uns hier nicht von Extrem- oder Untergangsszenarien leiten lassen. Aktuelle Fragen, etwa nach dem Sinn, der Umsetzbarkeit und der Wirkung einer KI-Kennzeichnungspflicht oder nach der adäquaten Auslegung und ggf. notwendigen Anpassungen betroffener Rechtsvorschriften, wie dem Urheberrecht, sollten nicht nur in einem demokratischen Prozess unter Einbindung verschiedener relevanter Stakeholdergruppen diskutiert, sondern auch unter enger Einbindung einer multidisziplinären KI-Forschung beantwortet werden. Gleiches gilt für die **Risikoklassifizierung von KI-Systemen**. Das BMBF begrüßt grundsätzlich den risikobasierten Ansatz des aktuellen Entwurfs zum AI Act. Dieser muss jedoch so gestaltet sein, dass er nicht innovationshemmend wirkt. Zugleich unterstützen wir einen forschungsbasierten Ansatz für die Identifizierung und Bewertung konkreter Risiken im Einzelfall und treiben hierzu die notwendige Forschung voran, etwa im Bildungsbereich.

Der KI-Aktionsplan des BMBF trägt nicht nur zu den Zielen der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation der Bundesregierung bei, sondern stellt auch ein **Update des BMBF-Beitrags zur KI-Strategie der Bundesregierung** dar. Die Chancen von KI als Schlüsseltechnologie können am besten in enger Zusammenarbeit aller Ressorts gehoben werden. Den **KI-Maßnahmen anderer Ressorts und deren engen Verzahnung mit den BMBF-Aktivitäten** kommt daher eine hohe Bedeutung zu. Zugleich braucht es die Zusammenarbeit mit KI-Expertinnen und -Experten in Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft, denn ohne deren Ideen und Investitionen wird es nicht gehen. Vor diesem Hintergrund treten wir mit dem KI-Aktionsplan in **Vorleistung**, um gemeinsam mit anderen

Ressorts und Stakeholdern die KI-Strategie der Bundesregierung insgesamt weiterzuentwickeln und auf die neuen Herausforderungen auszurichten.

Zugleich gilt es, die deutschen KI-Aktivitäten, Stärken und Interessen gezielt und abgestimmt **in den europäischen Kontext einzubringen** und damit auch qualitativ auf eine andere Ebene der Zusammenarbeit zu heben. Deutschland muss eine führende Rolle bei der Ausgestaltung und Weiterentwicklung der **Europäischen KI-Strategie** einnehmen. Hierzu stimmen wir uns frühzeitig innerhalb des Europäischen Forschungsraums ab, um im Sinne des „Team Europe“-Ansatzes die entsprechende Wirkungskraft auf globaler Ebene zu entfalten und eine neue Qualität der Zusammenarbeit zu erreichen. Dies betrifft insbesondere auch das EU-Forschungsrahmenprogramm. Im laufenden Programm „Horizont Europa“ sind bereits rd. 1 Mrd. EUR pro Jahr für KI-bezogene Aktivitäten vorgesehen. Darauf wollen wir aufbauen und in einem starken 10. Forschungsrahmenprogramm erreichen, dass auch nach 2027 die Zukunft des KI-Standorts Europa durch Forschung und Entwicklung gesichert, gestaltet und weiter gestärkt wird.

Der Einsatz von KI kann auch in der Verwaltung helfen und die Beschäftigten unterstützen. Daher werden wir uns auch im BMBF intensiver damit befassen. Wir wollen hierzu verstärkt experimentieren und noch in diesem Jahr intern pilotaft in die Anwendung von generativer KI einsteigen. Bis Sommer des nächsten Jahres beabsichtigen wir den Einsatz von KI auch im externen Bereich.

Schließlich betrachten wir den Aktionsplan als „lernende Strategie“ und werden ihn im Lichte neuer Entwicklungen und fortlaufender Gespräche kontinuierlich weiterentwickeln.

KI ist bisher viel zu selten „Made in Germany“ oder „Made in Europe“. Das soll sich ändern. Gezielte Impulse sollen dazu beitragen, dass Deutschland weiterhin ein KI-Land bleibt. Wir wollen die enormen Chancen von KI nutzen.

11 Vgl. (Klüwer, et al. 2023)



2 Infrastruktur

2.1 Die Forschungsbasis weiter konsequent stärken

Forschung bleibt auch zukünftig die Basis der KI-Revolution. Denn die Technologie ist bei weitem nicht auserforscht. Um ihre Potenziale zu heben, müssen wir sie besser und effizienter, aber auch sicherer, transparenter und zuverlässiger machen. Viele weitere Potenziale von KI, aber auch die Risiken und wie wir damit umgehen, können nur durch zusätzliche Forschung erkannt werden.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- Deutschland und Europa sind in der KI-Forschung noch Teil der Weltspitze. Bei der Anzahl an KI-Publikationen und -Zitationen sowie bei Beiträgen zur Entwicklung von Open-Source-Software zu KI ist Deutschland regelmäßig unter den besten fünf/sechs Nationen. Andere Nationen (China, USA, Indien) weisen jedoch eine deutlich größere Dynamik auf.¹²
- Auch im Bereich der großen generativen KI-Modelle bzw. KI-Basismodelle („Foundation Models“) hat Deutschland die internationale Entwicklung der letzten Jahre mit vorangetrieben und wettbewerbsfähige Angebote, wie Luminous (Aleph Alpha) oder

Stable Diffusion, hervorgebracht.¹³ Insgesamt dominieren jedoch die USA.¹⁴

- Die KI-Forschung verschiebt sich zunehmend in die Privatwirtschaft. Dies hat Konsequenzen für den Fokus der KI-Forschung; gesellschaftlich bedeutsame Themen könnten dadurch mittel- & langfristig in den Hintergrund treten, etwa KI-Anwendungen im Gesundheitsbereich, Verbesserungen der Ressourceneffizienz von KI oder die sozialen und ethischen Auswirkungen von KI.¹⁵
- Der von der EU-Kommission angestrebte AI Act wirft Fragen für die Erforschung und Entwicklung von KI auf. So müssen die angestrebten Anforde-

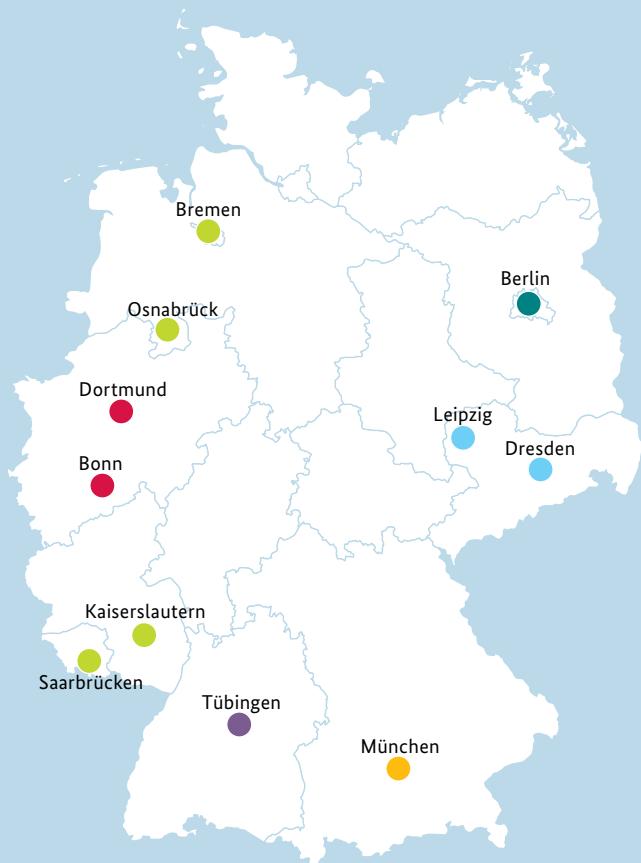
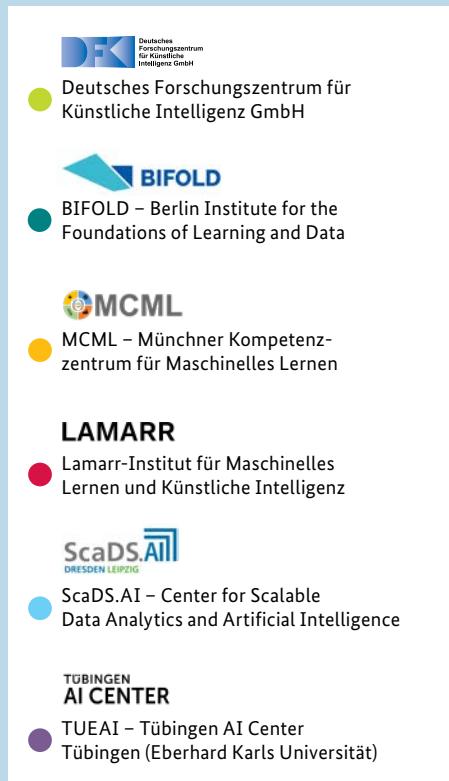
12 Vgl. z.B. (Plattform Lernende Systeme 2022) sowie (Maslej, et al. 2023)

13 Vgl. z.B. (Bösch 2023)

14 Vgl. (Maslej, et al. 2023)

15 Vgl. (Ahmed, Wahed and Thompson 2023)

KI-Kompetenzzentren



rungen für Hochrisiko-Anwendungen von KI – etwa hinsichtlich Transparenz, Robustheit, Zuverlässigkeit und Verifizierbarkeit – auch in technische Lösungen sowie Normen und Standards umgesetzt werden. Technisch nicht umsetzbare Anforderungen kommen ansonsten Verboten gleich. Einen ähnlichen Effekt können zu hohe bürokratische Hürden haben.

- Deutschland als einen der führenden Akteure bei großen generativen KI-Modellen, insbesondere multimodalen KI-Modellen positionieren und Alleinstellungsmerkmale etablieren
- Stärkung der interdisziplinären Vernetzung zwischen der Forschung zu Maschinellem Lernen und anderen Ansätzen, Fachdisziplinen und Anwendungsdomänen

Ziele: Was wir erreichen wollen

Deutschland muss seine gute Position in der KI-Forschung weiter in Richtung Exzellenz ausbauen und als herausragendes Asset einsetzen. Unser Ziel muss sein, an der Spitze der Forschung zu stehen und uns als klares europäisches Zugpferd zu etablieren. Folgende konkrete Ziele sind hierfür ins Auge zu fassen:

- Erreichen der europäischen Spitze bei KI-Publikationen, vor Großbritannien
- Etablierung der KI-Kompetenzzentren als führende europäische KI-Forschungsinstitutionen
- Demonstration deutlicher Fortschritte bei Erklärbarkeit und Vertrauenswürdigkeit von KI

Der Beitrag des BMBF

- **Start einer neuen Förderlinie zu flexiblen, resilienten und effizienten Machine-Learning-Modellen**
- Ausbau der Exzellenzorientierung und strategischen Ausrichtung der **KI-Kompetenzzentren** (61 Mio. Euro pro Jahr)
- Gezielte Forschungsförderung zu Themen wie **Erklärbarkeit, Robustheit und Datenbasis** von KI



2.2 Eine Forschungsagenda für neue Perspektiven aufsetzen

In den letzten Jahren basieren die öffentlichkeitswirksamen Erfolge von KI vor allem auf statistischen Methoden des maschinellen Lernens in Verbindung mit einem deutlichen Wachstum der verfügbaren und genutzten Daten und Rechenleistung. KI weist jedoch ein deutlich breiteres Methodenspektrum auf. Schon die Erweiterung der vorherrschenden statistischen Verfahren um gut verstandene genuine KI-Methoden bietet erhebliche neue Potenziale, die bisher nicht ausgeschöpft sind. Hinzu kommen weitere Herausforderungen, wie datensparsame und energieeffiziente KI oder die Verknüpfung von KI mit neuartigen Rechnerarchitekturen.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- Große KI-Modelle haben systematische Grenzen. Dazu zählen etwa Halluzinationen & Biases, ein mangelndes Verständnis von Mathematik, Logik, zeitlichen Abfolgen und Kausalität, das fehlende Wissen, was gelernt wurde sowie der große Daten- und Energiebedarf der Modelle. Hier ist weitere Forschung nötig, etwa zu multimodalen und hybriden KI-Systemen oder Kontextualisierung.¹⁶
- Auch kleine KI-Modelle, die auf handelsüblichen PCs laufen, haben sich bereits als erstaunlich leistungsfähig erwiesen.¹⁷

16 Vgl. (Löser, et al. 2023)

17 Vgl. (Bager 2023)

- Die Umweltwirkungen von KI, etwa in Bezug auf den Energieverbrauch, werden zunehmend kritisch hinterfragt. Hier sind neue Methoden zur Energie- und Ressourceneffizienz von KI gefragt.¹⁸
- Neue Rechnerarchitekturen eröffnen neue Möglichkeiten für die KI-Forschung.¹⁹
- Daneben bringt KI sowohl Chancen, als auch neue Risiken aus Sicht der IT-Sicherheit mit sich.²⁰

18 Vgl. (Maslej, et al. 2023)

19 Vgl. z. B. (Merkel 2023) sowie (Bacho, Boche und Kutyniok 2023)

20 Vgl. (Mittelstand 4.0 Kompetenzzentren Deutschlandweit 2021)

Ziele: Was wir erreichen wollen

Deutschland darf neue Ansätze in der KI-Forschung, auch jenseits der populären Themen, nicht aus den Augen verlieren. Wir müssen auch hier eine starke Forschung aufbauen, neue Trends frühzeitig aufgreifen und so Chancen für das Entstehen komparativer Vorteile erhalten. Unsere Ziele sind daher:

- Hybride KI-Systeme zu einem Fokusthema der deutschen KI-Forschung machen
- Gezielt die Erforschung und Anwendung von datensparsamen und energieeffizienten KI-Systemen, von föderalem Lernen und „Edge-KI“ sowie von „kleinen KI-Modellen“ vorantreiben
- Die Schnittstelle von KI-Forschung und IT-Sicherheitsforschung gezielt stärken und so die deutschen Stärken in der IT-Sicherheitsforschung, auch in Bezug auf Datenschutz und Recht auf Privatheit, in sichere KI und KI-basierte Sicherheitslösungen „Made in Germany“ umsetzen
- Die KI-Forschung frühzeitig eng mit der Forschung zu neuen Rechnerarchitekturen – insbesondere zu neuromorphem Computing und Quantencomputing – verzahnen
- Hard- und Softwareentwicklung für und mit KI vorantreiben

