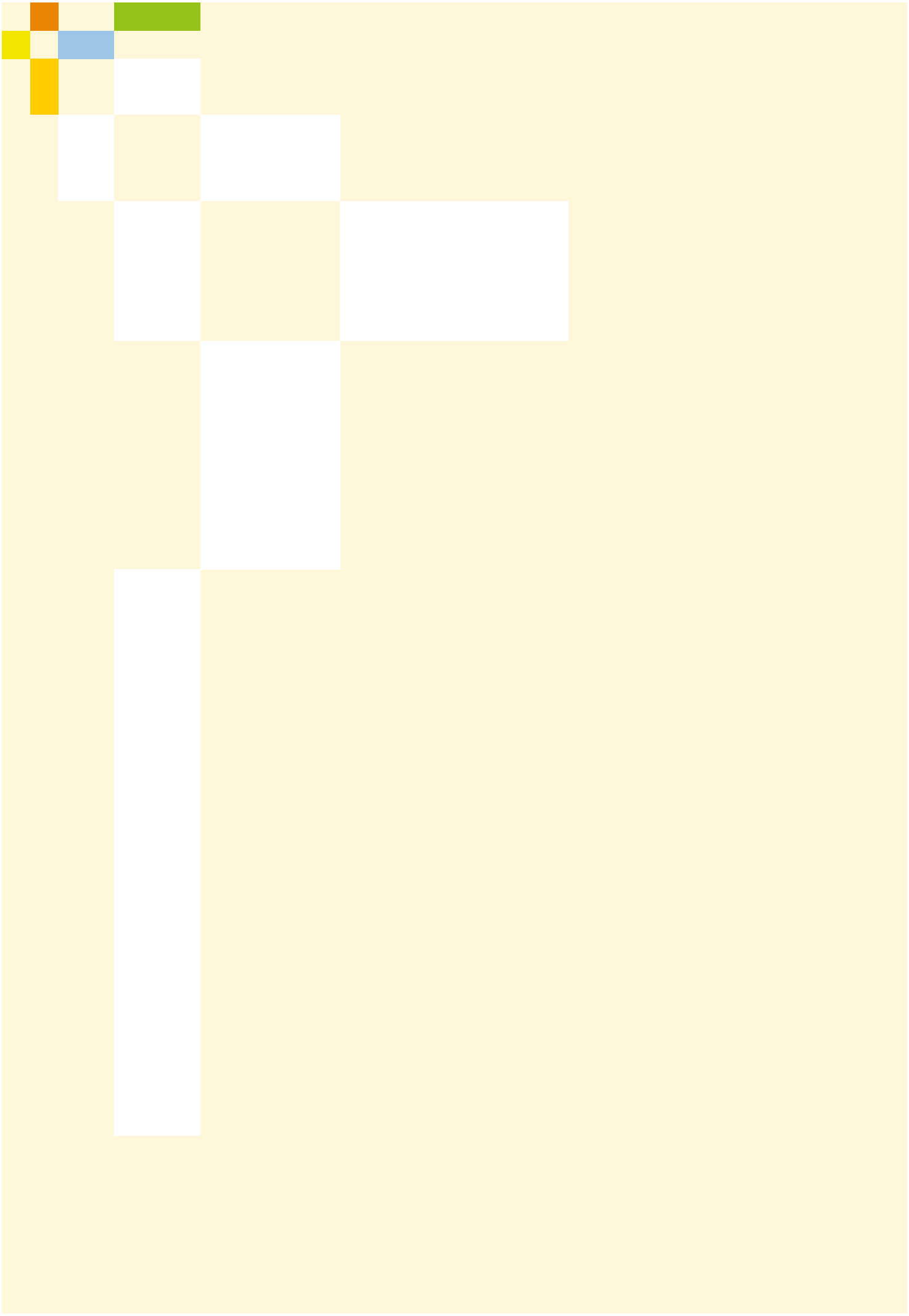
acatech IMPULS

Souveräne Antworten

Anwendung und Entwicklung generativer Künstlicher Intelligenz in Deutschland

Henning Kagermann, Florian Süssenguth, Thomas Weber

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN



acatech IMPULS

Souveräne Antworten

Anwendung und Entwicklung generativer Künstlicher Intelligenz in Deutschland

Henning Kagermann, Florian Süssenguth, Thomas Weber

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Die Reihe acatech IMPULS

In dieser Reihe erscheinen Debattenbeiträge und Denkanstöße zu technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Sie erörtern Handlungsoptionen, richten sich an Politik, Wissenschaft und Wirtschaft sowie die interessierte Öffentlichkeit. IMPULSE liegen in der inhaltlichen Verantwortung der jeweiligen Autorinnen und Autoren.

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter www.acatech.de/publikationen zur Verfügung.

Inhalt

Vorwort 5

Kernaussagen 6

Zusammenfassung 7

Interviewpartnerinnen und Interviewpartner 11

Mitwirkende 18

1 Bedeutung der generativen KI für Wettbewerbsfähigkeit und Wertesystem 19

2 Status quo: Generative KI als standortrelevante Technologie für Deutschland in Europa 24

2.1 Standortanalyse 24

2.2 Förderung von KI-Ökosystemen im internationalen Vergleich 27

3 Im Windschatten fahren: Sofortige Nutzung generativer KI als Produktivitätsbooster 33

3.1 Staat und Unternehmen durch pragmatische Regelumsetzung in die Anwendung helfen 34

3.2 Wettbewerbsfähigkeit herstellen: Rechenkapazitäten ausbauen und Zugang ermöglichen 41

3.3 Der Staat als Anwender und als Ankerkunde für Start-ups 48

4 Eigene Wege vorbahnen: Technologische Fertigkeiten strategisch entwickeln 52

4.1 Gebündelte Industriepolitik für einen starken KI-Standort Detuschland in Europa 55

4.2 Talentemanagement: Kluge Köpfe holen und halten und Talentwettbewerb 58

4.3 Neue energieeffiziente KI-Hardware für ein souveränes Europa 63

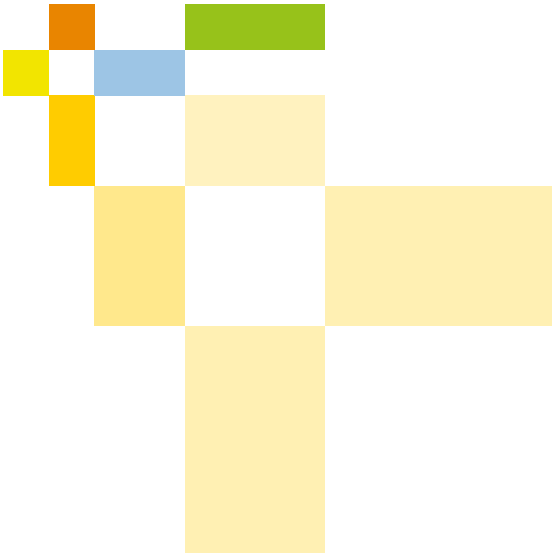
Anhang 66

Abbildungsverzeichnis 66

Anhang A: Übersicht über Aufklärungs- und Kompetenzmaßnahmen für KMU 67

Anhang B: Ideen für staatlich beauftragte KI-Anwendungen 72

Literatur 77



Vorwort

Kaum eine Spitzentechnologie ist so unmittelbar erlebbar und niederschwellig nutzbar wie generative Künstliche Intelligenz (KI). Durch die Veröffentlichung des Large-Language-Models ChatGPT im November 2022 wurde generative KI der Breite der Gesellschaft bekannt. Aus Sicht von Expertinnen und Experten stellt dies den Durchbruch einer sich abzeichnenden Entwicklung dar.

Mit der Verabschiedung der Verordnung zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für Künstliche Intelligenz (KI-Verordnung) hat die Europäische Union in diesem Jahr das weltweit erste umfassende Gesetz für KI beschlossen. Die Ambition Deutschlands und Europas muss jedoch über eine Spitzenposition in der Regulierung hinausgehen. Denn in der Entwicklung und Anwendung generativer KI haben andere Wirtschaftsstandorte aktuell die Spitzenposition inne. Die führenden Unternehmen, allen voran die Hyperscaler, versuchen zunehmend Schlüsselstellen in Wertschöpfungsketten zu besetzen. Dadurch drohen einseitige Abhängigkeiten und Lock-In-Effekte.

Um die sich durch generative KI bietenden Potenziale der Produktivitätssteigerung zu heben, bedarf es einer schnellen Anwendung der Technologie, während zugleich zur Vermeidung langfristiger Abhängigkeiten das heimische KI-Ökosystems ausgebaut werden muss. So können die Wettbewerbsfähigkeit und die technologische Souveränität Deutschlands und auch der Europäischen Union nachhaltig sichergestellt werden.

Der vorliegende IMPULS basiert auf einem Dossier, das für den Zukunftsrat des Bundeskanzlers von dessen Steuerkreis und der zugehörigen, bei acatech angesiedelten Geschäftsstelle erstellt wurde. Die Patenschaft für das Dossier lag bei den Steuerkreismitgliedern Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, Christian Klein und Prof. Dr. Martin Stratmann. Das Dossier wurde für die Sitzung des Zukunftsrats im Januar 2024 erarbeitet und in der Sitzung diskutiert.

An dieser Stelle möchte sich acatech bei allen Mitwirkenden für Ihr besonderes Engagement bedanken, die den Erarbeitungsprozess begleitet und der Bundesregierung damit wichtige Impulse für den weiteren politischen Entscheidungsprozess gegeben haben.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber
acatech Präsident

Prof. Dr. Henning Kagermann
Vorsitzender des acatech Kuratoriums

Kernaussagen

1. **Disruptives Potenzial:** Neue KI-Technologien werden die Wirtschafts- und Wissensproduktion, Verwaltung sowie politische Meinungsbildungsprozesse nachhaltig verändern. Sie werden damit Wertesysteme und Wertschöpfung entscheidend prägen. Die USA und China, in Europa auch Großbritannien und Frankreich haben Künstliche Intelligenz (KI) deshalb zur politischen Chefsache erklärt.

2. **US-Oligopol bei Infrastrukturen und Modellen:** Aktuell dominieren US-amerikanische Hyperscaler mittels ihres großen Investitionskapitals und ihrer technologischen Infrastrukturen das Feld der generativen KI, mit dem sie wiederum ihre digitale Marktmacht weiter zementieren wollen.

3. **Mangelnde Konkurrenzfähigkeit des europäischen KI-Ökosystems:** In Deutschland und Europa mangelt es an einem Zugang zu passender GPU-Recheninfrastruktur, der Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger Daten, Referenzkunden, Rechtssicherheit und Vertrauen – unter anderem im Beschäftigungskontext – sowie an Kapital, um kompetitive generative KI anzubieten und deren Anwendung zu skalieren.

4. **Systemwettbewerb über Technologien:** Der wieder aufflammende Wettbewerb politischer Systeme wird auch auf dem Feld der generativen KI ausgetragen. Aus der relativen Schwäche Deutschlands in dieser Schlüsseltechnologie erwächst die Notwendigkeit, einen strategischen Umgang mit den resultierenden Zielkonflikten zwischen Wettbewerbsfähigkeit und Souveränität zu entwickeln.

5. **Werteverwirklichung durch Wettbewerbsfähigkeit:** Regulatorische Instrumente sind wichtig, allein aber unzureichend, um europäische Werte zu sichern. Der beste Werteschutzschild ist ein wettbewerbsfähiges europäisches KI-Ökosystem mit gesellschaftlich und sozialpartnerschaftlich akzeptierten Regeln für die KI-Nutzung.

6. **Antworten für mehr Wettbewerbsfähigkeit und Souveränität:** Im Hinblick auf die genannte Konstellation sollte eine zweigleisige Strategie sowohl den kurzfristigen Erhalt von Wertschöpfung und guter Beschäftigung als auch die langfristige (technologische) Souveränität Europas im Blick haben.

7. **Im Windschatten fahren und zugleich eigene Wege vorbahnen:** Mangels Alternativen sollte Deutschland jetzt ausländische Modelle und Basistechnologien nutzen, um schnell in die Anwendung zu kommen. Zeitgleich gilt es durch den Aufbau eigener technologischer Fähigkeiten die KI-Entwicklung mitzubestimmen und sich darüber langfristig aus einseitigen Abhängigkeiten zu lösen.

8. **KI-Governance:** Staatliche KI-Initiativen sollten zu einer kohärenten Strategie gebündelt werden. Die KI-Aktivitäten der Bundesregierung bedürfen einer zentralen Steuerung, um die Effizienz der eingesetzten Ressourcen und damit die Durchschlagskraft spürbar zu erhöhen.

9. **Flächendeckende Anwendung generativer KI:** Deutschland sollte schnell in die Anwendung von generativer KI einsteigen. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sollten aktiv bis in die Anwendung begleitet werden. Wo es keine deutschen und europäischen Lösungen für generative KI gibt, sollte mit der Technologie der Marktführer in die Anwendung gestartet werden.

10. **GPU-Rechenkapazität:** Der Ausbau von High-Performance-Rechenzentren und ein einfacher Zugang sind Schlüsselelemente für eine bedarfsgerechte Versorgung der europäischen Forschung, der Start-ups und der deutschen Verwaltung mit Rechenkapazität.

11. **Vorreiterrolle des Staats und strategische Nutzung innovativer Beschaffung:** Die Digitalisierung in der öffentlichen Verwaltung und in der Wissenschaft bietet die Chance, KI zu fördern und über Pilotprojekte KI-Kompetenzen aufzubauen. Der Staat kann als Vorbild agieren und darüber hinaus die eigene Produktivität steigern. Als Ankerkunde sollte der Staat heimische KI-Angebote selbst nutzen und deren Anbieter auf diesem Weg bis zum Einstieg privater Anwender finanziell unterstützen.

12. **Talentemanagement und innovative Hardware:** Um seine Souveränität nachhaltig zu stärken, sollte Deutschland das Talentemanagement (Ausbildung, Zuwanderung, Retention) intensivieren und heimische Potenziale für disruptive, energieeffiziente Innovationen für die digitale Transformation heben. Beides zusammen ist der Schlüssel zur Beherrschung zukünftiger KI-Generationen und zur Erschließung neuer KI-basierter Geschäftsmodelle.

Zusammenfassung

Deutsche Forschungseinrichtungen beheimaten ausgewiesene Expertinnen und Experten, deutsche Unternehmen verfügen über ein hohes KI-relevantes Domänenwissen und haben jüngst mit Aleph Alpha, Bosch, SAP, Schwarz-Gruppe und weiteren eine vielversprechende Allianz geschmiedet. Im internationalen **Wettrennen um generative Künstliche Intelligenz** kann sich Deutschland dennoch gegenwärtig nur zum Verfolgerfeld zählen (siehe Abbildungen 1 und 2 für SWOT-Analysen sowie Kapitel 2).

In der Praxis wird generative KI bislang durch eine **Spitzengruppe US-amerikanischer Akteure** bestimmt, die mit den Hyperscalern im Rücken versuchen, durch ihre Angebote den europäischen KI-Markt zu beherrschen und darüber **Schlüsselstellen in vielen Wertschöpfungsnetzwerken** zu besetzen, die bisher noch fest in deutscher Hand sind. Die Folge ist eine Zwickmühle: Der schnelle Einsatz generativer KI zur Steigerung der Produktivität geht mit der **Gefahr von Abhängigkeiten und Lock-in-Effekten** einher.

Es bedarf daher einer **souveränen europäischen Antwort**, um bei dieser Digitalisierungswelle im Spiel zu bleiben. Deutschland sollte sich dafür mit anderen starken Partnern wie Frankreich und den baltischen Staaten zusammentun, um ein ambitioniertes Zielbild für das europäische KI-Ökosystem zu entwerfen und umzusetzen.

Europa und hier insbesondere Deutschland dürfen in diesem Zuge bei der **KI-Verordnung** nicht den Fehler der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) wiederholen und ein hohes Schutzniveau mit Wettbewerbsfähigkeit gleichsetzen. Eine im weltweiten Vergleich **sehr strikte Regulierung wäre kein Wettbewerbsvorteil**, der die Europäische Union (EU) in dieser Schlüsseltechnologie auf Augenhöhe mit den wirtschaftlich viel dynamischeren USA oder auch China katapultieren würde.

Die 78 für den vorliegenden IMPULS befragten Expertinnen und Experten sehen durchaus die Notwendigkeit einer möglichst **lernenden, iterativen KI-Regulatorik** mit Leitplanken zum Schutz von Bürgerinnen und Bürgern, Verbraucherinnen und Verbrauchern sowie Arbeitnehmerinnen und -nehmern.

Für noch **wichtiger** – auch zur Verwirklichung europäischer Werte – halten sie aber ein **international konkurrenzfähiges heimisches KI-Ökosystem**, durch das einseitige Abhängigkeiten von außereuropäischen Anbietern verringert (**technologische Souveränität**) und KI-basierte Wertschöpfungspotenziale schneller als anderswo realisiert werden können (**langfristige Wettbewerbsfähigkeit**).

Um aus der prekären Verfolgerrolle zu entkommen und perspektivisch einen Platz im Spitzenfeld zu besetzen, wird deshalb eine **zweigleisige Strategie** vorgeschlagen, deren beide Stränge zeitgleich jetzt umgesetzt werden sollten. Die für den vorliegenden IMPULS interviewten Expertinnen und Experten sehen eine zentrale Voraussetzung dafür gegenwärtig noch nicht erfüllt.

Bei den gegenwärtigen KI-Aktivitäten der Bundesregierung sehen sie noch **deutliche Koordinationsdefizite**. Daraus leitet sich die **zentrale Empfehlung** des IMPULS ab, die Grundlage aller weiteren vorgeschlagenen Maßnahmen ist:

0. **Kohärente deutsche KI-Strategie**: Die nebeneinanderherlaufenden oder sogar konfligierenden Strategielinien der Bundesregierung sollten zu einer KI-Strategie aus einem Guss weiterentwickelt werden. Dies erfordert eine zentrale Steuerung der Aktivitäten der Bundesregierung. Auf dieser Basis kann eine enge Abstimmung mit den Bundesländern, der EU und einzelnen Partnerländern erfolgen.

Handlungsstrang 1: Sofortige Nutzung generativer KI als Produktivitätsbooster

Trotz aller Bedenken hinsichtlich technologischer Souveränität muss generative KI schnellstmöglich in den **produktiven Einsatz in Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung** integriert werden. Geeignete Maßnahmen zur Minimierung von Lock-in-Effekten und des Risikos eines IP-Abflusses existieren, stehen aber vor allem großen Organisationen zur Verfügung. KMU und andere kleinere Akteure sollten hierbei unterstützt werden. Ein genereller Nutzungsverzicht würde zu hohe Opportunitätskosten bedeuten und das daraus resultierende Zurückfallen bei KI-Fähigkeiten wäre gegenüber den aktiven Vorreitern nicht mehr aufholbar.

Daher werden in **Kapitel 3** folgende Handlungsoptionen beschrieben:

1. **Ausgewogene und schlanke KI-Regulatorik:** Die Umsetzung der KI-Verordnung sollte zentralisierte statt – wie im Fall der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) – fragmentierte Zuständigkeiten schaffen. Die im Verordnungstext vorgesehenen Reallabore sollten proaktiv als Instrument genutzt werden. International sollten sich Deutschland und Europa in Standardsetzungsbemühungen aktiver einbringen und auch Selbstverpflichtungen der KI-anbietenden Unternehmen als Teil des regulatorischen Werkzeugkastens nutzen (siehe Kapitel 3.1).

2. **Besserer Zugang zu bestehenden Rechenkapazitäten:** Alle Akteurinnen und Akteure haben in Deutschland wenig Chancen, Zugang zu ausreichender KI-Rechenzeit und zu bestehenden öffentlichen Recheninfrastrukturen zu erhalten. Hier sind Reformen der Governance erforderlich, welche die Interessen der Forscherinnen und Forscher sowie der Wirtschaftsseite austarieren. Ersteren müssen weiterhin Rechenkapazitäten zur Verfügung gestellt werden. Start-ups und KMU sollte der Staat über KI-Compute-Voucher Rechenkapazitäten zugänglich machen. Über den geförderten Zugang hinaus sollten auch Pay-per-Use-Modelle mit schnellen Vergabeverfahren für die angewandte Forschung sowie für kommerzielle Akteure etabliert werden (siehe Kapitel 3.2).

3. **Ausbau bestehender Rechenkapazitäten:** Mangelnde Rechenzeit ist ein Flaschenhals für alle Beteiligten des deutschen Ökosystems. Hier brauchte es – auch im europäischen Schulterschluss und in Kooperation mit den Bundesländern – schnelle Fortschritte, weshalb sich ein Ausbau bestehender Rechenzentren mehr anbietet als Neugründungen inklusive Bauvorhaben auf der grünen Wiese. Trotz der hohen Preise und knappen Verfügbarkeiten sollten neue GPU-Cluster errichtet werden, da nur diese die nötige Leistung und Rechenarchitektur für international konkurrenzfähige Forschung und Entwicklung liefern. Da neben der Forschung auch die Wirtschaft vom vorgeschlagenen Modell profitiert, sollte letztere sich im Rahmen von Partnerschaften mit der öffentlichen Hand am Ausbau beteiligen. Der Staat selbst sollte sich vor allem über eine garantierte Mindestabnahme von Rechenzeit einbringen (siehe Kapitel 3.2).