Der Beitrag des BMBF

- **Entwicklung von KI-Basismodellen für die Wissenschaft zu den Themen Erde, Umwelt, Energie und Klima durch Großforschungseinrichtungen – erweiterbar um europäische Partner**
- Aufbau eines Forschungsnetzes im Bereich „**Neurobiologisch inspirierte KI**“
- Fördermaßnahme „**Sichere Zukunftstechnologien in einer hypervernetzten Welt: KI**“
- Aufbau einer Testumgebung zur **Evaluation von generativer KI in der IT-Sicherheit**, um Chancen & Risiken der Technologie zu erkennen und passende Forschungsschwerpunkte agil voranzutreiben.
- Ausbau der **Mikroelektronik-Forschungsstrukturen für neuromorphes Computing und Quantencomputing**, insb. im Projekt „NeuroTEC II“ sowie an der Forschungsfabrik Mikroelektronik



2.3 Die KI-Infrastruktur zielgerichtet ausbauen

Neben Köpfen sind Daten und Rechenleistung die zentralen Triebkräfte der KI-Revolution. Gerade generative KI-Modelle demonstrieren, wozu das Zusammenspiel dieser drei Faktoren führen kann. Der Vorsprung der Industrie, vor allem bei generativen KI-Modellen, speist sich vor allem aus Vorteilen im Zugang zu diesen drei Komponenten. Rechenzentren und Datenplattformen werden dadurch zunehmend zu „Essential Facilities“; deren Bereitstellung zu einem Teil der Grundversorgung.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- Die Menge der erstellten, verbrauchten und gespeicherten Daten, die verfügbare Rechenleistung und die von den führenden ML-Systemen (d. h. KI-Systeme basierend auf Maschinellem Lernen) genutzte Rechenleistung sind in den letzten Jahrzehnten exponentiell gewachsen.²¹
- Neueste Initiativen fordern die Bereitstellung von Rechenzentren mit mindestens 100.000 GPU.²²

- Von den 36 bedeutsamsten ML-Systemen, die im Jahr 2022 veröffentlicht wurden, stammen zwei aus Deutschland und 12 aus Europa inkl. Großbritannien. Bei den beteiligten Entwicklerinnen und Entwicklern liegt Deutschland auf Platz 7.²³
- Deutschland liegt auf der Liste der Top 500 Supercomputer bei der Anzahl der Systeme auf Platz 3 (hinter USA und China) und bei der Gesamtleistung auf Platz 6 (hinter USA, Japan, China, Finnland und Italien).²⁴

21 Vgl. (Löser, et al. 2023), Abb. 1, 2 und 3

22 Vgl. u.a. (LAION.ai 2023)

23 Vgl. (Maslej, et al. 2023), Section 1.2

24 Vgl. top500.org/statistics/list

Ziele: Was wir erreichen wollen

Die Verfügbarkeit von und der Zugang zu einer KI-Recheninfrastruktur der internationalen Spitzenklasse ist das Fundament, um bei der Erforschung, Entwicklung und Anwendung von KI in der Spitzengruppe mitzuwirken. Hierzu wollen wir:

- Bereitstellung international wettbewerbsfähiger Höchstleistungsrecheninfrastruktur für wissenschaftliche Zwecke, insbesondere auch für KI-Forschende aus Wissenschaft und Wirtschaft
- Deutliche Steigerung der KI-Nutzerzahlen auf den deutschen und europäischen HPC-Systemen und Etablierung der KI-Community unter den TOP 10 der HPC-Nutzercommunities
- Verfügbarkeit von qualitätsgesicherten Daten als Grundlage für KI sicherstellen
- Zugänge zu Rechnern und Daten auch für die Wirtschaft, insb. KMU und Start-ups schaffen
- Gezielt die Erforschung und Entwicklung eines signifikanten Anteils an großen KI-Modellen in Deutschland und Europa ermöglichen

Der Beitrag des BMBF

- **Infrastruktur mit gezielten Initiativen KI-ready machen und Zugang für KI-Community, insb. Start-ups, gezielt verbessern**
- Gezielte **Kooperationen zwischen staatlichen und privaten Akteuren** vorantreiben, bspw. durch Unterstützung der Ansiedlung eines **europäischen Industrierechners** im Rahmen von EuroHPC
- **Gauss Centre for Supercomputing, Nationales Hochleistungsrechnen** und europäische Kooperation im Rahmen von **EuroHPC** als Fundament der deutschen Recheninfrastruktur weiter stärken und für Anwendungen insbesondere im europäischen Zusammenhang öffnen
- Inbetriebnahme von **Höchstleistungsrechnern der Exascale-Klasse**, beginnend mit dem JUPITER-Rechner ab Q4/2024 am Forschungszentrum Jülich und danach sukzessive auch am LRZ in München und am HLRS in Stuttgart
- Über die **KI-Servicezentren** Zugang zu KI-spezifischer Recheninfrastruktur in der Breite schaffen
- Datenverfügbarkeit in der Wissenschaft mit der **NFDI**, der **EOSC** sowie weiteren Fördermaßnahmen u. a. im Gesundheitsbereich weiter ausbauen
- Mit einem **Forschungsdatengesetz** die Auffindbarkeit, den Zugang und die Verknüpfbarkeit von Daten verbessern



2.4 Eine KI-Kompetenzoffensive forcieren

Adäquate Kompetenzen sind der Schlüssel sowohl für den souveränen Umgang mit KI und die Ausschöpfung des vollen Potenzials der Technologie als auch für technologische Souveränität und die Einnahme einer wettbewerbsfähigen und beispielgebenden Rolle Deutschlands bei KI. Das gilt für die Herausforderungen in der Forschung, die ohne Spatenforschende nicht zu lösen sind. Es gilt aber zunehmend auch in vielen anderen Wissenschaftsdisziplinen sowie in der Wirtschaft, da KI sich mehr und mehr zu einem essenziellen Werkzeug über sämtliche Domänen hinweg entwickelt. Kompetenzen sind auch für einen erfolgreichen Forschungstransfer notwendig, da KI-Systeme nur in enger Kooperation mit Domänenexpertinnen und -experten erfolgreich in die Anwendung und Alltagsnutzung gebracht werden können. KI-Kompetenzen werden daher mehr und mehr Teil der digitalen Basisqualifikation in vielen Bereichen der akademischen wie beruflichen Bildung: Ärzte, Chemielaborantinnen, Ingenieure, Kaufleute im Einzelhandel, Betriebswirtinnen, Mediengestalter, Ethikerinnen, Zahntechniker und viele andere werden beruflich, alle Bürgerinnen und Bürger gleichzeitig für ihr Alltagsleben Kompetenzen für einen informierten und souveränen Umgang mit KI und deren Chancen und Risiken benötigen. So beschreibt der AI Act Rechte für Nutzende von KI, die ohne adäquate KI-Kompetenzen kaum wahrgenommen werden können.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- Trotz wachsender Aus- und Weiterbildungsangebote nimmt der Fachkräftemangel im KI-Bereich weiter zu und wird regelmäßig als eines der wichtigsten Hemmnisse für den KI-Einsatz benannt.²⁵

- Dabei gibt es auch in Bezug auf die adäquate Beteiligung der Gesellschaft an der KI-Entwicklung Defizite. So sind unter anderem Frauen weiter unterrepräsentiert.²⁶
- Mit dem neuen Fachkräfteeinwanderungsgesetz ergeben sich auch im Bereich der Schlüsseltechnologien neue Chancen, die es gezielt zu nutzen gilt.

25 Vgl. z.B. (Bitkom 2023), (Klöckner 2023) sowie (Rammer, et al. 2023)

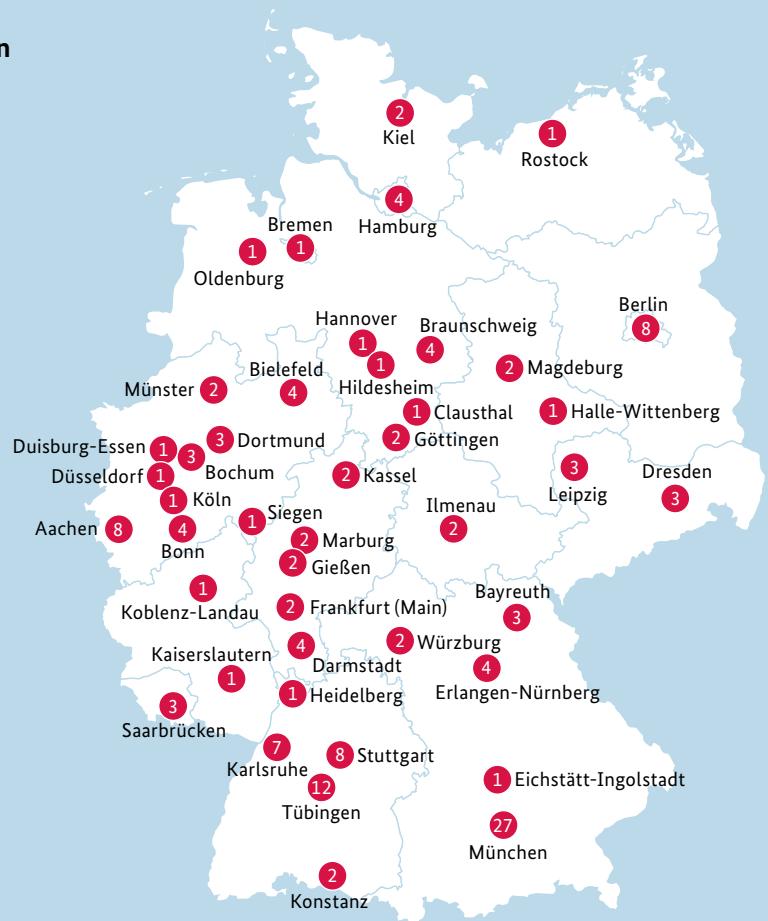
26 Vgl. (Maslej, et al. 2023), Abb. 4.1.14

KI-Professuren an deutschen Universitäten

Universitäten

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen · Universität Bayreuth · Freie Universität Berlin · Humboldt-Universität zu Berlin · Technische Universität Berlin · Universität Bielefeld · Ruhr-Universitäten Bochum · Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn · Technische Universität Braunschweig · Universität Bremen · Technische Universität Clausthal · Technische Universität Darmstadt · Technische Universität Dortmund · Technische Universität Dresden · Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf · Universität Duisburg-Essen · Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt · Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg · Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main · Justus-Liebig-Universität Gießen · Georg-August-Universität Göttingen · Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg · Technische Universitäten Hamburg · Universität Hamburg · Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover · Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg · Universität Hildesheim · Technische Universität Ilmenau · Karlsruher Institut für Technologie · Universität Kassel · Technische Universität Kaiserslautern · Christian-Albrechts-Universität zu Kiel · Universität Koblenz-Landau · Universität zu Köln · Universität Konstanz · Universität Leipzig · Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg · Philipps-Universität Marburg · Ludwig-Maximilians-Universität München · Technische Universität München · Westfälische Wilhelms-Universität Münster · Carl von Ossietzky Universität Oldenburg · Universität Rostock · Universität des Saarlandes · Universität Siegen · Universität Stuttgart · Eberhard Karls Universität Tübingen · Julius-Maximilians-Universität Würzburg

● Anzahl neuer KI-Professuren an diesem Standort



Ziele: Was wir erreichen wollen

Die Verfügbarkeit von KI-Kompetenzen in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft ist eine zentrale Voraussetzung für den souveränen Umgang mit KI, die Nutzung des vollen Potenzials der Technologie sowie, um technologische Souveränität bei KI zu sichern und auszubauen. Wir wollen daher KI-Kompetenzen auf allen Ebenen langfristig sicherstellen. Hierfür setzen wir uns folgende konkrete Ziele:

- Kompetenzbildung zu KI auf allen Stufen von Grundlagen bis Expertenwissen und entlang der gesamten Bildungskette dauerhaft steigern
- Die besten jungen KI-Talente aus aller Welt gewinnen und diese an die deutsche Wissenschaft und Wirtschaft im In- und Ausland binden; hierzu auch die Chancen aus dem Fachkräfteeinwanderungsgesetz gezielt nutzen
- Wissenschaft und Wirtschaft im KI-Sektor fach- und standortübergreifend zum Zwecke der Ausbildung und Forschung vernetzen
- Eine „Förderpipeline“ für KI-Nachwuchsforchende vom Studium bis zur Professur etablieren, mit mindestens 50% Frauenanteil

Der Beitrag des BMBF

- **Neue Initiative zur Förderung von wissenschaftlichen Nachwuchsgruppen unter Leitung von Frauen im Bereich KI**
- Vorhandenes nutzen und weiter stärken, insb. die **KI-Kompetenzzentren**, die bisher **150 zusätzlichen KI-Professuren** durch BMBF-Unterstützung (u.a. Alexander von Humboldt-Professuren für KI, Tenure-Track-Programm), die laufenden Initiativen zur **Unterstützung von KI-Nachwuchsforchenden** (u.a. 42 KI-Nachwuchsgruppen, Zuse Schools of Excellence in AI, Internationale Zukunftslabore KI, KI-Nachwuchs@FH) sowie den **KI-Campus**
- Stärkung der Basiskompetenzen für KI über den **MINT-Aktionsplan 2.0**, die **Toolbox-Datenkompetenz** und die **Datenkompetenzzentren** für die Wissenschaft
- Förderprogramm „**Zukunft eHealth**“ zur gezielten Ausbildung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern an der Schnittstelle KI, Datenwissenschaften und Gesundheitsforschung



3 Anwendung und Transfer

3.1 Den Transfer von KI in Wachstum und wirtschaftliche Chancen forcieren

KI bietet als Schlüsseltechnologie riesige Potenziale in zahlreichen Branchen und Anwendungsfeldern. Die KI-Landkarte der Plattform Lernende Systeme (PLS) listet schon heute über 1.100 Anwendungsbeispiele aus ganz Deutschland auf. Der Weg von einem Anwendungsbeispiel hin zu Wachstum und Wohlstand ist jedoch weit. Abgesehen von einigen bemerkenswerten Ausnahmen – wie Celonis, Aleph Alpha oder DeepL – hat Deutschland bisher kaum mit wirtschaftlichen Erfolgen im KI-Bereich von sich Reden gemacht. Das muss sich ändern. Die Übersetzung der guten wissenschaftlichen Basis in wirtschaftliche Stärke und gesellschaftlichen Nutzen ist gerade bei einer Basistechnologie wie KI, deren Bereitstellung mittelfristig zur Daseinsvorsorge zu zählen ist, unabdingbar. Eine große Herausforderung ist dabei u. a. die systemische, menschenzentrierte Integration autonomer Systeme, z. B. der Robotik, in die betriebliche Praxis mit dem Ziel, innovative Produkte und Dienstleistungen sowie nachhaltige Arbeitsprozesse zu entwickeln und Transfer- und Verwertungskompetenzen zu fördern.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- Nur 15 Prozent der deutschen Unternehmen nutzen KI.²⁷
- Deutschland hat eine sehr umfangreiche KI-Start-up-Szene.²⁸ Die Zahl deutscher KI-Start-ups hat sich in 2023 mehr als verdoppelt.²⁹ Diese sind zudem stark

wissenschaftsbasiert: Über 40 % sind Ausgründungen aus der Wissenschaft, gegenüber 2,4 % aller deutscher Start-ups.³⁰