4. **Staat als Anwender und Ankerkunde:** Statt über Fördermittel kann der Staat als Kunde KI-Start-ups stärken, indem er einen ersten Cashflow generiert. Innovative Beschaffung mit einer Bevorzugung heimischer Anbieter sollte daher endlich strategisch als innovationspolitisches Instrument genutzt werden, durch das der Staat seinerseits den Produktivitätsboost der Künstlichen Intelligenz für sich erschließen kann. Dies sollte sowohl im Rahmen von Leuchtturmprojekten – etwa der KI-Nutzung im staatlichen Beschaffungswesen oder in der öffentlichen Finanzverwaltung – als auch durch die Vollendung lange verzögerter Vorhaben wie der Reform des Onlinezugangsgesetzes und der Registermodernisierung erfolgen (siehe Kapitel 3.3).

Handlungsstrang 2: Technologische Fertigkeiten strategisch entwickeln

Neben dem schnellen Einsatz bestehender Anwendungen zur Steigerung der Produktivität sollte jetzt damit begonnen werden, mit **langem Atem technologische Fertigkeiten** in allen KI-relevanten Technologieschichten auf- und auszubauen, angefangen bei Chips bis hin zu den Softwareanwendungen. Dies erfordert auf jeder Ebene auch komplementäre soziale Innovationen.

Um dieses Ziel zu erreichen, gilt es neben spezifischen **Herausforderungen** auch generelle **Schwächen** des deutschen Innovationssystems zu adressieren.

Die in **Kapitel 4** entwickelten **Handlungsoptionen** umfassen folgende Bereiche:

5. **Gebündelte Industriepolitik**: Die bestehenden und geplanten Maßnahmen zur Ansiedelung der Chipfertigung in Ostdeutschland, zur Schaffung von Datenräumen und zur Stärkung des Cloud Computings sind alle für Künstliche Intelligenz hoch relevant. Auf lange Sicht gilt dies auch für das Quantencomputing. Diese Initiativen gilt es daher besser und frühzeitig mit der KI-Strategie zu verzahnen (siehe Kapitel 4.1).

6. **Innovative Verteidigungsforschung**: Die deutsche Verantwortung für die Combat-Cloud beim Future Combat Air System bietet Ansatzpunkte für Synergieeffekte mit dem heimischen KI-Ökosystem. Dafür und für vergleichbare Vorhaben mit hohem KI-Innovationspotenzial wäre ein Dialog zum Update der Zivilklauseln an Forschungseinrichtungen ebenso wie eine bevorzugte Auftragsvergabe an deutsche Unternehmen anzuraten (siehe Kapitel 4.1).

7. **Ausbilden, Gewinnen und Halten von Talenten**: Deutschland und Europa können finanziell nicht mit den Topgehältern der USA mithalten. Verbesserte Rahmenbedingungen und gezielte Angebote würden die Attraktivität für auswärtige und heimische KI-Talente aber dennoch spürbar steigern. Konkrete Maßnahmen wären unter anderem die Einführung eines Start-up-Visums und die Durchführung von Challenges, die Datenquellen für einzigartige Projekte erschließen. Erweiterte

Postdoc-Ausgründungsprogramme, Förderantragsunterstützungen und eine vernetzte Talentakquise durch Unternehmen wären Maßnahmen zur Steigerung der allgemeinen Anziehungskraft des Standorts (siehe Kapitel 4.2).

8. **Entwicklung energieeffizienter KI-Hardware**: Soll es auf Dauer souveräne europäische Foundation Models geben, setzt dies mittel- bis langfristig die Beherrschung und Verfügbarkeit der neuesten für sie nötigen spezialisierten Hardware voraus. Deutschland sollte daher zur Stärkung der technologischen Souveränität im Rahmen seiner Mikroelektronikförderung eine Industriepolitik anstreben, die einen Innovationssprung im Bereich zukünftiger Chip- und Computerarchitekturen ermöglicht und die Entwicklung neuer KI-Basistechnologien im Bereich des Software/Hardware-Co-Designs forciert (siehe Kapitel 4.3).

Stärken

- **Hohes relevantes Domänenwissen:** (Trainings-)Daten und Ideen zur Datennutzung im öffentlichen Raum (z. B. Gesundheit) sowie im privaten Sektor (Industrie und KMU)
- **Etablierte sozialpartnerschaftliche Formate:** bestehende belastbare Netzwerke und Formate zur Begleitung einer Technologieeinführung (z. B. jene im Rahmen von Industrie 4.0)
- **Förder- und Beratungslandschaft für KMU:** Leuchtturmprojekte und bewährte Beratungs- und Unterstützungsangebote für KMU mit Skalierungspotenzial (siehe Anhang A)

Schwächen

- **Digitalisierungsrückstand:** Nachzügler im europäischen Vergleich bei digitalen Kompetenzen und Strukturen
- **Zögerliche Kunden:** kaum Generierung von Cashflow, der Hauptfinanzierungsgrundlage von KI-Start-ups, durch Industrie und Staat
- **Rechtsunsicherheit und Bürokratie:** Umsetzung der DSGVO und des AI-Act als mögliche Markteintrittshürde für heimische KI-Unternehmen zugunsten ausländischer Marktführer
- **Hoher und volatiler Strompreis:** hohe Betriebskosten in Deutschland als Investitionshemmnis und Standortkriterium für private Rechenkapazitätsanbieter

Chancen

- **Produktivitätsboost:** enorme Produktivitätssteigerungen durch generative KI-Anwendungen in Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlicher Verwaltung
- **Hebel gegen den Fachkräftemangel:** Entlastung von Fachkräften durch Arbeitsassistenz- und effizienten Ressourceneinsatz
- **Energieeffiziente Infrastruktur:** Verwirklichung der Nachhaltigkeitsziele und Optimierungsfähigkeiten heimischer Entwickler und Cloud-Anbieter
- **Zukunftsfähigkeit von KMU:** Reduktion des IT-Support-Bedarfs durch generative KI, Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstands durch Domänenwissen
- **KI-Kompetenzzentren und Vernetzung:** stärkere Sichtbarmachung des KI-Talente-Standorts Deutschland und Zugkraft für ausländische Talente

Risiken

- **Zurückfallen:** Nichtaufbau von KI-Kompetenz als fehlender Schlüssel zur Entfesselung anderer Schlüsselindustrien (z. B. Biotechnologie) und Abnahme der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit
- **Abfallende öffentliche Leistungsfähigkeit:** Zurückfallen bei Gesundheitsversorgung, Sicherheit, Verwaltung und Wohlstand durch verzögerten Einstieg in generative KI-Anwendungen und deren geringe Nutzung
- **Europäische Schwächung:** interner Wettbewerb von EU-Mitgliedstaaten und Redundanzen statt Aufbau kritischer Masse für den internationalen Wettbewerb

Abbildung 1: SWOT-Analyse zur Nutzung generativer KI in Deutschland (Quelle: eigene Darstellung)

Stärken

- **Spitzenforschende und Nischenkompetenz:** Rückstand zu anderen Staaten beim Publikationsaufkommen, aber gleichauf in der Qualität
- **Talente:** höhere Pro-Kopf-Konzentration an KI-Expertinnen und -Experten in Europa als in anderen Regionen
- **KI-Parks und Campus-Strukturen:** bestehende und erweiterbare KI-Cluster in Berlin, Tübingen, Heilbronn und München
- **Hardware-Cluster:** diverse Halbleiteranbieter und gute Voraussetzungen für ein starkes Hardware-Ökosystem (z. B. Silicon Saxony)
- **B2B-Angebote und Grundlagenmodelle:** heimische Start-ups und europäische Alternativen zu ausländischen Angeboten

Schwächen

- **Keine europäischen Hyperscaler:** keine KI-Industriegrößen in Europa und damit keine technologiebereichsinternen Zugpferde für Start-ups
- **Starke Abhängigkeiten in der Hardware:** wesentliche Teile der Wertschöpfungskette für Leading-Edge-Chips in ausländischer Hand
- **Fehlende Rechenkapazität:** Hardware in bestehender Infrastruktur nicht auf KI-Training ausgelegt und unpraktikable Zugangsmodalitäten
- **Mangel an Wagniskapital:** weit weniger VC-Kapital und damit Handlungsspielraum für heimische als für ausländische Start-ups

Chancen

- **Staat als Ankerkunde:** Produktivitätsboost für die Verwaltung und Brückenfinanzierung für Anbieter bis zum Einstieg privater Anwender
- **Souveränität durch Wahlfreiheit:** Verringerung der Abhängigkeit durch konkurrenzfähige europäische KI-Lösungen
- **Leapfrogging-Potenziale:** Transfer von Forschungsergebnissen zu neuen Hardwarearchitekturen für höhere Performanz und mehr Umweltschutz
- **Chip-Design als Schlüsselkompetenz:** KI im EDA-Bereich als möglicher Kontrollpunkt im internationalen Wertschöpfungsnetzwerk
- **Challenges und Talentwettbewerbe:** Entfesselung des vorhandenen Talents und Potenzials durch wettbewerbsorientierte Förderlogiken

Risiken

- **Souveränitätsverlust:** Abhängigkeit von außereuropäischen Rechenleistungs- und KI-Anbietern
- **Abhängiger Anwender:** Talenteabwanderung, Hardware-Engpässe, mangelnder Datenschutz und Wertekonflikte als langfristige Folgen der alleinigen Nutzung ausländischer Angebote
- **Entfallene Vorteile in der Halbleiterindustrie:** keine systematische Nutzung der Spillover-Effekte der Ansiedelung von Intel und TSMC im Bereich der fortschrittlichsten Prozessknoten
- **Chip-Mangel:** Verschärfung bereits bestehender Lieferengpässe aufgrund geopolitischer oder ökonomischer Konflikte

Abbildung 2: SWOT-Analyse zur Entwicklung KI-relevanter technologischer Fertigkeiten (Quelle: eigene Darstellung)

Interviewpartnerinnen und Interviewpartner

Danksagung

In Ergänzung zur Auswertung von Fachliteratur und anderer Studien hat die Geschäftsstelle des Zukunftsrats für den vorliegenden IMPULS mit 78 Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft explorative Experteninterviews geführt. Deren Ziel war es, Ansätze zur breiten Anwendung generativer KI und zur langfristigen Entwicklung von technologischen Fertigkeiten in Deutschland zu identifizieren. Die Gespräche wurden im Zeitraum von September bis Dezember 2023 geführt und dauerten im Schnitt eine Stunde.

Für die Ideensammlung für KI-Anwendung im öffentlichen Sektor fanden zudem zwischen Februar und April 2023 Hintergrundgespräche mit dem Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), dem Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) sowie weiteren Expertinnen und Experten statt.