- Deutschland liegt dennoch bei der Anzahl der zwischen 2013 und 2022 gegründeten **KI-Start-ups** mit 245 nur auf Platz 9, hinter Japan, Indien, Frankreich, Kanada und Großbritannien und deutlich hinter China (1.337) und den USA (4.643).³¹

27 Vgl. (Bitkom 2023)

28 Vgl. (Rammer, et al. 2023)

29 Vgl. (appliedAI 2023)

30 Vgl. (Klüwer, et al. 2023)

31 Vgl. (Maslej, et al. 2023), Abb. 4.2.17

- Im Jahr 2022 betrugen die **privaten Investitionen in KI** in Deutschland 2,35 Mrd. US Dollar, etwa die Hälfte im Vergleich zu Großbritannien (4,37 Mrd. US-Dollar), ein Sechstel im Vergleich zu China (13,41 Mrd. US-Dollar) und ein Zwanzigstel im Vergleich zu den USA (47,36 Mrd. US-Dollar).
- Bei **KI-Patenten** liegt Deutschland regelmäßig im vorderen Mittelfeld (zwischen Platz 5 und 7), hinter den USA und China, aber auch Japan und Südkorea.³²
- Ein Großteil der generativen KI-Modelle sind closed-source und werden von großen amerikanischen oder chinesischen Unternehmen entwickelt.³³

Ziele: Was wir erreichen wollen

Gerade bei der Umsetzung unserer exzellenten KI-Forschung in neue Produkte, Dienste, Geschäftsmodelle, Arbeitsprozesse und Start-ups besteht erheblicher Handlungsbedarf. Aus diesem Grund nehmen wir folgende Ziele in den Blick:

- Aufbau von international sichtbaren regionalen Innovationsökosystemen für die Anwendung von KI in für Deutschland essenziellen Anwendungsfeldern
- Substanzielle Erhöhung der Anwendungsbreite, der Integration und des Praxistransfers von KI, der betrieblichen Kompetenzentwicklung und damit des Anteils der KI-nutzenden Unternehmen
- Verfügbarmachung von erprobten KI-Methoden & -Modellen in einer produktionsnahen Anwendung insb. für KMU
- Innovationspotenziale KI-basierter Robotik nutzen
- Verdopplung der Patentzahlen und Erreichen der Parität mit Japan und Südkorea
- Anstieg der Zahl der aus der Wissenschaft ausgegründeten KI-Start-ups

Der Beitrag des BMBF

- **Weitere Stärkung der Spitzenforschung zur KI-basierten Robotik und Bündelung mit einem Aktionsplan „Robotikforschung“ des BMBF**
- Gezielte Beratung und Förderung von **KMU** beim Einsatz von KI, insb. durch die **KI-Servicezentren**, die „**Regionalen Kompetenzzentren der Arbeitsforschung – KI**“ und die Maßnahme „**KI4KMU**“
- **Schwerpunkt Produktion:**
 - Entwicklung von Maßnahmen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Funktionalität von Maschinen & Ausrüstungen der Fertigungstechnik durch den verstärkten KI-Einsatz (**ProLern**)
 - Förderung von Industrie 4.0 – GAIA-X-Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken unter Nutzung von KI (**InGAIA-X**)
 - Forcierung des Einsatzes von KI in der Produktion durch **Transfer- und Demonstrationszentren**
- gezielter Aufbau von **regionalen Innovationsökosystemen mit Schwerpunkt KI**, aufbauend auf exzellenten Forschungsstandorten
- Verbesserung der Voraussetzungen für **Deep Tech Ausgründungen** im Bereich KI, etwa in Kooperation mit den KI-Kompetenzzentren und den KI-Servicezentren
- Entwicklung und Erprobung von **niedrigschwelligen Förderzugängen**, insb. für KMU und Start-ups
- Verbesserung der **Wechselmöglichkeiten zwischen Wissenschaft und Wirtschaft**, auch im Austausch mit den Ländern
- Förderung von **übergreifenden Projekten**, in denen die verschiedenen **Elemente/Schichten** und Stakeholder von KI (Forschung, Recheninfrastruktur, Daten, Anwendung) gezielt **zusammenwirken**
- Unterstützung von KI-Projekten der Bundesagentur für Sprunginnovationen **SPRIND**

32 Vgl. (Kroll, et al. 2022)

33 Vgl. (Löser, et al. 2023) und (Solaiman 2023)



3.2 KI im Bereich Gesundheit: gesellschaftlicher Nutzen für alle

Die Potenziale von KI gehen weit über wirtschaftliche Anwendungen und die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit in diversen Branchen hinaus. Gerade im Bereich Gesundheit eröffnet sich ein breites Anwendungsfeld für KI. Sie kann dazu beitragen, die Patientenversorgung besser und kosteneffizienter zu gestalten und das medizinische Fachpersonal zu entlasten. Auch für die Gesundheitsforschung ergeben sich herausragende Potenziale. KI in der datenbasierten biomedizinischen Forschung bedeutet heute: große und möglichst repräsentative Datenmengen schnell und intelligent auswerten und auf medizinisch relevante Fragestellungen anwenden. Damit kann KI enorme Innovationspotenziale heben. KI verändert so die Medizin in Richtung Zukunft.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- KI unterstützt bereits bei der Diagnose und Therapie sowie bei Prozessen im Versorgungsalltag. So können KI-basierte klinische Entscheidungsunterstützungssysteme das medizinische Personal im Versorgungsalltag entlasten. Die Potenziale sind jedoch bei weitem noch nicht ausgeschöpft.³⁴
- KI-gestützte Methoden und Analysewerkzeuge treiben das Verständnis biomedizinischer Prozesse voran und bilden eine Grundlage für die Erstellung individueller & zeitlich früh ansetzender Risiko-profile bei der Prävention und Diagnostik. So unterstützen KI-Analysen z. B. in der Krebsforschung Ärzte bei der Einschätzung, welche Behandlungsansätze die besten Chancen auf Erfolg haben.

- Die Entwicklung neuer Wirkstoffe wird zunehmend durch den Einsatz von KI beschleunigt. Neue Potenziale zur gezielteren und kosteneffizienteren Wirkstoffsuche und Prüfung werden insbesondere von der Pharma- und Biotech-Industrie unter Einsatz von KI entwickelt.
- Das Ergebnis von KI-Anwendungen hängt stark von der Menge der zur Verfügung stehenden Daten und deren Qualität und Repräsentativität ab. Hinzu kommen besondere Anforderungen bei Gesundheitsdaten in Bezug auf Zuverlässigkeit, Sicherheit und Datenschutz.

Ziele: Was wir erreichen wollen

KI ist ein Innovationstreiber im Bereich Gesundheit. KI bringt Fortschritte in der Medizin, von denen jeder profitieren kann. Daher wollen wir auch weiterhin die KI-Potenziale im Gesundheitsbereich heben und folgende Maßnahmen umsetzen:

- breite Forschungsförderung zu KI in den Bereichen Gesundheit und Pflege, um Chancen und Möglichkeiten zum Wohle aller zu nutzen
- Gewinnung und Förderung von wissenschaftlichem KI-Nachwuchs und KI-Talenten im Gesundheitsbereich, um dem demografischen Wandel und dem Fachkräftemangel zu begegnen
- Ausbau und Stärkung von Dateninfrastrukturen, um die Verfügbarkeit von biomedizinischen Daten für KI-Anwendungen zu stärken

Der Beitrag des BMBF

- **Start einer Förderinitiative für neue Ansätze des Datenteilens und der Datenanalyse in der Long-/Post-COVID-Forschung**
- Aufbau eines Forschungsnetzes „**Neurobiologisch inspirierte KI (Neuro-KI)**“ zur Weiterentwicklung von KI-Technologien auf Basis von neurobiologischen Erkenntnissen und (Weiter-) Entwicklung von KI-Anwendungen im neurowissenschaftlich-medizinischen Bereich
- Fortsetzung und Ausbau der Fördermaßnahme für neue Ansätze der **Datenanalyse und des Datenteilens in der Krebsforschung**
- Start einer Förderrunde „**Computational Life Sciences**“ zur Entwicklung KI-gestützter Analysewerkzeuge bei der Erforschung von postakuten Infektionssyndromen (PAIS)
- Fortsetzung der Förderlinie „**Stärkung der Modellierungskompetenz zur Ausbreitung schwerer Infektionskrankheiten (MONID)**“ zur KI-Nutzung für die Datenauswertung & Modellkalibrierung
- Förderlinie „**KI-basierte Assistenzsysteme für prozessbegleitende Gesundheitsanwendungen**“ zur Unterstützung von medizinischen, organisatorischen oder administrativen Abläufen in Krankenhäusern mit KI-Methoden
- Förderrichtlinie „**Repositorien und KI-Systeme im Pflegealltag nutzbar machen**“ zur Unterstützung von Pflegekräften und pflegenden Angehörigen sowie zur Verbesserung der Selbstbestimmung und Lebensqualität pflegebedürftiger Personen mit Hilfe von KI-Anwendungen
- Förderrichtlinie zur Erforschung von **ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekten (ELSA)** der Digitalisierung bei Projekten im Bereich KI
- Nachhaltige Gewinnung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den MINT-Bereichen für die Forschung im Bereich eHealth mit einem neuen Förderprogramm „**Zukunft eHealth**“
- Vielfältige Maßnahmen der **institutionell geförderten Einrichtungen** der Lebenswissenschaften zu Anwendungen von KI im Medizinbereich, z. B. die Koordination der AI Plattform der Helmholtz Gemeinschaft durch das Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU) sowie eigene Institute & Projektteams, die sich schwerpunktmäßig mit der stärkeren Nutzung von KI im Gesundheitswesen befassen: Institute of Machine Learning in Biomedical Imaging am HMGU, Initiative Metrics Reloaded unter Leitung des Deutschen Krebsforschungszentrums (DKFZ); Einsatz von Swarm Learning als methodischer Ansatz für die Arbeit mit großen Datenmengen am Deutschen Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE).
- Die sechs „**Digitalen FortschrittsHubs Gesundheit**“ (als Modul der Medizininformatik-Initiative) haben zum Ziel, Forschungsmöglichkeiten und Patientenversorgung durch innovative IT-Lösungen und eine gemeinsame Datennutzung über Universitätskliniken und regionale Gesundheitseinrichtungen hinweg u. a. mit KI-Anwendungen zu verbessern.
- Das **Netzwerk Universitätsmedizin (NUM)** hat, u. a. in Kooperation mit der Medizininformatik-Initiative, eine Reihe von Infrastrukturen aufgebaut, die eine bessere Nutzung medizinischer Daten auch für KI Anwendungen ermöglichen. Zudem gibt es Teilvorhaben des NUM, die sich spezifisch mit KI-Anwendungen befassen, z. B. zur Auswertung und Befundung radiologischer Bilddateien.



3.3 Den gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Nutzen von KI gezielt erschließen

Auch in zentralen gesellschaftlichen Anwendungsfeldern wie der Energieversorgung, der zivilen Sicherheit und im Journalismus, aber auch für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, den Schutz und die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen sowie die Sicherung von Biodiversität und Ökosystemleistungen bietet KI erhebliche Chancen, die es zu heben gilt. Auch in diesen Bereichen müssen dabei besondere Anforderungen in Bezug auf Zuverlässigkeit, Sicherheit und Datenschutz beachtet werden.

Darüber hinaus kann und wird KI künftig eine zentrale Rolle im wissenschaftlichen Prozess einnehmen. Neben der bereits etablierten Nutzung von KI in der Datenauswertung oder bei simulationsbasierten Analysen reichen die künftigen Anwendungsmöglichkeiten von der Entwicklung von Forschungsfragen und -hypothesen über die Automatisierung der Literaturrecherche und ganzer Experimente bis hin zur Unterstützung im Schreibprozess oder in der Peer Review. Zugleich ergeben sich auch hier neue Fragen zu den Voraussetzungen, Kriterien und Funktionen einer KI-getriebenen Wissenschaft.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- KI kann zum Erreichen von 134 der 169 Unterziele der 17 UN-Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDG) einen positiven Beitrag leisten.³⁵

35 Vgl. (Vinuesa, et al. 2020)

- KI wird schon heute auf vielen Stufen des wissenschaftlichen Prozesses eingesetzt und bietet noch weit mehr Potenziale für eine Steigerung der wissenschaftlichen Produktivität.³⁶ So wurden im Jahr 2022 mithilfe von KI signifikante Fortschritte in der Mathematik, der Fusions- und der Antikörperforschung erzielt.³⁷

36 Vgl. hierzu u. a. (Nolan 2023) sowie (Ghosh 2023)

37 Vgl. (Maslej, et al. 2023), Section 2.9

- Zugleich wirft der KI-Einsatz in der Wissenschaft neue Fragen auf, etwa zu wissenschaftlichen Gütekriterien, zu Urheberrecht und Autorenschaft, zu den (infra)strukturellen Voraussetzungen von Wissenschaft, zur Ausbildung von Forscherinnen und Forschern oder zu Dual-Use.³⁸ So trägt KI zu einem enormen Aufwuchs sog. „Fake Science“ bei, d. h. vorgeblich wissenschaftliche Arbeiten mit unsinnigen Inhalten, die dennoch in akademischen Zeitschriften publiziert werden.³⁹
- Durch KI-basierte Anwendungen können neue Möglichkeiten im Wissenschaftsjournalismus geschaffen werden, um der Informationsflut zu begegnen und frühzeitig Informationen für neu aufkommende Themen und aktuelle Trends in der Wissenschaft bereitzustellen.