Um den explorativen Charakter der Befragungen zu unterstützen und auch die „leisen Töne" einzufangen, wurde auf eine offene Gesprächsführung gesetzt. Zur Illustration einiger ausgewählter Kerngedanken der Befragten werden im Text hin und wieder den Interviews entnommene anonymisierte Zitate aufgeführt. Die genannten Funktionen der Interviewpartnerinnen und Interviewpartner beziehen sich auf den Zeitpunkt des jeweiligen Gesprächs.

Die Geschäftsstelle des Zukunftsrats dankt im Namen des acatech Präsidiums allen Beteiligten sehr herzlich für ihre Bereitschaft zur Teilnahme an den Interviews!

Daniel Abbou	Bundesverband der Unternehmen der Künstlichen Intelligenz in Deutschland e. V. *Geschäftsführer*
Jonas Andrulis	Aleph Alpha GmbH *Chief Executive Officer (CEO)*
Dr.-Ing. Robert Axmann	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) *Leiter Quantencomputing-Initiative*
Dr. Kai Beckmann	Merck KGaA *Chief Executive Officer (CEO) Electronics* | *Mitglied der Geschäftsleitung*
Jörg Bienert	Bundesverband der Unternehmen der Künstlichen Intelligenz in Deutschland e. V. *Vorstandsvorsitzender*
Frank Bösenberg	Silicon Saxony e. V. *Geschäftsführer*
Thomas Buck	Vitesco Technologies GmbH *Chief Information Officer (CIO)*
Prof. Dr. Stefan Decker	Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT) *Institutsleiter*
Annika Dirks	Springer Nature Group *Vice President Public Affairs*

Dr. Stefan Dreher	BASF SE *Senior Vice President Digitalization of R&D and Data Science*
Prof. Dr. Claudia Eckert	Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit (AISEC) *Institutsleiterin* acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften *Präsidiumsmitglied*
Torsten Ende	Siemens AG *Head of Government Affairs*
Prof. Dr. Christoph Engel	Max-Planck-Institut zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern *Forschungsgruppenleiter Verhaltensrecht und Ökonomie*
Prof. Dr. Michael Eßig	Universität der Bundeswehr München *Professor für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Beschaffung und Supply Management*
Prof. Dr. Svenja Falk	Accenture Research Europe *Managing Director*
Dr. Nicolas Flores-Herr	Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS) *Leiter Conversational AI am Standort Dresden | Geschäftsfeldleiter Dokumentenanalyse*
Uwe Gäbler	Infineon Technologies AG *Senior Director Development Center Dresden*
Stephan Gillich	Intel Deutschland GmbH *Director of Artificial Intelligence and Technical Computing EMEA*
Dr. Thomas Götz	Eviden Germany GmbH *Chief Innovation & Technology Officer (CTO) Europe DACH Region*
Prof. Oliver Günther, Ph. D.	Universität Potsdam *Präsident*
Hermann Hauser, Ph. D.	Amadeus Capital Partners Ltd. *Co-Founder | Venture Partner*
Dr. Wolfgang Hildesheim	IBM Deutschland GmbH *Head of Watson, Data Science & Artificial Intelligence, IBM Technology & Ecosystem*

Prof. Dr. Sepp Hochreiter	Johannes Kepler Universität Linz *Leiter des Instituts für Machine Learning* ELLIS Unit Linz *Director*
Dr. Johannes Hoffart	SAP SE *Chief Technology Officer (CTO) AI Unit*
Dr. Wieland Holfelder	Google Germany GmbH *Vice President Engineering* | *Regional Chief Technology Officer (CTO)* *Google Cloud Security Site Lead Google* *Engineering Center (GSEC) Munich*
Prof. Dr. Holger Hoos	RWTH Aachen *Professor für Methodik der Künstlichen Intelligenz*
Amir Husain	SparkCognition *Chief Executive Officer (CEO)* | *Founder*
Anders Dam Jensen	European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU) *Executive Director*
Prof. Dr. Sabina Jeschke	Quantagonia GmbH *Chief Information Officer (CIO)* | *Co-Founder* KI Park e. V. *Chief Executive Officer (CEO)*
Prof. Dr. Henning Kagermann	acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften *Vorsitzender des acatech Kuratoriums* | *acatech Senator*
Stephan Kaulbach	Alexander Thamm GmbH *Partner* | *Tribe Lead*
Lin Kayser	LEAP 71 *Co-Founder*
Nico Kelling	Infineon Technologies AG *Vice President* | *Head of CoE Artificial Intelligence*
Dr. Stefan Kesselheim	Forschungszentrum Jülich GmbH *Head of SDL Applied Machine Learning & AI Consultant Team*
Polina Khubbeeva	Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) e. V. *Referentin Künstliche Intelligenz und Industrie 4.0,* *Digitalisierung und Innovation*

Prof. Dr. Elsa Andrea Kirchner	Universität Duisburg-Essen *Professorin für Systeme der Medizintechnik*
Aron Kirschen	SEMRON GmbH *Chief Executive Officer (CEO) | Co-Founder*
Lukas Klingholz	Bitkom e. V. *Leiter Cloud & Künstliche Intelligenz*
Dr. Tina Klüwer	K.I.E.Z. – Künstliche Intelligenz Entrepreneurship Zentrum *Direktorin*
Dr. Thomas Koenen	Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) e. V. *Abteilungsleiter Digitalisierung und Innovation*
Prof. Dr. Donald Kossmann	Microsoft Corporation *Vice President Business Copilot & AI*
Gerhard Kreß	Siemens AG *Senior Vice President Xcelerator und Digital Business*
Corinna Krezer	Accenture *Geschäftsführerin – Leiterin Öffentliche Verwaltung und Gesundheitswesen DACH*
Dr. Jaroslaw Kutylowski	DeepL SE *Chief Executive Officer (CEO) | Gründer*
Rafael Laguna de la Vera	Bundesagentur für Sprunginnovationen – SPRIND GmbH *Gründungsdirektor*
Dr. Sicco Lehmann-Brauns	Siemens AG *Technology & Innovation Management | External Cooperation*
Dr. Andreas Liebl	appliedAI Initiative GmbH *Geschäftsführer*
Prof. Dr.-Ing. Peter Liggesmeyer	Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE) *Direktor*
Prof. Dr.-Ing. Alexander Löser	Berliner Hochschule für Technik *Professor für Data Science and Text-based Information Systems (DATEXIS)*
Dr. Andre Luckow	BMW AG *Head of Innovation and Emerging Technologies*

Prof. Dr.-Ing. Christian Georg Mayr	Technische Universität Dresden *Professor für Hochparallele VLSI-Systeme und Neuromikroelektronik* SpiNNcloud Systems GmbH *Gründer | R&D Lead*
Walid Mehanna	Merck KGaA *Chief Data & AI Officer*
Dr. Albert Moik	Accenture *Managing Director – Applied Intelligence | AI, Analytics & Data*
Christian Müller	STACKIT / Schwarz IT KG *Chief Executive Officer (Co-CEO)*
Dr. Andreas Nawroth	Munich Re *Leading Expert for Artificial Intelligence*
Noah Oder	OECD.AI Policy Observatory *Consultant*
Prof. Dr. Björn Ommer	Ludwig-Maximilians-Universität München *Gruppenleiter Computer Vision & Learning* ELLIS Unit Heidelberg *ehem. Fellow*
Frank Vrancken Peeters	Springer Nature Group *Chief Executive Officer (CEO)*
Prof. Dr. Wolfram Pernice	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg *Leiter Kirchhoff-Institut für Physik* Westfälische Wilhelms-Universität Münster CeNTech – Center for Nanotechnology *Adjunct Professor*
Karine Perset	Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) *Head of AI Unit and OECD.AI |* *OECD Digital Economy Policy Division*
Dr. Till Plumbaum	Alexander Thamm GmbH *Teamlead | Senior Principal Data Strategist*
Jens Redmer	Google Germany GmbH *Head of Product Policy*

Dr. Rasmus Rothe	Merantix AG *Chief Technology Officer (CTO) | Gründer*
Alexander Schmitt	Lightspeed Venture Partners *Partner (Europe)*
Rolf Schumann	Schwarz Gruppe *Chief Digital Officer (CDO) |* *Co-Chief Executive Officer (Co-CEO) Schwarz Digits*
Dr. Ingmar Schuster	Exazyme GmbH *Chief Executive Officer (CEO) | Co-Founder*
Marc Spenlé	Springer Nature Group *Chief Operating Officer (COO)*
Prof. Dr. Christoph Steinbeck	Friedrich-Schiller-Universität Jena *Vizepräsident für Digitalisierung* *Professor für Analytische Chemie, Chemoinformatik und Chemometrie*
Dr. Jens Struckmeier	Cloud&Heat Technologies GmbH *Chief Technology Officer (CTO) | Gründer*
Alexander Thamm	Alexander Thamm GmbH *Chief Executive Officer (CEO) | Gründer*
Prof. Dr. Fabian J. Theis	Helmholtz Munich *Leiter des Computational Health Centers |* *Direktor der Helmholtz Artificial Intelligence Cooperation Unit (HelmholtzAI)*
Prof. Dr. Marc Toussaint	Technische Universität Berlin *Professor für AI und Robotik*
Prof. Dr. Volker Tresp	Ludwig-Maximilians-Universität München *Professor für Machine Learning*
Prof. Dr. Bernd Ulmann	anabrid GmbH *Gründer*
Dr. Samarth Vadia	Linque *Co-Founder*
Prof. Dr. Dr. Wolfgang Wahlster	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH *Gründungsdirektor | Chefberater (CEA) der Geschäftsleitung*
Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber	acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften *Präsident*

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Weikum	Max-Planck-Institut für Informatik *Scientific Director*
Fabian J. G. Westerheide	Rise of AI / AI for Humans GmbH *Chief Executive Officer (CEO) | Founder* Asgard Capital Verwaltung GmbH *Geschäftsführender Partner*
Dr. Sebastian Wieczorek	SAP SE *Vice President AI Technology & Global Lead of AI Ethics*
Dr. Johannes Winter	Forschungszentrum L3S *Chief Strategy Officer (CSO) | Deputy Managing Director* *Member of Extended Board of Directors*
Prof. Dr. Stefan Wrobel	Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS) *Institutsleiter*

Zudem wurden Hintergrundgespräche mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geführt.

Mitwirkende

Gesamtleitung

- Prof. Dr. Henning Kagermann, acatech
- Prof. Dr. Thomas Weber, acatech Präsident

Inhaltliche Mitarbeit

- Prof. Dr. Holger Hanselka, Fraunhofer-Gesellschaft
- Christian Klein, SAP SE
- Prof. Dr. Martin Stratmann, Max-Planck-Gesellschaft

Inhaltliche Begleitung und Review

- Prof. Dr. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Technische Universität München
- Prof. Dr. Stefan Asenkerschbaumer, Robert Bosch GmbH
- Prof. Dr. Irene Bertschek, Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung
- Dr. Martin Brudermüller, BASF SE
- Yasmin Fahimi, Deutscher Gewerkschaftsbund
- Dirk Hoke, Volocopter GmbH
- Dr. Tina Klüwer, K.I.E.Z.
- Prof. Dr. Geraldine Rauch, Technische Universität Berlin
- Prof. Dr. med. Bettina Schöne-Seifert, Westfälische Wilhelms-Universität Münster
- Prof. Dr. med. Özlem Türeci, BioNTech SE
- Dr. Joachim Wenning, Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft AG

Redaktionelle Mitarbeit

- Mike Cosse, SAP SE
- Dr. Christoph Ettl, Max-Planck-Gesellschaft
- Dr. Alexander Malär, Fraunhofer-Gesellschaft

Konzeption, Text und Interviews

- Dr. Annabel Dischinger, acatech Geschäftsstelle
- Dr. Sven Grundmann, acatech Geschäftsstelle
- Lars Hofius, acatech Geschäftsstelle
- Dr. Stefan Jagdhuber, acatech Geschäftsstelle
- Elisa Reker-Gluhić, acatech Geschäftsstelle
- Florian Süssenguth, acatech Geschäftsstelle

Mit Unterstützung durch

- Silke Liebscher, acatech Geschäftsstelle

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16PLI7004 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

1 Bedeutung der generativen KI für Wettbewerbsfähigkeit und Wertesystem

Spätestens seitdem **generative Künstliche Intelligenz (KI)** durch die Veröffentlichung des Large-Language-Models (LLM) ChatGPT im November 2022 von weiten Teilen der Gesellschaft wahrgenommen wird, sprechen Expertinnen und Experten von einer KI-Revolution.

„Seit ChatGPT weiß jeder, was Künstliche Intelligenz ist."

War KI bis zu diesem Zeitpunkt für die meisten Menschen außerhalb von Forschung und Entwicklung eine entfernte Zukunftsvision, ist sie durch die neuen, niederschwellig nutzbaren generativen KI-Anwendungen zum ersten Mal für viele **unmittelbar im Alltag erlebbar.**

Im Vergleich zu anderen neuen Technologien erfährt die generative KI einer aktuellen Studie zufolge eine erstaunlich starke Wahrnehmung in der Bevölkerung: In der repräsentativen Umfrage war die Technologie etwa neun von zehn Befragten in Deutschland, Großbritannien und den USA bekannt.[1] In Politik und Wissenschaft bereits seit geraumer Zeit geführte Debatten um Bedeutung und Auswirkungen generativer KI gewinnen dadurch an **Dringlichkeit**.

Gesellschaftlicher Impact generativer KI-Modelle

Große generative KI-Modelle, sogenannte Foundation Models (siehe unten), stellen einen enormen Fortschritt in der KI-Entwicklung dar und werden unseren Umgang mit Information und Wissen in Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft mit rasanter Geschwindigkeit wesentlich verändern.

Abschließend beschreiben können selbst die Expertinnen und Experten das Ausmaß und die Form der Veränderungen noch nicht. Sie erwarten jedoch einen disruptiven Effekt auf Wirtschaft und Gesellschaft, der stärker als bei der Einführung des Internets oder zumindest vergleichbar mit deren Wirkung sein wird. Das verdeutlicht: Generative KI ist nicht einfach ein Trend oder eine Single-Use-Technologie, deren ökonomische Potenziale sich auf einzelne Wirtschaftszweige oder Anwendungsbereiche beschränken.

„Die schnelle und günstige Erzeugung, Veränderung, Anpassung und Manipulation von Inhalten, die wir Menschen für die Informationsaufnahme nutzen, sorgt für den hohen Impact von generativer KI."

Was sind Foundation Models, LLMs und generative KI?

- **Generative KI** beschreibt jegliche Art von Künstlicher Intelligenz, mit der neue Texte, Bilder, Videos, Audios, Codes oder synthetische Daten generiert werden können. Hierzu wird eine KI mit riesigen Datensätzen trainiert, um darin Muster zu erkennen. In der Folge kann sie diese Muster nachahmen und neue, den Trainingsdaten ähnelnde Ergebnisse selbst erstellen, ohne dass ihr explizite Regeln vorgegeben werden.[2, 3]
- **Foundation Models** (KI-Basismodelle) sind leistungsfähige neuronale Netze, die mit extrem großen allgemeinen Datensätzen vortrainiert werden und später mit kleineren, speziellen Datensätzen für eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgabentypen angepasst werden können.[4, 5]
- **Large-Language-Models** (Große Sprachmodelle) sind Foundation Models, die eine Vielzahl verschiedener Aufgaben im Bereich der Verarbeitung natürlicher Sprache ausführen können. Sie werden mit großen Datenmengen so lange trainiert, bis sie mit einer akzeptablen Genauigkeit das jeweils nächste Wort in einem Satz unter Berücksichtigung des umgebenden Kontexts vorhersagen und somit Texte erstellen können.[6]

Eine **umfassende Einführung** in die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen bietet das Papier *Große Sprachmodelle: Grundlagen, Potenziale und Herausforderungen für die Forschung der Plattform Lernende Systeme.*[7]

1 | Vgl. Portulans Institute 2023.
2 | Vgl. Techopedia Deutschland 2023a.
3 | Vgl. PLS 2023a.
4 | Vgl. Fraunhofer IAIS 2023a.
5 | Vgl. TechTarget 2023.
6 | Vgl. Techopedia Deutschland 2023b.
7 | Vgl. PLS 2023a.

Generative KI in der Praxis

Verantwortungsvoll und aktiv angewendet, so bestätigen Expertinnen und Experten, kann KI dazu beitragen, **viele gesellschaftliche Herausforderungen** in Zukunft besser zu bewältigen, insbesondere indem sie das Tempo der wissenschaftlichen Entdeckungen in Bereichen wie Medizin und Klimawissenschaften radikal beschleunigen oder Angestellte bei ihrer Tätigkeit unterstützen und damit die Auswirkungen von demografischem Wandel und Fachkräftemangel verringern kann.

Bei ChatGPT, der aktuell bekanntesten und meistgenutzten generativen KI, handelt es sich um einen generativen **KI-Chatbot** auf Basis eines LLMs, der über die Eingabe von Befehlen in natürlicher Sprache im Frage-Antwort-Modus Inhalte generieren kann. Neben der Nutzung als Chatbot beziehungsweise virtuelle Assistenten in Anwendungen wie ChatGPT, Google Bard oder Userlike werden LLMs in verschiedenen weiteren alltäglichen Anwendungen als **Benutzerschnittstelle** eingesetzt. Sie tragen unter anderem zur Konversationsfähigkeit von persönlichen Assistenten und Smart Speakern wie Siri, Google Assistant und Alexa bei und ermöglichen, integriert in Übersetzungsdienste wie DeepL, natürlichere und kontextuell genauere Übersetzungen. Auch verbessern sie bei der Nutzung von Suchmaschinen die Sucherfahrung, indem sie die Suchanfragen besser verstehen und relevantere Ergebnisse liefern können.

Die **Anwendungsmöglichkeiten** generativer KI in Wissenschaft und Wirtschaft gehen jedoch bereits heute weit über das durch ChatGPT und andere öffentlich zugängliche Programme Erlebbare hinaus.

- **Wissenschaft:** Während KI-Anwendungen in der Wissenschaft bereits seit einiger Zeit erfolgreich zur Steigerung der Effizienz und Beschleunigung von Erkenntnisgewinnen beitragen, indem sie etwa große Datenmengen verarbeiten und analysieren sowie Berechnungen und einige Laborarbeiten automatisiert durchführen[8], kann generative KI diese **Anwendungsmöglichkeiten** nun noch einmal **fundamental erweitern:** Sie kann bestehende Daten augmentieren, aber auch selbst neue wissenschaftliche Daten erzeugen.
  Eine zentrale Anwendungsmöglichkeit von generativer KI in der Wissenschaft ist die Nutzung von LLMs für das **Design neuer Moleküle**. Mit umfangreichen Datenbanken zu bekannten Arzneimitteln und ihren Eigenschaften trainiert kann ein LLM für De-novo-Molekulardesign genutzt werden, um neue Molekularstrukturen mit bestimmten Merkmalen zu erstellen und Moleküle entsprechend diesen Bauplänen zusammenzubauen.[9] In Deutschland gibt es mit dem Berliner Start-up Exazyme bereits einen Anbieter für ein KI-gestütztes Proteindesign-Tool.
- **Robotik und Industrie 4.0:** Generative KI kann dazu eingesetzt werden, die Mensch-Maschine-Kommunikation zu verbessern sowie den Einsatz von Robotern zu vereinfachen und zu erweitern.[10] Als **Programmierassistenten** können Sprachmodelle bei der **Codeerstellung** helfen. Da sie Beschreibungen von Programmieraufgaben in natürlicher Sprache verstehen, ermöglichen generative KI-Chatbots somit, dass in Zukunft neben Entwicklern auch Angestellte ohne erweiterte Kenntnisse in Programmiersprachen beispielsweise Roboter für neue Einsatzmöglichkeiten programmieren können.
  In dem vom Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB koordinierten und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Kompetenzzentrum **ROBDEKON** (Robotersysteme für die Dekontamination in menschenfeindlichen Umgebungen) werden LLMs genutzt, um frei in natürlicher Sprache formulierte Arbeitsaufträge in die formale Taskbeschreibungssprache (API) der Robotersysteme zu übersetzen.
  Innerhalb der Industrieautomatisierungssysteme **Siemens SIMATIC** unterstützt eine private Instanz von ChatGPT dabei, Automatisierungscodes für Industrieanwendungen zu schreiben. Durch den Einsatz der generativen KI werden die Programmiergeschwindigkeit deutlich erhöht, die Effizienz gesteigert und die Kosten gesenkt. Zugleich können sich Programmierende auf „wertigeres" Überprüfen und Korrigieren fokussieren und werden von repetitiven Aufgaben bei der Generierung von Code, der Detektion von Fehlern sowie bei der Dokumentation entlastet.
  Darüber hinaus bietet etwa das **ROS-LLM-Projekt** ein Open Source Software Framework an, das in das Betriebssystem von Robotern (ROS) integriert die Nutzung großer Sprachmodelle wie GPT-4 oder ChatGPT zur **Programmierung und Steuerung von Robotern mit natürlicher Sprache** ermöglicht.[11]
  Ein deutscher Anbieter für KI-basierte Robotik-Benutzerschnittstellen ist beispielsweise das Dresdener Start-up Wandelbots.
- **Industrielle Qualitätsprüfung:** Im Rahmen des Projekts DT-GAN des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und der Robert Bosch GmbH wird generative KI zur **Augmentierung des KI-Trainings in der industriellen Qualitätsprüfung** genutzt. Ein Bilddatensatz für das Training eines KI-Modells wird mit vorab synthetisch durch eine generative KI erzeugten Defektbildern

8 | Vgl. The Economist 2023.
9 | Vgl. The Economist 2023.
10 | Vgl. acatech 2023a.
11 | Vgl. ROS Discourse 2023.

angereichert, sodass die Klassifikationsleistung des KI-Modells gesteigert wird und Defekte zuverlässiger erkannt werden. Die generative KI benötigt hierbei nur eine sehr geringe Anzahl realer Defektbilder und kann die Erscheinung von Defekten erlernen und auf beliebige Oberflächen übertragen.