Ziele: Was wir erreichen wollen

Der gesellschaftliche Nutzen von KI muss weiterhin eine zentrale Rolle für die KI-Politik der Bundesregierung einnehmen. Wir wollen die erheblichen Potenziale von KI für eine nachhaltigere, resilientere und sicherere Wirtschaft und Gesellschaft und für neue Ansätze in der Wissenschaft gezielt heben. Konkret setzen wir uns folgende Ziele:

- Erschließen von KI als Instrument für digitale Nachhaltigkeitsinnovationen und eine Transformation im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung
- Etablierung von Nachhaltigkeit als Schwerpunkt der deutschen KI-Landschaft und Aufbau von Netzwerken zwischen KI-Forschung sowie Klima- und Umweltforschung
- Entwicklung von Entscheidungsunterstützungs-Plattformen, um Kommunen bei beschleunigten und trotzdem fundierten Entscheidungen für die städtische Klimaanpassung zu unterstützen
- Umfassende Nutzung von KI als Instrument der Biodiversitätsforschung

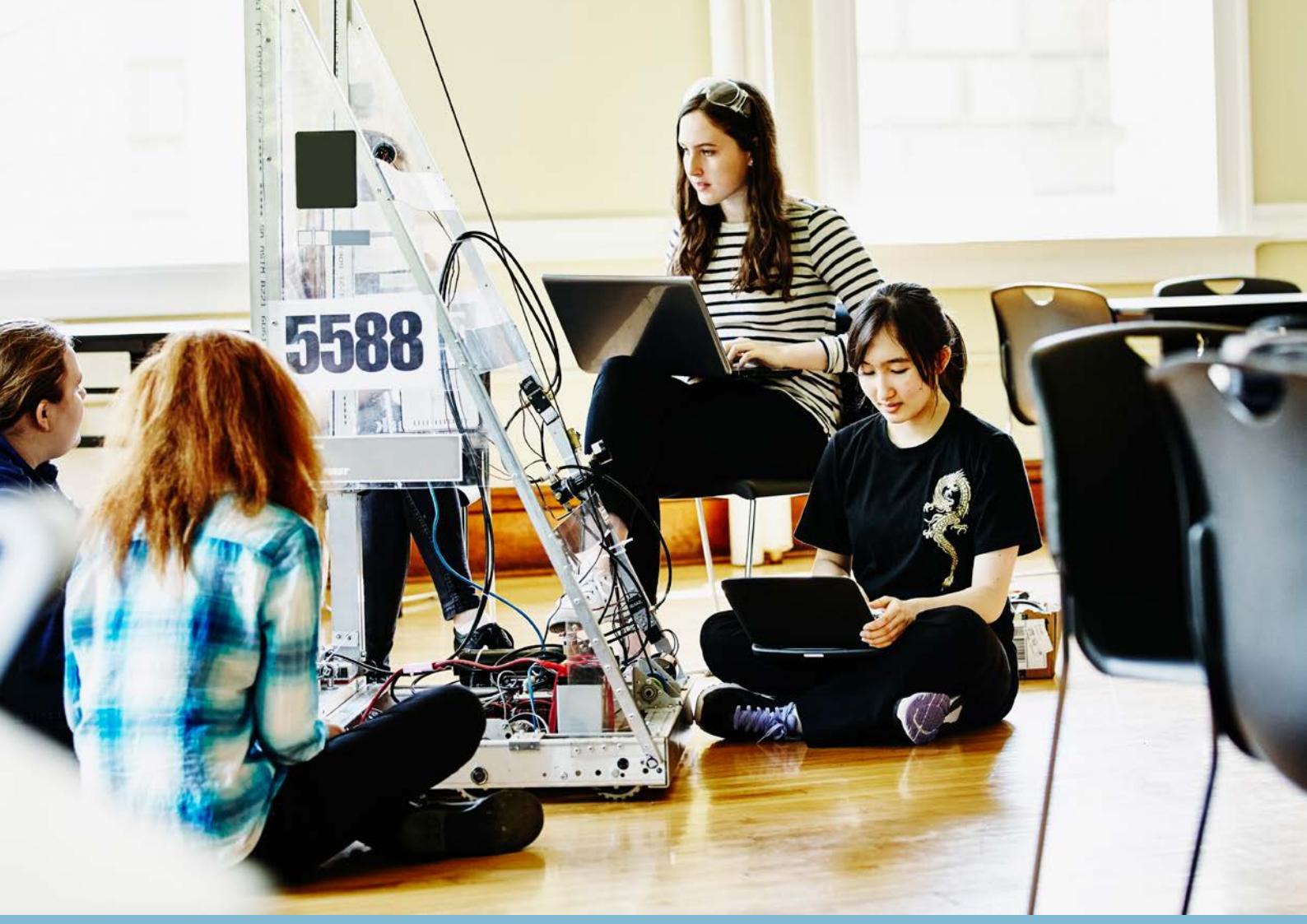
- Erhöhung der zivilen Sicherheit durch die Anwendung von KI-basierten und anwendertauglichen, digitalen Werkzeugen
- Etablierung von KI als Standardinstrument der Wissenschaft und Schaffung der dafür notwendigen Voraussetzungen, insbesondere an den außeruniversitären Forschungseinrichtungen
- Stärkung der interdisziplinären Vernetzung zwischen der KI-Forschung und anderen Fachdisziplinen und Anwendungsdomänen

Der Beitrag des BMBF

- **neue Runde der Förderrichtlinie „Digital Greentech“ mit einem Fokus auf das Thema „Wasserbilanz“, auch von KI**
- Stärkung der KI-Nutzung an den **institutionell geförderten Forschungseinrichtungen**
- Gezielte Förderinitiativen für die KI-Nutzung u. a. in der **Materialforschung**, der **Klimaforschung** und bei der **physikalischen Grundlagenforschung an Großgeräten**
- **Maßnahmen im Kontext KI & Nachhaltigkeit**, insb. KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen, Fördermaßnahme zum Einsatz von KI in der Biodiversitätsforschung, Stärkung der KI-Nutzung in der kommunalen Planung zur Steigerung der Klimaresilienz
- Förderung von Projekten zu KI-basierten und anwendungsorientierten Sicherheitslösungen im Programm „**Forschung für die zivile Sicherheit**“
- Förderung des Science Media Centers (SMC) zur technologischen Verstärkung, Erweiterung und Verbesserung („Augmentierung“) des **Wissenschaftsjournalismus**

38 Vgl. u.a. (Flanagan, Ferri De Oliveira und Ribeiro 2023)

39 Vgl. (Sabel, et al. 2023)



3.4 Erforschen und Gestalten von KI basierten Technologien im Bildungssystem

Der Einsatz von KI-basierten Innovationen verändert nicht nur unseren Alltag, sondern ebenso unser Bildungssystem und die Art und Weise, wie wir lehren und lernen und neues Wissen generieren. Im Bildungsbereich bietet KI Chancen für individuelle Förderung und die Unterstützung von Lehrkräften und Ausbildungspersonal. Zugleich konfrontiert KI das Bildungssystem mit neuen Anforderungen an Kompetenzen und Qualifikationen, Lehr- und Lernprozesse, Leistungsmessung und Prüfungsformate, Qualitätskontrolle und Zertifizierung von Bildungs-materialien und -medien.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- Es liegen bislang nur wenige Studien zum Einsatz von KI im Bildungsbereich und der Berufsbildung vor.
- Erkennbar werden die Potenziale von KI im Bildungsbereich und der Berufsbildung bislang nicht ausgeschöpft.⁴⁰

- Die (Aus-)Bildungspraxis steht vor der Herausforderung, die Unterrichts- und Ausbildungsgestaltung, aber auch Prüfformate sowie die Schulorganisation und -verwaltung durch die voranschreitende Entwicklung von KI zu überdenken und weiter-zuentwickeln.
- Lernende sowie Lehrkräfte benötigen spezifische Kompetenzen für die souveräne Nutzung von KI.⁴¹

Ziele: Was wir erreichen wollen

KI soll in der Bildung verantwortungsvoll dort eingesetzt werden, wo durch KI Prozesse und Ergebnisse des Lernens und Lehrens (bei geringem Risiko) verbessert werden. Unsere Ziele sind:

- Forschung vorantreiben, die eine Wissensbasis verbessert und das Bildungssystem dabei unterstützt, sich auf KI einzustellen und damit umzugehen
- KI-Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern und Lehrkräften fördern
- Einsatz von KI im Bildungsbereich ausgerichtet am Primat der Pädagogik anregen und unterstützen
- (Mit-)Gestaltung von nationalen und internationalen Prozessen zu Digitalisierung und zu KI in der Bildung
- Verankerung von KI als Lerninhalt und Werkzeug in der Breite der Bildungsbiografien
- Leitlinien entwickeln für Nutzungs- und Einsatzszenarien, zu Themen wie Datenschutz und Datenverwaltung, Rechenschaftspflicht, Kontrolle und Transparenz sowie Inklusion und gesellschaftlichem Wohlergehen.

Der Beitrag des BMBF

- **Stärkung der Bildungsforschung: Erforschung der Möglichkeiten und Grenzen von KI zur Unterstützung von (I) Lernprozessen, zur (II) Unterrichtsgestaltung und zur (III) Optimierung der Organisationsprozesse in Bildungseinrichtungen⁴²**
- Betrachtung der Chancen und Herausforderungen für den KI-Einsatz sowie deren Auswirkungen in der **beruflichen Bildung** (durch das BIBB)
- **Förderung von KI-Projekten** im Rahmen des **Innovationswettbewerbs INVITE**, des **Digitalpakts Schule**, der **OER-Strategie**, der **Kompetenzzentren für digitales und digital gestütztes Unterrichten in Schule und Weiterbildung**, im **Forschungsschwerpunkt Digitalisierung im Bildungsbereich** sowie der **kulturellen Bildung**
- **Vernetzung der KI-Kompetenzzentren** mit den **Kompetenzzentren für digitales und digital gestütztes Unterrichten in Schule und Weiterbildung**
- Gezielte Initiativen (Beratung, Förderung) mit Blick auf die Nutzung von **generativer KI** im Bildungssystem
- Forcierung von länderübergreifenden Initiativen zur **Entwicklung von KI-Leitlinien für die Schulen**
- Stärkeres **Engagement in internationalen Gremien** sowie in nationalen öffentlichen Debatten, um die Steuerung und Gestaltung von nationalen & internationalen Prozessen zu KI im Bildungsbereich voranzutreiben (Bspw. bei der Digitalen Dekade der EU oder dem KI Chancentalk)
- **Bund-Länder-Initiative „KI in der Hochschulbildung“** zum Ausbau des Fachkräfteangebots im Bereich Künstlicher Intelligenz und zur Verbesserung der Hochschulbildung unter Nutzung von KI



4 Erfolgsbedingungen

4.1 Den europäischen und internationalen Schulterschluss noch stärker suchen

Deutschland allein wird sich im zunehmend intensiveren Wettkauf von Staaten und Unternehmen um die Entwicklung von KI-Innovationen wie auch um Markt- und Gestaltungsmacht bei KI schwer behaupten können. Marktgröße ist im globalen Technologiewettbewerb ein wichtiger Faktor. Einzelne europäische Staaten sind hier im Vergleich zu großen Wirtschafts- und Innovationsräumen wie den USA oder China in einem strategischen Nachteil. Auch die notwendige Infrastruktur für KI erfordert gemeinsame Investitionen. Aus diesem Grund ist der gezielte Schulterschluss auf europäischer Ebene und mit weiteren internationalen (Werte-)Partnern ein wichtiger Aspekt.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- Die Anzahl der internationalen Forschungskooperationen zu KI ist in den letzten zehn Jahren stark gestiegen. Gemessen an gemeinsamen Publikationen besteht das höchste Maß an Vernetzung zwischen den USA, China und Großbritannien; gemeinsame KI-Publikationen von deutschen und US-amerikanischen Wissenschaftlern sind am vierthäufigsten.⁴³
- Deutschland ist im Bereich KI besonders stark mit europäischen Nationen vernetzt, insbesondere

Österreich, der Schweiz, Italien und skandinavischen Ländern.⁴⁴

- Deutsche Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind Partner und wesentliche Treiber der europäischen KI-Netzwerke ELLIS und CLAIRE, der europäischen Partnerschaft „AI, Data and Robotics“ im Forschungsrahmenprogramm „Horizont Europa“ und der vier bisher gestarteten „Testing- and Experimentation Facilities (TEFs)“ der EU für KI.⁴⁵

⁴³ Vgl. (Kroll, et al. 2022), Tabellen 4–7.

⁴⁵ Vgl. ellis.eu, claire-ai.org, adr-association.eu, tefhealth.eu, agrifoodtef.eu, ai-matters.eu sowie citcom.ai.

Ziele: Was wir erreichen wollen

Die europäische und internationale Vernetzung soll ein Markenzeichen des deutschen KI-Ökosystems werden. Deutschlands Forscherinnen, Forscher und Unternehmen sollen hier noch gezielter als Kern länderübergreifender Kooperationen agieren. Zudem sollen die deutschen Interessen hinsichtlich der Anwendung von KI-Systemen im Bereich der allgemeinen und beruflichen Bildung in die Initiativen auf europäischer Ebene aktiv und im engen Austausch mit den europäischen Partnern eingebracht werden. Dazu wollen wir:

- den Umfang europäischer und internationaler Forschungskooperationen unter Beteiligung Deutschlands deutlich ausbauen
- gerade im Nachwuchsbereich die internationale Zusammenarbeit vorantreiben, um frühzeitig Netzwerke zu schmieden
- den europäischen und internationalen Dialog zu KI aktiv mitgestalten und insbesondere in allen relevanten Prozessen auf EU-Ebene KI-Aspekte sichtbar und wirksam einbringen.

Der Beitrag des BMBF

- **Organisation eines hochrangigen KI-Workshops der Wissenschaft auf europäischer Ebene, um die europäische KI-Kooperation mit gemeinsamen Initiativen zu stärken**
- **Deutsch-französische** KI-Initiative fortsetzen (Projekte der 2. Förderrunde im Juni 2023 gestartet)
- **Bi- und multilaterale Kooperationen** im Bereich KI mit Wertepartnern weiter stärken (bisher u. a. mit Tschechien, Japan, Südkorea und Kanada, zukünftig auch mit Brasilien & Indien)
- **ELLIS** als europäische & internationale Vernetzungsplattform für KI-Nachwuchsforschende etablieren
- Förderung der international vernetzten KI-Forschung sowie von internationalen Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern über die **Internationalen Zukunftslabore zur KI**
- Europäische und internationale Vernetzung und Kooperation im Rahmen des deutsch-kanadischen **Eureka**-Vorsitzes 2024/25 aktiv vorantreiben.
- Verhandlung aktueller europäischer Initiativen des europäischen **Aktionsplans Digitale Bildung** im KI-Kontext (aktuell bis Ende 2023 zwei Ratsempfehlungen und eine Ratsschlussfolgerung)
- Unterstützung für KI als eine der Aktionen auf der künftigen „**ERA Policy Agenda**“, die die Themen der fokussierten und ergebnisorientierten Zusammenarbeit der EU-27 und EU Kommission für die Jahre 2025–27 definiert
- Mit dem **Nationalen Aktionsplan für den Europäischen Forschungsraum** das Thema KI noch systematischer verankern und nach Europa tragen.
- Verknüpfung der nationalen KI-Aktivitäten mit den Aktivitäten im Rahmen der europäischen Innovationsagenda vorantreiben
- In den Verhandlungen zum **10. EU-Forschungsrahmenprogramm** die Bedarfe der KI-Forschung nachdrücklich vertreten.



4.2 Den gesellschaftlichen Dialog & die multi-disziplinäre Forschung zu KI vorantreiben

Als Schlüsseltechnologie wird KI nahezu alle Bereiche der Gesellschaft durchdringen und damit Auswirkungen auf Grundpfeiler unseres gesellschaftlichen Zusammenlebens und unserer Demokratie haben. Die Gestaltung von KI muss daher der Gesellschaft als Ganzes und unserer Demokratie gerecht werden; wir dürfen dies nicht der Marktmacht einiger weniger Tech-Unternehmen oder den Ambitionen autoritärer Staaten überlassen. Auch eine allein technikgetriebene Perspektive auf KI ist hier zu wenig. Vielmehr gilt es, verschiedene Perspektiven und Standpunkte gezielt zu integrieren und zugleich die Voraussetzungen für eine informierte Diskussion zu schaffen.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- Die aktuelle KI-Entwicklung ist wesentlich von einigen wenigen privatwirtschaftlichen und staatlichen Akteuren und deren Interessen getrieben. Dies hat unmittelbare Auswirkungen auf die verfolgten Forschungs- und Entwicklungsansätze und bereits jetzt auf Grundbausteine aufgeklärter demokratischer Gesellschaften.⁴⁶
- KI bietet auch im demokratischen Prozess diverse Chancen, insb. für Informations- und Mobilisierungsprozesse, aber auch Risiken, etwa in Form von

Filterblasen, Fake News oder missbräuchliches Microtargeting.⁴⁷

- Ein adäquates Verständnis von KI erfordert eine multi- und interdisziplinäre KI-Forschung.⁴⁸
- Mit dem Wissenschaftsjahr 2019 hat das BMBF erfolgreich den gesellschaftlichen Dialog über KI vorangetrieben.

46 Vgl. (Acemoglu und Johnson 2023), Kapitel 8 & 9

47 Vgl. z. B. (Heesen, et al. 2021)

48 Vgl. z. B. (Rahwan, et al. 2019)

DE PLATTFORM FÜR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

KONTAKT PRESSE NEWSLETTER EN

Lernende Systeme

THEMEN ERGEBNISSE KI-LANDKARTE BEST PRACTICE INFOTHEK NEWS ÜBER UNS

KI FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

Künstliche Intelligenz ist ein hilfreiches Werkzeug, um aus Daten einen Mehrwert zu erzeugen. KI kann Unternehmen, Institutionen und Einzelne wissam dabei unterstützen, ökologisch verträglich, sozial gerecht und wirtschaftlich erfolgreich zu handeln.

Startseite Themen Schwerpunktthemen Nachhaltigkeit

Eine Maschine bewässert Salatspätzen in einem Gewächshaus

▲ ● ⚡

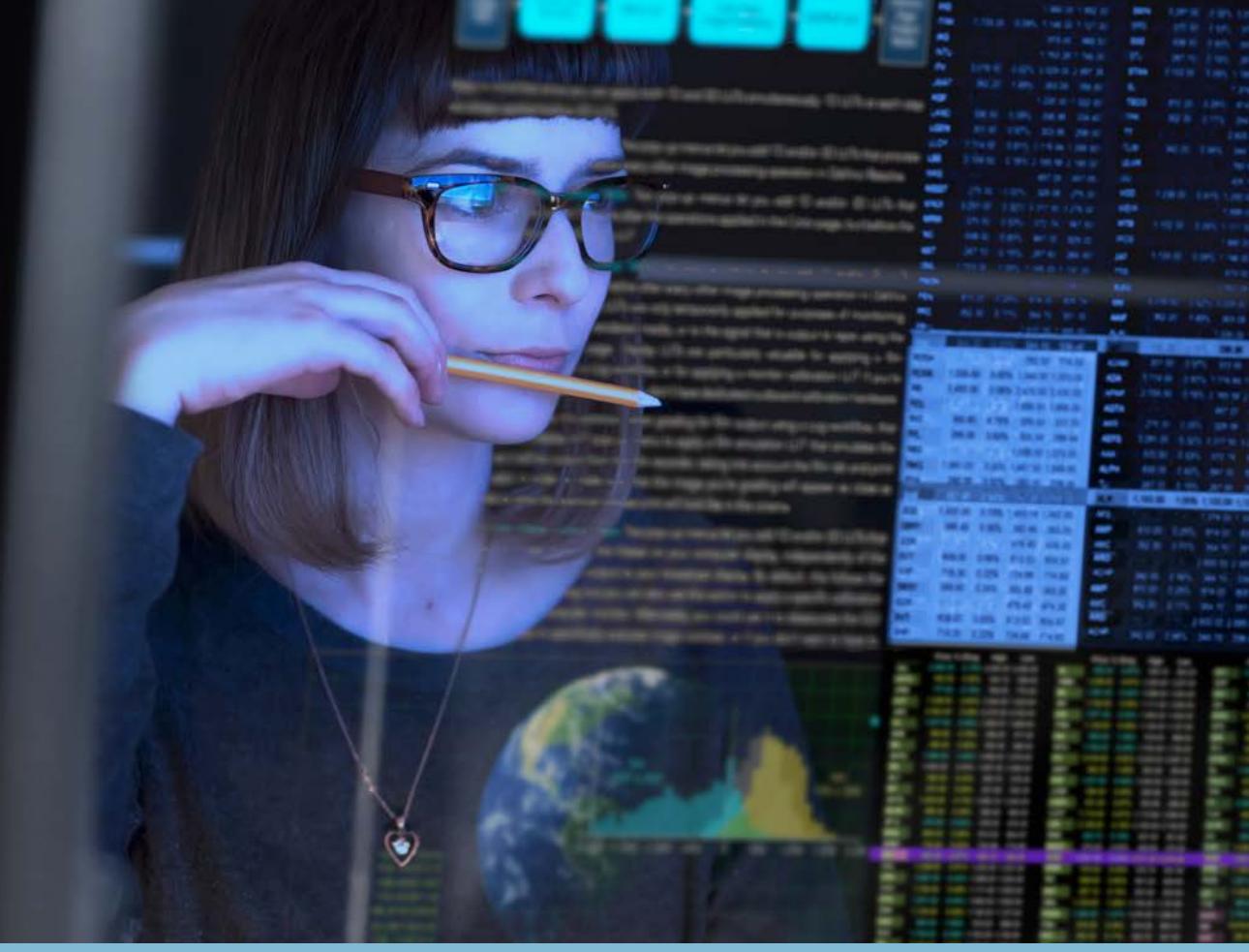
Ziele: Was wir erreichen wollen

KI sollte verantwortungsvoll in unsere Gesellschaft und unser Rechts-, Werte- und Institutionensystem integriert werden. Dies erfordert eine breite gesellschaftliche Debatte, für die sich das BMBF als Ermöglicher und Treiber versteht. Konkret wollen wir:

- Plattformen für die informierte und wissenschaftsbasierte gesellschaftliche Diskussion über KI schaffen
- die multi- und interdisziplinäre Forschung über KI vorantreiben und diese Perspektiven auch in die Weiterentwicklung von KI-Methoden und -Systemen einfließen lassen
- Datenbasierte Analysen zu KI als Schlüsseltechnologie, dem internationalen Stand der Entwicklung und der Position Deutschlands in der Welt vorantreiben
- Abschätzung der Chancen und der Auswirkungen, die KI auf unser Zusammenleben, den Einzelnen und die Gesellschaft haben und wie damit umgegangen werden kann
- die technologische Weiterentwicklung von KI durch hierzu passende Soziale Innovationen komplementieren

Der Beitrag des BMBF

- Durchführung eines internationalen Symposiums „**KI in der Digitalen Demokratie**“
- Start eines **interdisziplinären Vorhabens zu gesellschaftlich vertrauenswürdigen KI-Systemen**, um grundlegende Fragen zu Wahrnehmung, Erwartung und Umgang mit KI in der Anwendung zu klären
- Stärkung der **Plattform Lernende Systeme** als zentrale Stakeholder-Plattform für die wissenschaftsbasierte Debatte zu KI
- Vorantreiben der **multi- und interdisziplinären Begleitforschung** zu ethischen, rechtlichen und sozialen Implikationen von KI und Rückkopplung in die KI-Forschung
- Förderung **interdisziplinärer KI-Forschung**, z. B. zu Erklärbarkeit
- Chancenorientierte **Folgenabschätzung** der Auswirkungen der neuen KI-induzierten Möglichkeiten
- Stärkung KI-basierter **Sozialer Innovationen**



4.3 Eine passfähige, agile und innovationsfreundliche Regulierung beschließen

Die große Dynamik der letzten Monate hat auch die Sorgen um die Gefahren und Risiken einer unkontrollierten KI-Entwicklung und -Nutzung bestärkt und die Rufe nach Kontrollmechanismen und Regulierung lauter werden lassen.⁴⁹ Die Forderungen reichen dabei von freiwilliger Selbstkontrolle der Wirtschaft⁵⁰ bis hin zu einem KI-Moratorium oder gar kompletten Verbot.⁵¹ Klar ist: Um die KI-Revolution zum Wohle der Gesellschaft zu gestalten, müssen die Risiken von KI ermittelt und erforscht und durch geeignete Maßnahmen geregelt werden. Regulierung ist hier ein Teil der Antwort. Auch die Akzeptanz von KI in Deutschland wird wesentlich davon abhängen, ob es gelingt, schädliche oder unethische Auswirkungen von KI regulatorisch zu beherrschen. Andererseits wird eine Überregulierung von KI – in Form von Bürokratie, Verboten oder Anforderungen, die aus technischen Gründen oder aufgrund des organisatorischen Aufwands kaum zu erfüllen sind – weithin als ein großes Hindernis für die Nutzung von KI gesehen. Die Herausforderung besteht somit darin, die Risiken zu minimieren und zugleich das Werkzeug KI nicht so einzuschränken, dass das Potenzial nicht genutzt werden kann und wir hinter „sorglosere“ Länder zurückfallen.

Ausgangslage: Wo wir stehen

- Seit 2016 ist die Anzahl der Gesetze mit KI-Bezug weltweit stark angestiegen.⁵²
- Die EU erarbeitet mit dem AI Act, als eine der ersten Weltregionen, eine umfassende, horizontale Regulierung von KI. Nach der Vorlage des Entwurfs

49 Vgl. z. B. (Center for AI Safety 2023)

50 Vgl. u. a. (Wirtschaftswoche 2023)

51 Vgl. (Future of Life Institute 2023) sowie (Yudkowsky 2023)

52 Vgl. (Maslej, et al. 2023), Section 6.1

der EU-Kommission im April 2021 und den dazu vorgelegten Kompromissvorschlägen des Europäischen Rates (6. Dezember 2022) und des Europäischen Parlaments (14. Juni 2023) läuft aktuell der Trilog.

- Der AI Act folgt einem risikobasierten Regulierungsansatz: Je größer das (abstrakte) Risiko einer KI für die Verletzung von Grundrechten oder Sicherheit, desto strenger die regulatorischen Anforderungen. Dabei müssen KI-Systeme mit hohem Risiko besondere Anforderungen bezüglich Transparenz

und Sicherheit erfüllen. Für KI-Systeme mit niedrigem Risiko ist dies freiwillig. KI-Systeme mit zu hohem Risiko werden verboten.

- Um die Einhaltung der Anforderungen sicherzustellen und zu gewährleisten, sollen europaweit Prüf- und Zertifizierungsstellen eingerichtet werden. Parallel hat die EU-Kommission bereits Aufträge zur Erarbeitung entsprechender Normen und Standards an die zuständigen Gremien gegeben, die den Prüfprozess und die Einhaltung der Anforderungen erleichtern sollen.

Ziele: Was wir erreichen wollen

Das BMBF begrüßt grundsätzlich den risikobasierten Ansatz des aktuellen Entwurfs. Gleichzeitig sind folgende Ziele für das weitere Verfahren essenziell:

- Forschung und Innovationen weiter ermöglichen, insbesondere durch KMU, Start-ups und tech-basierte Social-Start-ups
- nicht KI-Forschung, sondern KI-Nutzung ausbalanciert regulieren; Sonderregelungen für die Forschung schaffen
- technologische Möglichkeiten bei den Anforderungen an KI-Systeme beachten
- Normen & Standards forschungsbasiert entwickeln; Wissenschaftlerinnen & Wissenschaftler dabei und in den Prüf- und Zertifizierungsstellen eng einbinden

Der Beitrag des BMBF

- Einsatz im Ressortkreis für eine chancenorientierte, innovations- und forschungsfreundliche Regulierung
- Nutzung von KI für wissenschaftliche Forschung sollte nicht der Regulierung unterliegen (Unterstützung für die Position des Europäischen Parlaments)
- Fachliche Begleitung der **KI-Normungsroadmap**

4.4 Anhang

Anhang A. Initiativen des BMBF

Eine Übersicht der BMBF-Initiativen zum KI-Aktionsplan finden Sie auf der Internetseite des BMBF.

Weitere Links:

- Plattform Lernende Systeme: plattform-lernende-systeme.de
- KI-Strategie der Bundesregierung: ki-strategie-deutschland.de
- KI-Monitoring: kimonitoring.de

Anhang B. Literaturverzeichnis

Acemoglu, Daron, und Simon Johnson. 2023.

Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity. New York City, NY: PublicAffairs.

Ahmed, Nur, Muntasir Wahed, and Neil C. Thompson. 2023.

„The growing influence of industry in AI research.“ Science 379 (6635): 884–886.

appliedAI. 2023.

German AI Startup Landscape 2023. appliedai-institute.de/hub/2023-ai-german-startup-landscape.

Bacho, Aras, Holger Boche, und Gitta Kutyniok. 2023.

„Reliable AI: Does the Next Generation Require Quantum Computing?“ arXiv:2307.01301.

Bager, Jo. 2023.

„Die KI-volution.“ c't.

Bitkom. 2023.

Digitalisierte Unternehmen ziehen im Wettbewerb davon. 22. Juni. bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitalisierte-Unternehmen-ziehen-im-Wettbewerb-davon.

BMBF. 2023a.

Chancen-Talk zum Thema „KI in der Bildung“. 4. Juli. bmbf.de/bmbf/shareddocs/veranstaltungen/2023/ki_talk/ki_talk.html.

—. 2023b.

„Zukunftsstrategie Forschung und Innovation.“ Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung, Februar.

Böschen, Mark. 2023.

„KI-Forscher Björn Ommer: „Wir brauchen Rechenkraft, um die Unabhängigkeit Europas herzustellen““ manager magazin, 20. Juni. manager-magazin.de/unternehmen/ki-forscher-bjoern-ommer-pionier-spricht-ueber-folgen-der-generativen-kuenstlichen-intelligenz-a-d6ff7822-b89d-4753-af04-dd97dd4d8d06.

Center for AI Safety. 2023.

Statement on AI Risk. 2023. Mai. safe.ai/statement-on-ai-risk.

Europäische Kommission. 2022.