- **Chemiebranche**: LLMs sind auch ein wichtiges Tool für die chemische Industrie, um komplexe Operationen zu verwalten und zu optimieren. In der BASF wurden über hundert mögliche Anwendungsfälle identifiziert, die weiterverfolgt werden. Zum Beispiel sollen mithilfe von generativer KI **künstliche Daten** wie Bilder, Tabelleninhalte und Zeitreihen synthetisiert werden, welche dann in Fällen, die unter Compliance- oder Datenschutzbestimmungen fallen, anstelle echter Daten genutzt werden können.
- **Finanzbranche**: Die hybride KI-Lösung Aikido des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, eine Kombination aus Sprachmodellen, klassischem Machine Learning und Regelsystemen, unterstützt mit Merkmals- und Informationsextraktion bei der Analyse komplexer Textdokumente, unter anderem in der Finanzbranche.
- **Wirtschaftsprüfung:** Der **Automated List Inspector** (ALI) kann mithilfe von Sprachmodellen relevante Daten, Abschnitte und Schlüsselkennzahlen in unstrukturierten Dokumenten (zum Beispiel Geschäftsberichten) finden und auf Korrektheit und Vollständigkeit prüfen, um die **Effizienz der digitalen Abschlussprüfung** zu verbessern.[12]

Weitere Anwendungsfelder und -möglichkeiten für generative KI finden sich beispielsweise im Bereich des Autonomen Fahrens, in der Kommunikation von Behörden mit Bürgerinnen und Bürgern, in der patientenzentrierten Medizin, im Bildungswesen, als intelligente Co-Piloten für Bürotätigkeiten und weit darüber hinaus.

Um zukünftig eine breite Anwendung über die verschiedenen Anwendungsfelder hinweg zu ermöglichen, bedarf es nach Ansicht der befragten Expertinnen und Experten vertrauenswürdiger, sicherer generativer KI. Als Grundlage für einen erfolgreichen Praxiseinsatz ist die **gezielte Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE)** in den folgenden Bereichen erforderlich:

- **Anwendungswissen:** Anpassung von generativen Modellen für spezielle Domänen, Integration von Unternehmensdaten, Modelle für Daten jenseits von Text (Sprache, Video, Gesundheitsdaten und darüber hinaus)
- **Vertrauenswürdigkeit:** Transparenz in Bezug auf die Trainingsdaten, Vermeiden von Bias
- **Nachvollziehbarkeit:** Möglichkeiten der Plausibilitätsüberprüfung von Antworten generativer KI-Modelle
- **Faktentreue:** Erkennen und Vermeiden von Halluzinationen durch Training, Feintuning, Augmentation
- **Energieeffizienz:** Optimierung von rechenintensivem Training und Inferenz
- **Datensicherheit:** Methoden und Datenauswahl zur Sicherung des Datenschutzes beim Training von Modellen, Umgang mit Prompts

Bedeutung generativer KI für das europäische Wertesystem

Die Breite der Anwendungsmöglichkeiten bereits bestehender KI-Lösungen zeigt deutlich: Generative KI wird sämtliche Wirtschaftssektoren, Wissenschaftsfelder und **Gesellschaftsbereiche durchdringen**. Sie beschleunigt dabei Forschung und Entwicklung, verändert etablierte Produktions- und Arbeitsabläufe und beeinflusst auch die politische Meinungsbildung und Kommunikation grundlegend.

Generative KI kann **maßgeblich Einfluss auf unser Wertesystem** nehmen. KI-Modelle übernehmen implizite Muster aus ihren Trainingsdatensätzen, reproduzieren diese in der Anwendung und können sie durch wiederholte Reproduktion auch verstärken. Auf diese Weise erzeugte und verbreitete Informationen können sich auf die Werturteilsbildung auswirken – auf die Persönlichkeitsbildung Einzelner ebenso wie auf die gesellschaftliche Werteordnung als Ganzes – und damit auch auf die Demokratie und die Freiheit der Bürgerinnen und Bürger.

Die Einhaltung Europäischen Rechts, etwa in der Datenerfassung und Datenkuration, ist für sich genommen kein hinreichender Schutz zum Erhalt europäischer Werte. Als weiterer Baustein muss das **Modellverhalten** in den Blick genommen werden, damit ethisch legitime Outputs durch LLMs sichergestellt werden können. Um dies zu gewährleisten, liegt die **Entwicklung sowohl deutschsprachiger als auch multisprachlicher Sprachmodelle in Deutschland und Europa** auf der Hand.[13]

> „Werte spiegeln sich in Sprachmodellen wider. Wir müssen die Technologie beherrschen, damit sich europäische Werte hier widerspiegeln."

12 | Vgl. Fraunhofer IAIS 2023b.
13 | Vgl. PLS 2023b.

Eine **Abhängigkeit von außereuropäischen KI-Anbietern** – ähnlich der bestehenden Abhängigkeit von außereuropäischen Plattformanbietern, von Suchmaschinen und sozialen Netzwerken bis zu Einkaufsplattformen und Cloud-Diensten[14] – würde das demokratische Wertesystem und die digitale Souveränität Europas gefährden.

Die **Verwirklichung europäischer Werte** und Interessen ist somit auch eine Frage europäischer Marktmacht in diesem Feld und kann nicht allein über – nachträglich außereuropäische Oligopole einzuhegen versuchende – Regulatorik sichergestellt werden. Zum Schutz der europäischen Werte braucht es auch ein international wettbewerbsfähiges europäisches KI-Ökosystem.

Wirtschaftliche Potenziale generativer KI-Anwendungen

Generative KI wird die **Wertschöpfung einzelner Unternehmen**, aber auch die einer **Volkswirtschaft** als Ganzes massiv steigern. Einer aktuellen Studie zufolge bewegt sich das Potenzial generativer KI-Anwendungen für die Weltwirtschaft mit circa 2,6 bis 4,4 Billionen US-Dollar jährlich (siehe Abbildung 3) in der Größenordnung des Bruttoinlandsprodukts Großbritanniens und könnte durch die Einbettung generativer KI in weitere Softwaresysteme noch einmal verdoppelt werden.[15]

In Deutschland könnte eine zusätzliche Wertschöpfung von **330 Milliarden Euro** generiert werden. Denn die Technologie kann durchschnittlich etwa hundert Arbeitsstunden jährlich pro Unternehmen übernehmen, die Mitarbeitende für produktivere Tätigkeiten nutzen können.[16]

Angesichts der großen Potenziale hat der **internationale Wettbewerb** um die Spitzenposition in Entwicklung und Anwendung generativer KI bereits stark an Fahrt aufgenommen. Mit den USA und China, den aktuell stärksten Anbietern für KI-Technologien, aber auch Frankreich, Großbritannien und Japan haben die meisten großen Industrienationen die KI zur politischen Priorität erklärt.

Das deutsche KI-Ökosystem startet aktuell nicht aus der Poleposition in das Rennen um die generative KI, es bestehen jedoch eine ausgeprägte **Industrie 4.0-Kompetenz, Schlüssel-Know-how in vielen Anwendungsdomänen**[17] und eine **starke wissenschaftliche Basis**. Auf diesem Fundament und bestehenden Initiativen, allen voran der ambitionierten Kooperation des deutschen KI-Leaders Aleph Alpha mit der Schwarz Gruppe, SAP und Bosch sowie dem Projekt OpenGPT-X für ein europäisches Sprachmodell, sollte dringend aufgesetzt werden.

> „Es ist wichtig und kritisch, diese Transformation aktiv zu gestalten und sich nicht von anderen Staaten abhängig zu machen."

Aufbau des IMPULS

Die **Ambition Deutschlands** sollte es sein, generative KI schnell in die Anwendung zu bringen, um von ihr zu profitieren und zugleich mittel- und langfristig technologische Souveränität in dieser Zukunftstechnologie zu erreichen.

Motiviert sollten die Anstrengungen sowohl vom Schutz und von der Verwirklichung **europäischer Wertevorstellungen** als auch von der Sicherung der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit der Volkswirtschaft sein.

Der vorliegende IMPULS zeigt eine **zweigleisige Strategie** auf, mit der dieses Ziel erreicht werden kann. Dazu geht es wie folgt vor:

- **Kapitel 2** ermittelt zunächst den **Status quo des deutschen KI-Ökosystems**, bezogen auf die nationale Ebene und im internationalen Vergleich.
- **Kapitel 3** zeigt auf, was schnell getan werden sollte, um **generative KI** in Wirtschaft und öffentlicher Verwaltung in der **Fläche in die Anwendung zu bringen** und so die Produktivitätspotenziale der Technologie für Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland zu heben.
- **Kapitel 4** vervollständigt den Strategievorschlag mit langfristig gedachten Maßnahmen zum **nachhaltigen Aufbau technologischer Kompetenzen** in allen KI-relevanten Technologieschichten und zur Entfaltung des KI-Ökosystems.
- **Der Anhang** gibt einen **Überblick** über die bestehende Landschaft der **KI-Förderung und Informationsangebote für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU)** und enthält eine **Ideensammlung für die Anwendung von KI im öffentlichen Sektor** in Deutschland.

14 | Vgl. acatech 2020.
15 | Vgl. McKinsey & Company 2023b.
16 | Vgl. IW Consult 2023.
17 | Vgl. acatech 2023a.