„Ethische Leitlinien für Lehrkräfte über die Nutzung von KI und Daten für Lehr- und Lernzwecke.“ Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. data.europa.eu/doi/10.2766/153756.

FAZ. 2023.

„Wir brauchen kein Verbot von KI-Anwendungen““ Frankfurter Allgemeine Zeitung. faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/chatgpt-in-deutschland-bahnt-sich-kein-verbot-von-ki-anwendungen-an-18798418.html.

Flanagan, Kieron, Priscila Ferri De Oliveira, und Barbara Ribeiro. 2023.

„AI and scientific productivity: Considering policy and governance challenges.“ In Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research, von OECD, 271–278. Paris: OECD Publishing. doi.org/10.1787/a8d820bd-en.

- Future of Life Institute. 2023.**
„Pause Giant AI Experiments: An Open Letter.“ 22. März. futureoflife.org/open-letter/pause-giant-ai-experiments.
- Gates, Bill. 2023.**
GatesNotes. 21. März. gatesnotes.com/The-Age-of-AI-Has-Begun.
- Ghosh, Aishik. 2023.**
„How can artificial intelligence help scientists? A (non-exhaustive) overview.“ In Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research, von OECD, 103–112. Paris: OECD Publishing. doi.org/10.1787/a8d820bd-en.
- Heesen, Jessica, Christoph Bieber, Armin Grunwald, Tobias Matzner, und Alexander Roßnagel. 2021.**
„KI-Systeme und die individuelle Wahlentscheidung. Chancen und Herausforderungen für die Demokratie.“ Whitepaper der AG „IT-Sicherheit, Privacy, Recht und Ethik“. Plattform Lernende Systeme.
- Klöckner, Jürgen. 2023.**
„Wo Unternehmen jetzt Künstliche Intelligenz einsetzen wollen.“ Handelsblatt, 31. Juli. www.handelsblatt.com/politik/deutschland/chatgpt-und-co-wo-unternehmen-jetzt-kuenstliche-intelligenz-einsetzen-wollen/29279706.html.
- Klüwer, Tina, Tobias Koch, Annette Miller, und Andreas Heinecke. 2023.**
„KI-Startups & Wissenschaft.“ KI-Bundesverband. ki-verband.de/wp-content/uploads/2023/06/KI-Startups-Wissenschaft.pdf.
- Kroll, Henning, Hendrik Berghäuser, Knut Blind, Peter Neuhäusler, Fabian Scheifele, Axel Thielmann, und Sven Wydra. 2022.**
„Schlüsseltechnologien.“ Studie zum deutschen Innovationssystem, Nr. 07-2022. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- LAION.ai. 2023.**
Petition für keeping up the progress tempo on AI research while securing its transparency and safety. 29. März. laion.ai/blog/petition.
- Long, Duri, und Brian Magerko. 2020.**
„What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations.“ Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 1–16. doi: doi.org/10.1145/3313831.3376727.
- Löser, Alexander, Volker Tresp, Johannes Hoffart, und Katharina Morik. 2023.**
„Große Sprachmodelle: Grundlagen, Potenziale und Herausforderungen für die Forschung.“ Whitepaper der AG „Technologische Wegbereiter und Data Science“. Plattform Lernende Systeme.
- Martin-Jung, Helmut. 2023.**
„Willkommen im Exponentialzeitalter.“ Süddeutsche Zeitung, 5. Februar. sueddeutsche.de/wirtschaft/exponentielles-wachstum-beschleunigung-technologie-1.5744549?reduced=true.
- Maslej, Nestor, Loredana Fattorini, Erik Brynjolfsson, John Etchemendy, Katrina Ligett, Terah Lyons, James Manyika, et al. 2023.**
The AI Index 2023 Annual Report. Stanford, CA: AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University.
- Meineck, Sebastian. 2023.**
„Die große Science-Fiction-Show.“ netzpolitik.org, 2. Juni. netzpolitik.org/2023/gegen-den-ki-hype-die-grosse-science-fiction-show.
- Menn, Andreas. 2023.**
„100 Millionen Nutzer in zwei Monaten: Diese Grafiken zeigen den Hype um ChatGPT.“ Wirtschaftswoche, 7. März. wiwo.de/my/technologie/digitale-welt/kuenstliche-intelligenz-100-millionen-nutzer-in-zwei-monaten-diese-grafiken-zeigen-den-hype-um-chatgpt/29019970.html.
- Merkel, Cory. 2023.**
„NCE Focus Issue: Extreme Edge Computing.“ Neuromorphic Computing and Engineering. doi:10.1088/2634-4386/ace473.

Mittelstand 4.0 Kompetenzzentren Deutschlandweit.**2021.**

„Schnittstelle KI und IT-Sicherheit: Potenziale und Herausforderungen.“ Arbeitspapier der AG IT-Sicherheit und AG Künstliche Intelligenz. Herausgeber: Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Stuttgart c/o FZI Forschungszentrum Informatik.

Nolan, Alistair. 2023.

„Artificial intelligence in science: Overview and policy proposals.“ In Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research, von OECD, 13–47. Paris: OECD Publishing. doi: [org/10.1787/a8d820bd-en](https://doi.org/10.1787/a8d820bd-en).

Plattform Lernende Systeme. 2022.

KI-Monitoring. 19. Juli. Zugriff am 2. August 2023. kimonitoring.de.

–. 2023.

Wegweisend. Zukunftsfähig mit Künstlicher Intelligenz. Rückschau zur Plattformkonferenz 2023. Juni. plattform-lernende-systeme.de/plattformkonferenz-juni-2023.html.

Rahwan, I., M. Cebrian, N. Obradovich, J. Bongard, J.-F. Bonnefon, C. Breazeal, J. W. Crandall, et al. 2019.
„Machine behaviour.“ Nature 568: 477–486. doi: doi.org/10.1038/s41586-019-1138-y.

Rajpurkar, Pranav, Emma Chen, Oishi Banerjee, and Eric J. Topol. 2022.
„AI in health and medicine.“ Nature Medicine 28: 31–38. doi: doi.org/10.1038/s41591-021-01614-0.

Rammer, Christian, Patrick Breithaupt, Sandra Gottschalk, und Jan Kinne. 2023.
Das Ökosystem für KI-Startups in Deutschland. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

Sabel, Bernhard A., Emely Knaack, Gerd Gigerenzer, und Mirela Bilc. 2023.
„Fake Publications in Biomedical Science: Red-flagging Method Indicates Mass Production.“ medRxiv 2023.05.06.23289563. doi: doi.org/10.1101/2023.05.06.23289563.

Scheuer, Stephan. 2023.

„Der neue iPhone-Moment – ChatGPT und die Tech-Revolution.“ Handelsblatt, 10. Februar. handelsblatt.com/meinung/kommentare/kommentar-der-neue-iphone-moment-chatgpt-und-die-tech-revolution/28969310.html.

Schmid, Ulrich, Berit Blanc, Michael Pinkwart, Niels Toepel, und Hendrik Drachsler. 2021.
„KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz.“ mmb Institut – Gesellschaft für Medien- und Kompetenzforschung mbH. telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/KI%20Bildung%20Schlussbericht.pdf.

Solaiman, Irene. 2023.

„The Gradient of Generative AI Release: Methods and Considerations.“ arXiv:2302.04844.

Vinuesa, Ricardo, Hossein Azizpour, Iolanda Leite, Madeline Balaam, Virginia Dignum, Sami Domisch, Anna Felländer, Simone Daniela Langhans, Max Tegmark, und Francesco Fuso Nerini. 2020.

„The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals.“ Nature Communications 11: No. 233.

Wirtschaftswoche. 2023.

„EU drängt auf rasche Selbstverpflichtung von KI-Unternehmen.“ 31. Mai. [wiwo.de/politik/ausland/google-openai-und-co-eu-draengt-auf-rasche-selbstverpflichtung-von-ki-unternehmen/29177628.html](https://www.wiwo.de/politik/ausland/google-openai-und-co-eu-draengt-auf-rasche-selbstverpflichtung-von-ki-unternehmen/29177628.html).

Yudkowsky, Eliezer. 2023.

„Pausing AI Developments Isn't Enough. We Need to Shut it All Down.“ Time Magazine, 29. März. time.com/6266923/ai-eliezer-yudkowsky-open-letter-not-enough.

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Künstliche Intelligenz
11055 Berlin

Stand

November 2023

Text

BMBF

Gestaltung

BMBF

Druck

BMBF

Bildnachweise

Titel: GettyImages/Maria Korneeva
Vorwort: Bundesregierung/Guido Bergmann
S. 2: GettyImages/tolgart
S. 6: GettyImages/Hero Images
S. 7: Recherche und Darstellung durch die Plattform Lernende Systeme
S. 8: Shutterstock/Westend61 on Offset
S. 10: istock/IR_Stone
S. 12: GettyImages/Maskot
S. 13: Recherche und Darstellung durch die Plattform Lernende Systeme
S. 14: Adobe Stock/Gorodenkoff
S. 16: Adobe Stock/ThisDesign
S. 18: Adobe Stock/Budimir Jevtic
S. 20: GettyImages/Thomas Barwick
S. 22: AdobeStock/FrankBoston
S. 24: AdobeStock/Gennady Danilkin
S. 25: Screenshot plattform-lernende-systeme.de/nachhaltigkeit.html
S. 26: Getty/Laurence Dutton

Diese Publikation wird als Fachinformation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

28.11.2023

Aktionsplan Robotikforschung

Innovationspotenziale der KI-basierten Robotik erschließen



Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

Künstliche Intelligenz (KI) ist eine Schlüsseltechnologie und die Robotik ihre Königsklasse. Gerade für ein Land wie Deutschland birgt die Integration von KI in robotische Systeme riesiges Potenzial. Wir haben uns global einen festen Platz in der Robotik erarbeitet, weisen die vierthöchste Roboterdichte in der Welt auf und sind der größte Robotik-Markt in Europa. Bislang dominiert dabei noch die Automatisierung überwiegend starrer Arbeitsabläufe etwa in der Produktion oder Logistik. Die große Chance liegt im nächsten Schritt: Das sind intelligente Roboter, die selbstständig agieren und reagieren.

Mit dem Aktionsplan Robotikforschung bündeln wir die Kräfte und richten die Förderung strategisch aus. Innovationen in Basistechnologien wie Mikrochips sollen schneller in der Robotik ankommen und diese wiederum in der Praxis, sei es in der Produktion, sei es in der zivilen Sicherheit oder in Medizin und Pflege. Ein neues Robotics Institute Germany wird die Top-Standorte der Robotikforschung in Deutschland vernetzen, damit sie in die internationale Spitzensliga aufsteigen können. Gleichzeitig ist es eine Talentschmiede für die dringend benötigten Fachkräfte.

Unsere Zukunftsstrategie Forschung und Innovation definiert als ein zentrales Ziel unsere technologische



Souveränität. Deswegen enthält sie bereits das klare Bekenntnis zur Robotik und den großen Chancen, die sie bietet, um die Innovationskraft Deutschlands zu stärken. Der Aktionsplan Robotikforschung buchstabiert dieses Bekenntnis jetzt in konkrete Schritte aus. Gehen wir sie gemeinsam, damit Deutschland auch zukünftig eine Führungsrolle in der Robotik einnimmt.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "B. Stark-Watzinger".

Bettina Stark-Watzinger
Mitglied des Deutschen Bundestages
Bundesministerin für Bildung und Forschung

Inhaltsverzeichnis

1 Innovationspotenziale der KI-basierten Robotik erschließen	2
2 Handlungsfelder	4
Handlungsfeld 1: Innovationen in Basistechnologien für Robotik nutzbar machen.....	4
Handlungsfeld 2: Robotik-Spitzenforschung bündeln und vernetzen.....	5
Handlungsfeld 3: Fachkräfte für die Robotik der Zukunft fördern	7
Handlungsfeld 4: Intelligente Robotik in die Anwendung bringen	7
3 Governance	11
Impressum	12

1 Innovationspotenziale der KI-basierten Robotik erschließen

Intelligente Robotik ist für das Gelingen langfristiger Transformationen im Zuge der Digitalisierung und für die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen, vor allem des demografischen Wandels, von hoher Relevanz. Im sich verschärfenden globalen Wettbewerb um Innovationen, technologische Souveränität und nachhaltige Wertschöpfung kommt der Robotik eine entscheidende Rolle zu.

Diese Betrachtung ist nicht völlig neu. Bislang jedoch automatisieren Roboter überwiegend starre Arbeitsabläufe in strukturierten und abgeschirmten Umgebungen, insbesondere in industriellen Produktionsstätten und Logistikzentren. Aktuelle Entwicklungssprünge in den Basistechnologien befähigen Roboter nun zunehmend dazu, auch komplexe Aufgaben in veränderlichen Umgebungen und in enger Kollaboration mit Menschen auszuführen. Besonders dank signifikanter Fortschritte in der Forschung zu Künstlicher Intelligenz (KI) wird die Robotik neu belebt. Es werden Technologien für eine einfachere Bedienung und Kooperation mit Menschen entwickelt (sogenannte Cobots), wodurch neue Anwendungen erstmalig von einem Robotik-Einsatz profitieren können. Durch KI erschließen Roboter intelligente und autonome Funktionen (sogenannte Servicerobotik) und damit neue Einsatzfelder, z. B. in der zivilen Sicherheitsforschung, im Handwerk und in der Bauindustrie, im Gesundheitsbereich oder in der Pflege. Als Deep-Tech-Innovation erfordert die KI-basierte intelligente Robotik zwar hohe Investitionen, hat aber wettbewerbsdifferenzierendes Disruptionspotenzial.¹

Daraus resultieren Erwartungen an eine erheblich zunehmende Verbreitung von Robotik-Lösungen. Die entsprechende Nachfrage zeigt sich in einem international stark wachsenden Markt mit einem prognostizierten Umsatzwachstum von 35 Milliarden Euro

im Jahr 2023 auf bis zu 230 Milliarden Euro im Jahr 2030.² Deutschland ist der größte Robotik-Markt in Europa und weist die weltweit vierthöchste Roboterdichte auf.³ Dies ist auch Ergebnis des aus Deutschland heraus geprägten erfolgreichen Konzepts der Industrie 4.0. Die Industrierobotik wird in Deutschland von großen Unternehmen aus dem Bereich Automatisierung und Logistik dominiert. Allerdings finden sich auch zahlreiche mittelständische Robotik-Spezialisten, die spezifische Marktnischen besetzen und weltweit führende Lieferanten von Robotiklösungen sind. Hauptabnehmer von Industrie-Robotik sind global vor allem die Automobil- und Elektroindustrie, in Deutschland mit großem Abstand die Automobilindustrie.⁴

Die intelligente KI-basierte Robotik verspricht einen Schub für Leistungssteigerungen und Innovationen in einem branchenübergreifenden Anwendungsspektrum wie z. B. der Produktion, der Pflege, der Logistik, der Laborautomation und der Landwirtschaft. Chancen ergeben sich auch bei der Verzahnung von KI mit Industrie 4.0-Technologien. Weltweit positionieren sich neben etablierten Anbietern auch globale Technologieunternehmen vor allem aus den USA und Asien mit großen Robotikprojekten und profitieren dabei von ihrer Expertise in den Basistechnologien.