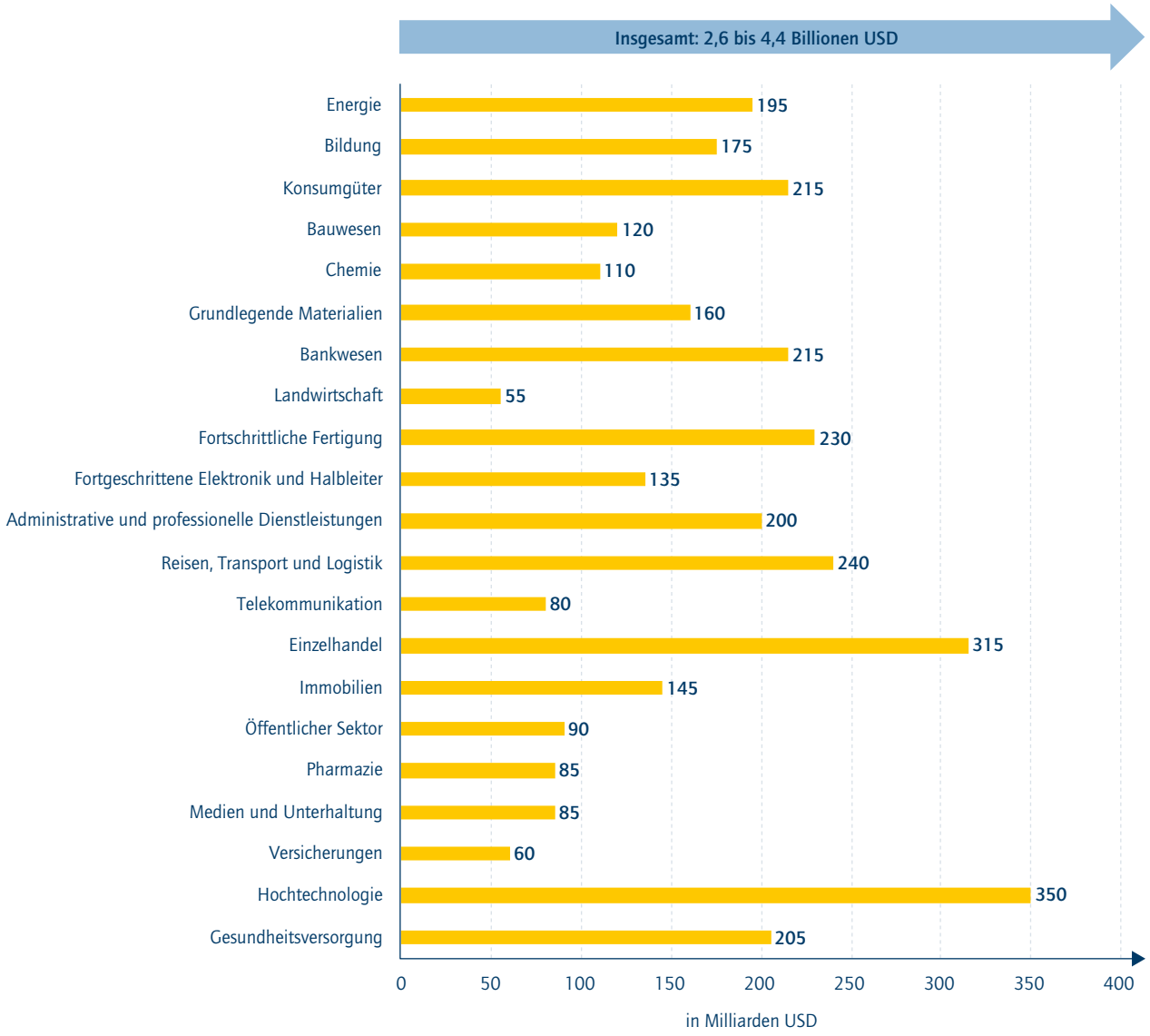


Abbildung 3: Das branchenübergreifende Wirtschaftspotenzial generativer KI (durchschnittliche Potenziale pro Jahr) (Quelle: eigene Darstellung basierend auf McKinsey & Company 2023b)

2 Status quo: Generative KI als standortrelevante Technologie für Deutschland in Europa

Generative KI verspricht enorme **Produktivitätssteigerungen** für sämtliche Bereiche einer Volkswirtschaft und erhebliche Problemlösungs- und Verbesserungspotenziale für die öffentliche Gesundheit, Bildung, Arbeit und in der Staat-Bürger-Interaktion.

Staaten haben derzeit **unterschiedliche Voraussetzungen und unterschiedliche Strategien**, die Technologie über die Forschung voranzutreiben, Ideen zu kommerzialisieren und den Markt zu gestalten.

In einem ersten Schritt wird in diesem Kapitel beschrieben, wo Deutschland im internationalen Vergleich im Bereich generative KI steht. Die **Standortanalyse** zeigt, dass Deutschland über ein leistungsfähiges Forschungssystem mit starken Talenten und damit über gute Voraussetzungen verfügt, aber in der Finanzierung und in der Transferdynamik nicht mit Vergleichsstaaten mithalten kann.

In einem zweiten Schritt werden die staatlichen **KI-Strategien international** verglichen. Die Analyse führt vor Augen, weshalb Deutschland im Bereich generative KI noch nicht zur Spitzengruppe gehört (Rechenkapazität, öffentliche Investitionen in die Technologie und Marktasymmetrien im Bereich Hardware und Cloud). Sie legt damit den Grundstein für die Handlungsoptionen in den Kapiteln 3 und 4.

2.1 Standortanalyse

Die Grundvoraussetzungen, damit Deutschland den internationalen Wettbewerb im Bereich generative KI an der Spitze gestalten kann, sind günstig. Deutschland beherbergt Spitzenforscherinnen und -forscher, die über ihre internationale Vernetzung bereits bekannte generative KI-Modelle vorangetrieben haben. Das Wissenschaftssystem bildet zahlreiche Talente aus, die allerdings spätestens in der Postdoc-Phase zur Abwanderung tendieren.
Den klugen Köpfen und der durchaus agilen KI-Start-up-Landschaft in Deutschland fehlt es an Möglichkeiten (Infrastruktur und Finanzierung), und andere Standorte locken mit höheren Gehältern.

Zum **internationalen Standortvergleich** bieten sich einerseits der Tortoise Global AI-Index und andererseits der Index des Institute for Human-Centered Artificial Intelligence der Stanford University an.[18, 19]

Der Tortoise Global AI-Index bewertet KI-Standorte nach unterschiedlichen Indikatoren und ordnet Staaten jeweils eine Position in einem Ranking zu. **Deutschland** liegt bei diesem Index insgesamt auf **Platz 8**, fällt allerdings auf Platz 15, sofern KI-Standorte vorrangig relativ zu ihrer Bevölkerungsgröße und Wirtschaftsstärke betrachtet werden.[20]

Zur Verbesserung der **Standortbedingungen** könnte sich Deutschland an **französischen Erfolgsmodellen** ein Beispiel nehmen. Unter der Schirmherrschaft von Präsident Macron ist es im Rahmen der Tibi Initiative gelungen, zwischen 2019 und 2022 sechs Milliarden EUR privates Kapital für Start-ups zu akquirieren.[21] Die Regierung unterstützt Start-ups zusätzlich im Rahmen attraktiver öffentlicher Zuschüsse (SharpSheets 2023). Inzwischen ist Frankreich das führende Ökosystem für die Finanzierung von Wachstumsunternehmen in der EU.[22]

„Deutschland ist Produktivitätsweltmeister, aber nicht Wachstumsweltmeister. Wir steigern den Gewinn, aber nicht den Umsatz durch Innovation."

18 | Vgl. Maslej et al. 2023.
19 | Vgl. Tortoise 2023.
20 | Vgl. ebd.
21 | Vgl. Direction générale du Trésor, France 2023.
22 | Vgl. Statista 2023b.

Einige der befragten Expertinnen und Experten sind besorgt über die im internationalen Vergleich **geringe Innovationshöhe** von KI-Projekten in der deutschen Wirtschaft. Am Standort Deutschland betrachten viele Unternehmen Künstliche Intelligenz vor allem als ein Werkzeug zur Steigerung der Produktivität und weniger als einen Schlüssel zum Aufbau neuer Geschäftsmodelle.

Viele **spannende KI-Themen**, wie KI in der pharmazeutischen Wirkstoffentwicklung oder KI im Chip-Design, forcieren einige deutsche Großunternehmen verstärkt **im Ausland statt im Inland**.

Die **USA** führen das KI-Standortranking unangefochten an, **China** folgt mit Abstand, genießt aber einen großen Vorsprung zu anderen Standorten. In Relation zur Bevölkerungs- und Wirtschaftsgröße sind Singapur, Israel, die Schweiz und Finnland die führenden Nationen.[23]

Die **Stärken des deutschen Standorts** liegen im Forschungssystem und der Ausbildung von Talenten. Der Forschungsoutput fällt geringer aus als in Vergleichsstaaten, allerdings ist die deutsche KI-Forschung beispielsweise über das European Laboratory for Learning and Intelligent Systems (ELLIS) stark international vernetzt und beheimatet **Spitzenforscherinnen und Spitzenforscher**, die international signifikant zum Bereich Maschinelles Lernen beitragen.[24]

Deutschland bildet einen **hervorragenden Talentepool** aus, zieht hierfür ausländische Studierende sowie Doktorandinnen und Doktoranden im Bereich KI stark an (vor allem aus Indien und China), verliert aber Teile des Spitzennachwuchses nach der Promotion an die USA, das Vereinigte Königreich und die Schweiz.[25]

Die **Schwächen des deutschen Standorts** liegen insbesondere im Transfer und in der Finanzierung. Die Gründungsdynamik ist schwächer als bei internationalen Spitzenreitern.[26, 27]

Forschungstransfer im internationalen Vergleich

Deutschland kann im KI-Bereich auf ein **wettbewerbsfähiges Wissenschaftssystem** zurückgreifen. Ausländische KI-Talente insbesondere aus Asien zieht es an deutsche Universitäten, und Forscherinnen und Forscher reihen sich über die internationale Vernetzung sowie über die Qualität der Publikationen, wenngleich nicht über die Quantität in die weltweite Spitzenforschung ein.[28]

Zwei Punkte unterscheiden den **KI-Bereich** im Sinne des Transfers **besonders** von anderen Technologiebereichen. Erstens sind mehr als vierzig Prozent der KI-Start-ups in Deutschland akademische Spin-offs. Der Anteil von akademischen Spin-offs am Gründungsgeschehen in anderen Technologiebereichen ist wesentlich geringer.[29]

Der zweite Punkt ist, dass in den meisten Technologiebereichen IP-Verhandlungen (Intellectual Property-Verhandlungen) als Flaschenhals für den Transfer identifiziert werden. Mit Ausnahme des KI-Hardwaresektors trifft das auf den KI-Bereich jedoch nicht zu. Anstatt IP sind **kluge Köpfe** für KI-Innovationen entscheidend.[30]

Europa und Deutschland haben diese Talente, auch wenn im sich verschärfenden **globalen Wettbewerb** um KI-Talente neue Maßnahmen in Erwägung gezogen werden sollten (siehe Kapitel 4.2).[31] Im weltweiten Vergleich von KI-Gründungen belegt Deutschland Platz neun, wobei in den USA im ersten Halbjahr 2023 zehnmal mehr KI-Start-ups gegründet wurden als in Deutschland.[32]

> „Hätten wir zehn Jahre Zeit, hätten wir alles. Aber wir haben keine zehn Jahre."