Der Zukunftsrat des Bundeskanzlers sieht die Beherrschung der Schlüsseltechnologie Robotik als eine Frage der Wettbewerbsfähigkeit für den gesamten Innovationsstandort.⁵ KI-basierte Robotik bietet gerade für den Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland hohe Potenziale, nicht zuletzt vor dem Hintergrund des breiten Anwendungsbedarfs in zahlreichen industriellen Branchen mit deutschen Stärken, aber auch im menschlichen Umfeld mit Haushalt und Pflege.

1 eitdeeptechtalent.eu/the-initiative/what-is-deep-tech

2 Boston Consulting Group, Robotics Outlook 2030: How Intelligence and Mobility Will Shape the Future

3 IFR World Robotics 2021

4 GTAI Factsheet The Robotics & Automation Industry in Germany, 2022

5 bundesregierung.de/breg-de/suche/-zukunftsraat-des-bundeskanzlers-diskutiert-impulse-fuer-den-innovationsstandort-deutschland--2152382

Die Bundesregierung hat sich mit der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation⁶ zum Ziel gesetzt, die großen und vor allem die neuen Chancen der Robotik zu erschließen, um die Innovationskraft Deutschlands zu stärken und die technologische Souveränität Europas zu sichern. Mit dem Aktionsplan greift das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) dies auf und leistet einen aktiven Beitrag zur Stärkung des nationalen Robotik-Ökosystems in den Bereichen Forschung und Fachkräfte. Außerdem bündelt das BMBF mit dem Aktionsplan seine Forschungsförderung zur Robotik und richtet sie strategisch aus. Der Aktionsplan fokussiert auf verbindende Innovationspotenziale und schafft erstmals einen kohärenten Rahmen für die Robotikforschung, der sowohl den Forschenden als auch den Fördergebern Orientierung und Schwerpunktsetzung erleichtert.

Der Aktionsplan ergänzt die bestehenden Strategien und Programme der Bundesregierung, insbesondere die Strategie Künstliche Intelligenz sowie die Programme „Mikroelektronik. Vertrauenswürdig und nachhaltig. Für Deutschland und Europa.“, „Souverän. Digital. Vernetzt.“, „Miteinander durch Innovation“, „Zukunft der Wertschöpfung“ und „Forschung für die zivile Sicherheit“.

Mit der Ambition, Roboter verstärkt für den Einsatz außerhalb geschlossener industrieller Umgebungen zu entwickeln, rückt die soziale und gesellschaftliche Dimension der Robotik verstärkt in den Blick. Forschung hierzu wird als verbindlicher Teil der Technologieentwicklung verankert.

Die Schnittstellen der nationalen Maßnahmen zu EU-Aktivitäten werden als integraler Teil mitgestaltet. Intelligente Robotik wird im europäischen Programm „Horizont Europa“ umfangreich mit der „AI, Data and Robotics Partnership“ adressiert. Hier gilt es, eine hohe Synergie der nationalen Maßnahmen mit der europäischen Programmatik zu erreichen und für hohe Erfolgschancen deutscher Forschungsakteure zu sorgen. Dazu engagiert sich das BMBF in den entsprechenden Programmkomitees.

Die Chancen der Robotik profitieren von einer engen Zusammenarbeit der Ressorts, weshalb die Maßnahmen des Aktionsplans als Teil eines übergreifenden Vorgehens der Bundesregierung konzipiert sind.

2 Handlungsfelder

Globale Krisen haben in den letzten Jahren Verwerfungen in internationalen Lieferketten ausgelöst und deutlich gemacht, wie fragil die eingespielte weltweite Arbeitsteilung ist. Rückverlagerung von Produktion nach Deutschland und Europa kann die Resilienz gegenüber derartigen Krisen erhöhen und Wertschöpfung nachhaltig sichern. Die höhere Automatisierung durch intelligente Robotik macht diesen Schritt wirtschaftlich erreichbar.

Intelligente Robotik kann auch zu klimafreundlichen Innovationen und zum Erreichen der Nachhaltigkeitsziele der EU beitragen. Die Automatisierung durch intelligente Robotik erhöht die Anpassungsfähigkeit der Produktion, ermöglicht die Wiederverwendbarkeit von Anlagen und leistet wichtige Beiträge für die entstehende Kreislaufwirtschaft, z. B. durch skalierbare Demontage und Recycling.

Der demografische Wandel ist eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte und schlägt sich insbesondere im zunehmenden Fachkräftemangel nieder. Der intensive Einsatz von intelligenter Robotik bietet die Chance, die Arbeit in besonders betroffenen Bereichen neu zu gestalten und diesem Trend entgegenzuwirken. Dies betrifft neben der Industrie und der Logistik in zunehmendem Maße auch Branchen wie Bau, Landwirtschaft, Energie oder Gesundheit und Pflege.

Damit die Robotik zur Lösung dieser Herausforderungen beitragen kann, will das BMBF das deutsche Robotik-Ökosystem in der Forschung so stärken, dass es künftig an der internationalen Spitze agiert.

In vier Handlungsfeldern werden dazu die notwendigen Basistechnologien, die Spitzforschung in der Robotik selbst, die notwendigen Fachkräfte sowie herausragende Anwendungsfelder der Robotik adressiert.

Handlungsfeld 1: Innovationen in Basistechnologien für Robotik nutzbar machen

In der Robotik werden zahlreiche Basistechnologien wie beispielsweise KI, Sensorik, Elektronik, Aktorik, Edge-Computing und 5G/6G-Mobilfunk mit Methoden des Systems Engineering zu komplexen Gesamtsystemen integriert. Innovationen in diesen Basistechnologien verhelfen der Robotik zu neuer Leistungsfähigkeit und eröffnen neue und disruptive Anwendungsmöglichkeiten. Im Rahmen aktuell geförderter Forschungsschwerpunkte und -programme treibt das BMBF hier robotikspezifische Aspekte voran, die eine hohe Hebelwirkung für die Robotik auf Systemebene entfalten können.

Ausgangslage

- In der KI-Forschung werden vor allem Methoden für die Steuerung von Robotern untersucht. Dies ist vor allem für das dynamische Lernen von Robotern in unstrukturierten Umgebungen wichtig, wozu auch das Training von KI-Modellen mit simulierten Daten gehört. Auch die sprachliche Interaktion mit Robotern profitiert von großen KI-Modellen.
- Die Echtzeitvernetzung von Robotern baut maßgeblich auf Forschung zu digitalen und vernetzten Systemen auf. Leistungsfähige Kommunikationstechnologien ermöglichen kooperative Zusammenarbeiten von Robotern und erlauben durch Rechenressourcen im Netz die Auslagerung aufwendiger Rechenprozessen von Robotersystemen. Die Technologien zukünftiger 6G-Kommunikationsnetze bieten z. B. Potenziale für die Interaktion von Mensch und Maschine. So können innovative Lösungen zur Vernetzung von Robotern in der Industrie 4.0 oder im Gesundheitssektor entstehen.

- Aufgrund der hohen Sicherheitsanforderungen, insbesondere bei der Zusammenarbeit mit Menschen, werden IT-Sicherheitstechnologien von Beginn an in die Entwicklung einbezogen.
- Leistungsfähige Mikroelektronik trägt zur Weiterentwicklung der Robotik bei, z. B. durch neuartige Sensorchips mit neuromorphen Prozessoren. Das ermöglicht insbesondere die echtzeitfähige Steuerung von Robotern in der Interaktion mit Menschen.

Ziele

- Leistungsfähigkeit und Erschließung neuer Einsatzmöglichkeiten von Robotern durch Kombination von Basistechnologien steigern
- Robotik der Zukunft durch KI voranbringen
- Grundlagen der vernetzten Robotik erforschen
- Leistungsstarke Mikroelektronik, z. B. Sensoren und neuromorphe Chips, für die Robotik weiterentwickeln

Beitrag des BMBF

- Das BMBF wird seine Forschungs-, Nachwuchs- und insbesondere KMU-Förderung in den Bereichen KI und Software-Engineering fortsetzen und weiter ausbauen. So werden KI und Software-Engineering auch im Anwendungsfeld Robotik erforscht, z. B. durch mehrere KI-Professuren und KI-Nachwuchsgruppen oder auch an den KI-Kompetenzzentren. Das BMBF fördert zudem Forschung zu den technologischen Grundlagen der KI, etwa zu Erklärbarkeit, Robustheit und Transferlernen.
- Im Bereich der Vernetzung und Sicherheit digitaler Systeme wird das BMBF seine Förderaktivitäten zu latenzarmen und hochzuverlässigen Kommunikationssystemen fortsetzen und damit weiterhin wichtige Grundlagen der vernetzten Robotik adressieren. In der nationalen 6G-Initiative werden für die Robotik beispielsweise hochrelevante Funktechnologien zur sensorischen Erfassung der Umgebung, latenzarme Robotersystemsteuerung über Kom-

munikationsnetze, schnelle Sensortechnologien oder verteilte Rechenarchitekturen für Robotik anwendungen entwickelt. Insgesamt werden mit den Förderaktivitäten Robotiklösungen in der Industrie 4.0, der Medizin, im Gesundheitswesen und in der zivilen Sicherheit vorangetrieben.

- In der Mikroelektronik legt das BMBF einen Schwerpunkt auf Edge-Computing und Hardware für KI-basierte Anwendungen. Ein weiterer Fokus liegt auf der intelligenten Sensorik, die die Grundlage einer sicheren Interaktion von Robotern in herausfordernden Umgebungen ist.

Handlungsfeld 2: Robotik-Spitzenforschung bündeln und vernetzen

Das Potenzial der intelligenten Robotik basiert auf Innovationen aus der Spitzenforschung, daher legt das BMBF dort einen Schwerpunkt. Die Robotik ist dabei ein stark interdisziplinäres Themenfeld: Forschung und Entwicklung in der Robotik benötigen ein breites Spektrum an Wissen, von Mathematik und Informatik über Datenwissenschaften bis hin zum klassischen Maschinenbau.

Ausgangslage

- Im internationalen Vergleich sind deutsche Robotik-Forscherinnen und -Forscher führend in Europa und auch im weltweiten Vergleich konkurrenzfähig.⁷
- Globale Wettbewerber wie die USA, Japan, Südkorea aber vor allem China investieren gezielt in Robotik-Forschung.⁸ Auch große Technologieunternehmen betreiben eigene Forschungsabteilungen im Bereich Robotik und KI.
- In Deutschland existiert ein Ökosystem zahlreicher Standorte mit einer kritischen Masse an vielzitier-ten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Die Spitzenforschung in der Robotik ist in Deutschland stark dezentralisiert. Deshalb mangelt es trotz

⁷ airankings.org (Subkategorie Robotics); csrankings.org (Subkategorie Robotics); UNESCO Science Report, 2021; EFI Gutachten 2016

⁸ IFR World Robotics R&D Programs

ihrer Exzellenz an internationaler Sichtbarkeit und mögliche Synergieeffekte bleiben ungenutzt.

Ziele

- Top-Standorte der deutschen Robotik-Forschung vernetzen
- Sichern von hoher internationaler Sichtbarkeit und Konkurrenzfähigkeit mit global führenden Robotik-Zentren, welche beispielsweise am Massachusetts Institute of Technology (MIT), an der Stanford University oder am Korea Advanced Institute of Science and Technology angesiedelt sind
- Gemeinsame Forschungs-Roadmap für die Robotik-Forschung in Deutschland erarbeiten und eng an europäische Vorhaben anbinden
- Grundlagenforschung für intelligente Robotik breit aufstellen

Beitrag des BMBF

- Durch den Aufbau eines dezentralen Robotics Institute Germany soll die vorhandene Spitzenforschung an den in Deutschland verteilten führenden Robotik-Standorten gebündelt werden.
- In der ersten Ausbaustufe soll eine Governance-Struktur mit gemeinsamer Anlaufstelle entstehen, die den Kooperationsverbund als Geschäftsstelle und Ansprechpartner für Kooperationen weltweit vertritt. Die Vernetzung mit allen relevanten Stakeholdern des Robotik-Ökosystems soll kontinuierlich vorangetrieben und mit der entstehenden Plattform die nationale Robotik-Forschung strategisch ausgerichtet werden. Dies beinhaltet gemeinsame Forschungs-Roadmaps und Zugangskonzepte für Robotik-Infrastrukturen der Partner im „Robotics Institute Germany“ sowie die Bearbeitung von ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Aspekten, die Wissenschaftskommunikation sowie partizipative Formate.
- Für eine effektive Zusammenarbeit im Robotics Institute Germany wird eine gemeinsame Datenplattform für die Forschung und Entwicklung anvisiert, die durch den Austausch von Daten die Entwicklung lernfähiger Robotik-Systeme beschleunigt.

- Bei erfolgreichem Verlauf kann das Robotics Institute Germany in weiteren Ausbaustufen erweitert werden. Beispielsweise können durch ein abgestimmtes Labor-Investitionsprogramm neue Robotics Labs für die Spitzenforschung aufgebaut werden. Ein Ausbau der Laborkapazitäten kann mit einem gemeinsamen Betreiber- und Nutzungsmodell verbunden werden und so kosten- und ressourceneffizient die deutschlandweite Forschungsinfrastruktur in der Robotik auf ein neues Niveau heben.

Beitrag der Max-Planck-Gesellschaft (MPG)

- Die Mission des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme (MPI-IS) ist es, die Prinzipien von Wahrnehmen, Lernen und Handeln in autonomen Systemen, die mit komplexen Umgebungen interagieren, zu verstehen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am MPI-IS erforschen diese Prinzipien in biologischen, hybriden und Computer-Systemen sowie in Materialien. Mit seinem weltweit einzigartigen multiskaligen Ansatz deckt das Forschungsspektrum des Instituts alle Größenbereiche von der Nano- über die Mikro- bis hin zur Makro-Robotik ab.
- Exzellente Robotik-Forschung wird auch an weiteren Max-Planck-Instituten betrieben: am MPI für Medizinische Forschung (unter anderem zu Mikro-, Nano- und molekularen Robotern), am MPI für Informatik (unter anderem zu Objekt- und Szeneriefassung), am MPI für Softwaresysteme (unter anderem zu Aspekten von Echtzeitsystemen für die Robotik).
- Die MPG und das MPI-IS initiierten und unterstützen maßgeblich das regionale Robotik- und KI-Ökosystem Cyber Valley, das mittlerweile zu Europas größtem Forschungskonsortium in diesem Bereich herangewachsen ist. Es wird zukünftig verstärkt den Fokus auf intelligente Robotik richten.

Beitrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)

- Der Berliner Exzellenzcluster Science of Intelligence (SCIoI) verfolgt das Ziel, die Prinzipien von Intelligenz zu erforschen. Dies wird mit Hilfe eines synthetischen Ansatzes verfolgt, bei dem alle Theorien, Erkenntnisse, Konzepte und Methoden in

technologische Artefakte wie beispielsweise Roboter oder Computerprogramme einfließen.

- Der Sonderforschungsbereich „Wissenschaft der Alltagsaktivitäten – Analytische und generative Modellierung“ strebt die Erforschung und Entwicklung informationsverarbeitender Modelle an, mit denen autonome Roboter in die Lage versetzt werden können, Alltagsaktivitäten in vollem Umfang zu beherrschen.

Handlungsfeld 3: Fachkräfte für die Robotik der Zukunft fördern

Der Einsatz intelligenter Robotik benötigt eine starke Robotik-Kompetenz in Forschung und Industrie. Qualifizierte Fachkräfte auf allen Ebenen, von der Erforschung der Basistechnologien bis hin zur Integration von robotischen Systemen für die Anwendung, sind notwendig. Die Ausbildung von Fachkräften ist daher ein weiterer Schwerpunkt der Aktivitäten des BMBF.

Ausgangslage

- Es existiert ein großer Pool an Studierenden in den Fächern Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik, die für eine Spezialisierung auf Robotik in Frage kommen. Auch in anderen relevanten Fachbereichen wie Physik und Mathematik ist Deutschland traditionell stark aufgestellt.
- Es gibt vereinzelte Robotik-Studiengänge, es fehlt aber eine Sichtbarkeit in der Breite.
- Die in der Robotik benötigten Kompetenzen werden auch in weiteren Fachbereichen gesucht. Beispielsweise ringen auch andere KI-basierte Domänen wie das automatisierte Fahren um Fachkräfte.

Ziele

- Aus der Forschung heraus die Fachkräfteausbildung unterstützen
- Mit vorhandenen Bildungsträgern zusammenarbeiten und ihnen einen Qualitätssprung ermöglichen

- Talente für die Robotik begeistern und gewinnen
- Basistechnologien in die Robotik besser und schneller einbinden

Beitrag des BMBF

- Das Robotics Institute Germany soll durch gezielte Maßnahmen zur Aus- und Weiterbildung zur Talentschmiede ausgebaut werden. Eine „Robotics Academy“ soll die Expertise und Kapazität des dezentralen Instituts nutzen, um ein State-of-the-Art Akademieprogramm mit Modulen für die akademische sowie berufliche Aus- und Weiterbildung zu entwickeln und zu etablieren.
- Den vorhandenen Bildungsträgern (Hochschulen, Berufsschulen, Weiterbildungseinrichtungen) soll deutschlandweit ein Qualitätssprung ermöglicht werden, der auch die Robotik-Lehre auf einem exzellenten Qualitätsniveau forschreibt.
- Um Studierende für die Robotik zu begeistern, sollen Nachwuchsgruppen auf die Teilnahme an internationalen Robotik-Challenges vorbereitet und dabei unterstützt werden.
- Im Bereich der Vernetzung und Sicherheit digitaler Systeme wird das BMBF im Rahmen seiner 6G-Forschungsinitiative den Einsatz von zukünftigen Kommunikationssystemen in Robotiksystemen fördern und gezielt Fachkräfte der Robotik einbeziehen, um deren Verständnis für Potenziale von innovativen Vernetzungstechnologien früh zu schärfen.

Handlungsfeld 4: Intelligente Robotik in die Anwendung bringen

Um ausgehend von der vorwettbewerblichen Forschung neue Innovationen zu entwickeln, sind auch tiefe Kenntnisse der jeweiligen Anwendungsfelder der Robotik nötig. Bei der anwendungsorientierten Forschung spielen Robotik für die Automatisierung der Produktion, die Mensch-Roboter-Interaktion, der Einsatz von Robotik in der zivilen Sicherheit und die Robotik für harsche Umgebungsbedingungen eine wichtige Rolle.

Ausgangslage

- Weiterentwicklungen in der Robotik schaffen neue Möglichkeiten für die Automatisierung der Produktion nicht nur in der Großindustrie, sondern auch im Handwerk. Ein wichtiger Faktor ist dabei die Erforschung von Akzeptanz und Gebrauchstauglichkeit robotischer Systeme für den Unternehmenskontext.
- Robotik ist eine der interaktiven Technologien, die für mehr Gesundheit und Lebensqualität erforscht wird. Die Forschung beschäftigt sich mit der Frage, wie Roboter möglichst nutzbringend in den Alltag, z. B. im öffentlichen Raum oder in der Pflege, integriert werden können. Dabei werden ethische, rechtliche und soziale Aspekte (ELSA) als Teil eines integrierten Forschungsansatzes besonders berücksichtigt.
- Die Einsatzfähigkeiten robotischer Systeme in der zivilen Sicherheit, z. B. teilautonom agierende Rettungs- und Bergungsroboter oder Dekontaminationsysteme zum Einsatz in menschenfeindlichen Umgebungen, werden im Deutschen Rettungsrobotik-Zentrum DRZ sowie im Kompetenzzentrum ROBDEKON erforscht und getestet. So soll sichergestellt werden, dass Anwenderinnen und Anwender in Feuerwehr und Katastrophenschutz Zugriff auf zertifizierte und somit für den Einsatzfall zuverlässig geprüfte robotische Komponenten erhalten.
- Um die Robotik flexibel in der Produktion, im Alltag oder in der Bergung in menschenfeindlichen Umgebungen einzusetzen, sind leistungsfähige und resiliente (drahtlose) Kommunikationssysteme notwendig.

Ziele

- Erfolgreichen und beschleunigten Industrietransfer sowie gezielte Einbindung des Mittelstands sichern
- Innovative Robotik-Lösungen für die zivile Sicherheit nutzbar machen
- Mehr Lebensqualität und gesellschaftliche Akzeptanz durch intuitive Interaktion mit Robotern erreichen

- Roboter menschenzentriert gestalten, damit sie beispielsweise auch im Handwerk und im Dienstleistungssektor eingesetzt werden können
- Roboter für die Tiefsee und Erdbeobachtung entwickeln
- Robotik für die Industrie 4.0 und Produktion weiterentwickeln

Beitrag des BMBF

- Um den Kreis der KMU-Anwender von Robotik zu erweitern und den Transfer aus der Spitzforschung in die Industrie zu beschleunigen, hat das BMBF eine neue Maßnahme zu „Robotik und KMU“ im Rahmen des Programms „Zukunft der Wertschöpfung“ unter dem Titel „KMU-innovativ: Zukunft der Wertschöpfung“ umgesetzt.
- Das BMBF wird seine Förderaktivitäten zum Einsatz von Robotern in der zivilen Sicherheit auch im neuen Forschungsrahmenprogramm (Start Anfang 2024) fortsetzen. Ziel des neuen Programms ist es weiterhin, zur bestmöglichen Ausstattung von Rettungskräften beizutragen. Dies geschieht auch durch innovative Roboterlösungen, die Einsatzkräfte insbesondere bei riskanten oder gesundheitsgefährdenden Arbeiten entlasten, Gefahren für sie minimieren und sie bei der effektiven Suche und Rettung von Menschen unterstützen. Die aufgebauten Kompetenzzentren für Rettungsrobotik und Dekontamination sollen sich dauerhaft etablieren und in einen eigenständigen, sich selbst tragenden Betrieb überführt werden.
- Im Bereich der interaktiven Technologien wird das BMBF einen Innovationswettbewerb veröffentlichen. Mehrere Robotik-Teams sollen sich unter realweltlichen Bedingungen einheitlichen anwendungsnahen Aufgaben stellen, die darauf abzielen, verschiedene Ansätze für Demonstratoren für den späteren Einsatz vergleichend zu erforschen. Die Aufgaben aus dem Bereich der Reinigung öffentlicher Flächen adressieren von den funktionalen Anforderungen bis zur Interaktivität mit Menschen die gesamte Bandbreite relevanter Herausforderungen in der Robotik. Damit wird auch eine wichtige Grundlage für die Interaktion von Servicerobotern und Menschen im öffentlichen Raum gelegt.

- Im Bereich der Vernetzung und Sicherheit digitaler Systeme wird das BMBF die notwendigen leistungsfähigen und resilienten Ende-zu-Ende-Kommunikationssysteme wie 6G unter Einbeziehung des kompletten Robotiksystems erforschen. Auf diese Weise entstehen hochoptimierte Lösungen für die intelligente Robotik.

Beitrag der Bundesagentur für Sprunginnovationen SPRIND

- Die SPRIND konzipiert aktuell Challenges zur Entwicklung eines „AI Scientists“ oder „AI Engineers“. Es sollen intelligente robotische Systeme geschaffen werden, die z. B. systematisch umfangreiche Versuche durchführen und daraus Hypothesen ableiten und testen (in der Pharmaforschung, Molekularbiologie, Materialforschung ...) oder aber im Design und in der Entwicklung von Prozessen und im Maschinenbau unterstützen. So können erhebliche Skaleneffekte für völlig neue Forschungs- und Entwicklungskosysteme erzielt werden. Gleichzeitig kann Deutschland seine Stärken in der Automatisierungstechnik ausspielen.
- Jenseits der geplanten Challenges unterstützt die SPRIND initiativ eingereichte Robotik-Projekte, die das Potenzial zu einer Sprunginnovation aufweisen.

Beitrag der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF)⁹

- Das Alfred-Wegener-Institut (AWI), das GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel und das Helmholtz-Zentrum HEREON haben einen gemeinsamen Forschungsschwerpunkt in der Tiefseerobotik für die Meeresforschung. Ein leistungssstarkes Werkzeug wird hierbei durch die Robotik Plattform von HEREON bereitgestellt.
- Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) legt seinen Forschungsschwerpunkt auf Fernhantierung und Logistik unter extremen Randbedingungen. Das Kompetenzzentrum ROBDEKON ist hierbei ein Beispiel für ein Leuchtturmprojekt und widmet sich der Erforschung autonomer und teilautonomer Robotersysteme für die Dekontamination

in menschenfeindlichen Umgebungen.

- Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) hat sich auf die Entwicklung autonomer und teilautonomer Systeme zur Rohstofferkundung und Erdbeobachtung spezialisiert.

Beitrag der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)

- Die Fraunhofer-Institute für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS, für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, für Lasertechnik ILT, für Materialfluss und Logistik IML, für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, für Physikalische Messtechnik IPM und für Werkstoff- und Strahltechnik IWS forschen im Leitprojekt „Heterogene, auslastungsoptimierte Roboterteams und Produktionsarchitekturen (SWAP)“ zu einer hierarchischen roboterschwarmbasierten Produktionsarchitektur in Weiterentwicklung der Industrie 4.0. Im Leitprojekt „Empathische technische Systeme für die resiliente Produktion – EMOTION“ wurde von den Fraunhofer-Instituten für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, für Materialfluss und Logistik IML, für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, für Offene Kommunikationssysteme FOKUS und für Produktionstechnik und Automatisierung IPA ein neuer Ansatz zur Entwicklung emphatischer resilienter Produktionssysteme gestartet, der sich vermutlich auch im Bereich der Produktionsrobotik weiterentwickeln lässt.
- Forschungsschwerpunkte der FhG liegen bei der Industrierobotik und Sensorik im Produktionsumfeld (d. h. bei den Fraunhofer-Instituten IOSB, IPA, IFF, IWU sowie an den Instituten für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung und für Entwurfs-technik Mechatronik IEM).
- Die Fraunhofer-Institute IPA und IAO betreiben in Stuttgart das „Fortschrittszentrum Lernende Systeme und Kognitive Robotik“ als anwendungsorientierten Zweig des baden-württembergischen „Cyber

Valley“. Am Fraunhofer-Institut IPA wird das Thema Kognitive Robotik zukünftig noch erweitert in Richtung Einsatz der KI in den Forschungsfeldern der Robotik und Mensch-Maschine-Interaktion. Dafür werden an der Universität Stuttgart zwei zusätzliche Professuren in Verbindung mit dem Fraunhofer-Institut IPA eingerichtet.

Beitrag der DFG

- Der Bonner Exzellenzcluster „PhenoRob – Robotik und Phänotypisierung für Nachhaltige Nutzpflanzenproduktion“ verfolgt mehrere Forschungsziele, um die Produktion durch Robotik zu unterstützen.
- Im Schwerpunktprogramm „Soft Material Robotic Systems“ soll der Nutzen von Soft-Robotik-Systemen durch konkrete Projekte nachgewiesen werden. Das Programm ist in hohem Maße interdisziplinär ausgerichtet und soll eine enge Zusammenarbeit ermöglichen, um die Möglichkeiten des Technologietransfers und des gegenseitigen Wissensaustauschs zu verbessern.

Beitrag der Leibniz-Gemeinschaft

- Verschiedene Institute erforschen und entwickeln unter anderem autonome Agrar- und Feldrobotik, Mikromotoren bzw. Mikro-Robotik, die Automatisierung astronomischer Teleskope und optische Gesundheitstechnologien mit dem Potenzial der Integration in Robotik-Plattformen und untersuchen das prosoziale Verhalten gegenüber künstlichen Agenten.
- Roboter werden für die Forschung genutzt und dabei – teils in Entwicklungspartnerschaften mit der Industrie – weiterentwickelt, z. B. mit einer modularen Robotik-Plattform zur Entdeckung neuer Antibiotika, die automatisiert repetitive Arbeitsschritte im biochemischen Labor durchführt und deren Daten mit Methoden des maschinenllen Lernens verarbeitet werden.

3 Governance

Das BMBF koordiniert sich mit den Ressorts, insbesondere mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Neben Forschung und Entwicklung spielen auch innovationsfreundliche Regulierung und Zertifizierung, Start-ups sowie Testareale/Robotope eine wichtige Rolle für den Transfer in die industrielle Umsetzung und werden vom BMWK komplementär adressiert.

Eine jährliche Robotik-Konferenz von BMBF und BMWK soll Synergien zwischen den unterschiedlichen Handlungsfeldern in der Robotik aufzeigen und den Austausch der Stakeholder aus Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlicher Hand fördern.

Der Aktionsplan ist ein lernendes Programm, welches so fortlaufend Impulse aus Wirtschaft und Wissenschaft berücksichtigt.

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Elektronik und autonomes Fahren; Supercomputing
53170 Bonn

Stand

November 2023

Text

BMBF

Gestaltung

VDI/VDE-IT

Bildnachweise

Titel: Gorodenkoff/AdobeStock
Vorwort: Bundesregierung/Guido Bergmann

Diese Publikation wird als Fachinformation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung kostenlos herausgegeben.
Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