Wenn IP-Verhandlungen internationale KI-Start-ups nicht aufhalten, entscheiden **drei Faktoren** über die Entwicklungsgeschwindigkeit von KI-Modellen und die sich daraus ableitende volkswirtschaftliche Wertschöpfung sowie über die Standortplatzierung von Staaten:

- **Recheninfrastruktur** zum Training und Inferenzierung von KI-Modellen
- **Finanzierung** von KI-Start-ups
- **staatliche Rahmenbedingungen** (Bürokratie, Steuerlast, Arbeitsrecht) und **KI-Strategien**

23 | Vgl. Tortoise 2023.
24 | Vgl. Maslej et al. 2023.
25 | Vgl. Stiftung Neue Verantwortung 2022.
26 | Vgl. Bundesverband Deutsche Startups e. V. 2021.
27 | Vgl. Maslej et al. 2023.
28 | Vgl. ebd.
29 | Vgl. KI Bundesverband e. V. 2023b.
30 | Vgl. ebd.
31 | Vgl. Sequoia 2023.
32 | Vgl. Book/Demling 2023.

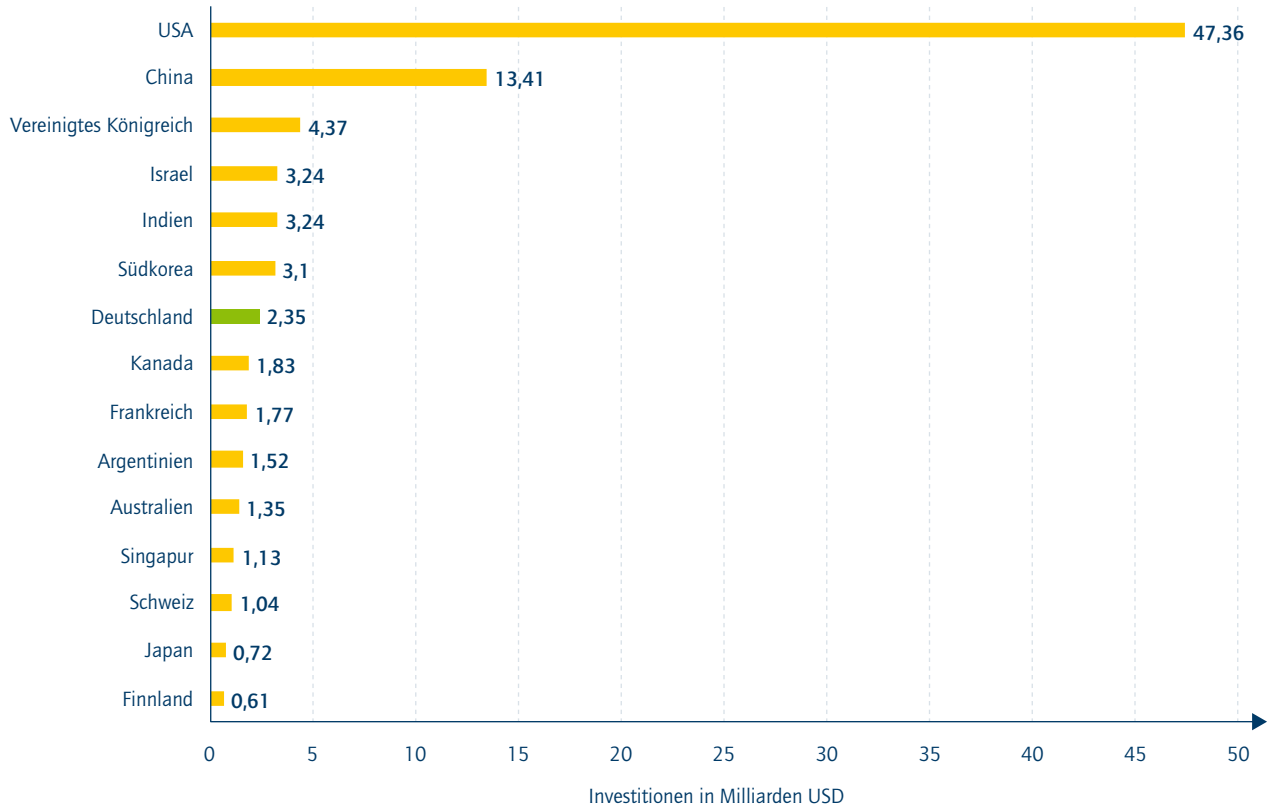


Abbildung 4: Private Investitionen im Bereich KI im internationalen Vergleich. Im Jahr 2022 beliefen sich die privaten Investitionen im Bereich KI in Deutschland auf rund 2,35 Milliarden US-Dollar. Im gleichen Jahr wurden in den USA private Investitionen in Höhe von rund 47 Milliarden USD getätigt. (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Statista 2023a)

Die **KI-Recheninfrastruktur** wird seitens der Branche als nicht ausreichend und als Showstopper beschrieben.[33] Inwiefern derzeitige Ausbaupläne bezüglich der bestehenden Infrastruktur ausreichen, um die Lücke zu anderen Staaten zu schließen, ist fraglich. Die Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten plädiert für eine Aufstockung der KI-Rechenkapazität in Deutschland (siehe Kapitel 3.2).

Finanzierung im internationalen Vergleich

Besonders kritisch im internationalen Vergleich ist das **Finanzierungsgefälle** über den Atlantik hinweg (siehe Abbildung 4). Das US-amerikanische Investitionsvolumen für KI-Start-ups übersteigt das deutsche eingesetzte Venture Capital (VC) um den Faktor 20.[34] Start-ups sammeln in den USA wesentlich mehr Kapital bei VC-Deals ein als in Deutschland.[35, 36]

Die **Wagniskapitalfinanzierung** hat sich durch den ChatGPT-Moment in Deutschland verbessert, indem prozentual mehr VC-Kapital in die KI-Branche fließt. Diese positive Entwicklung wird allerdings dadurch relativiert, dass der Umfang von Wagniskapitalinvestitionen im deutschen Markt 2023 insgesamt abgenommen hat.[37, 38, 39] Die Finanzierungslücke in der deutschen Start-up-Landschaft bemessen an erhofftem und genutztem VC-Kapital liegt bei 16,2 Prozent.

Die Hauptfinanzierungsquelle für Software-KI-Start-ups ist jedoch der **Cashflow**.[40] Vor diesem Hintergrund ist die rasche Anwendung generativer KI in der deutschen Wirtschaft und Verwaltung nicht nur im Sinne der eigenen Produktivität geboten[41, 42] Die Kundschaft ist für heimische KI-Angebote und Start-ups als Innovationstreiber des deutschen KI-Ökosystems essenziell (siehe Kapitel 3.3).

33 | Vgl. KI Bundesverband e. V. 2023a.
34 | Vgl. Maslej et al. 2023.
35 | Vgl. Der Spiegel 2023b.
36 | Vgl. Hutchinson 2023.
37 | Vgl. Khalaf 2023.
38 | Vgl. KfW Research 2023a.
39 | Vgl. KfW Research 2023b.
40 | Vgl. BMWK 2023a.
41 | Vgl. McKinsey & Company 2023b.
42 | Vgl. IW Consult 2023.

2.2 Förderung von KI-Ökosystemen im internationalen Vergleich

Viele Staaten haben zur Stärkung ihrer Wirtschaft und aus geopolitischen Gründen dezidierte KI-Strategien aufgelegt. Auch Deutschland hat seit 2018 eine KI-Strategie. Im November 2023 veröffentlichte das BMBF einen KI-Aktionsplan als ein ministerielles Update zur Nationalen KI-Strategie. Bei einer genaueren Analyse kommen drei Problembereiche der deutschen KI-Strategie zum Vorschein. Diese beziehen sich auf die Ausarbeitung einer kohärenten KI-Strategie, die Bereitstellung ausreichender Ressourcen sowie die politische Steuerung.

Im Ringen zwischen den Weltmächten **USA** und **China** kommt die Bedeutung von KI für künftigen Wohlstand und geopolitischen Einfluss zum Ausdruck. Durch Exporteinschränkungen für EDA-Tools (Electronic Design Automation Tools), Produktionstechnologien und Prozessoren versuchen die USA, die Entwicklung von KI-Technologien in China zu bremsen und damit ihre eigene technologische Machtbasis zu sichern.[43]

Auch die **Europäische Union** (EU) hat die strategische Bedeutung von KI erkannt und Regulierungsvorhaben sowie wirtschaftliche wie wissenschaftliche Förderprogramme auf den Weg gebracht. Innerhalb der EU hat sich **Frankreich** das Ziel gesetzt, zur kontinentaleuropäischen KI-Führungsmacht zu werden.[44] Die **britische Regierung** hat das ambitionierte Ziel ausgerufen, das Land zur globalen KI-Supermacht zu entwickeln.[45] In der deutschen KI-Strategie werden gegenüber diesen national orientierten Bestrebungen der europäische Gedanke und die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit betont.[46]

Abbildung 5 zeigt die unterschiedlichen **KI-Strategien** ausgewählter Nationalstaaten und der EU. Die Programme unterscheiden sich nicht nur bezüglich unterschiedlicher monetärer Ressourcen, sondern auch im Hinblick auf Schwerpunktsetzungen und die politische Steuerung.[47] Wichtig ist es, zu beachten, dass quantitative Angaben zum Fördervolumen von KI-Strategien nur eine grobe Tendenz wiedergeben, da die angegebenen Zahlen nicht unbedingt den tatsächlichen Ausgaben entsprechen und die Programme sehr unterschiedliche Schwerpunkte haben.

	EU	Deutschland
Fördervolumen	1 Mrd. EUR pro Jahr	3,5 Mrd. EUR bis 2025
Jährliche Ausgaben	Privat: ca. 9 Mrd. EUR (2020) Staatlich: ca. 1,7 Mrd. EUR (2020)	Privat und staatlich: ca. 1,56 Mrd. EUR (Mittel aus den Jahren 2019/2020)
Schwerpunkte und Besonderheiten	▪ Maximierung verfügbarer Ressourcen durch Koordinierung der Programme Horizont Europa und Digitales Europa ▪ Regulierung u. a. durch den Digital Services Act, den Digital Markets Act und den Data Governance Act	▪ Schaffung von 150 zusätzlichen Professuren im Bereich der KI ▪ Nationales Kompetenznetzwerk von mindestens zwölf Zentren und Anwendungshubs ▪ KI-spezifische Unterstützung für mittelständische Unternehmen, Aufbau von Mittelstand-Digital Zentren, Förderung von Datenräumen wie Gaia-X ▪ 50 Leuchtturmanwendungen zu Klima und Umwelt
	USA	**China**
Fördervolumen	N/A	N/A

43 | Vgl. Toh/Tausche 2023.
44 | Vgl. Kharpal 2023.
45 | Vgl. Yahoo 2023.
46 | Vgl. Deutsche Bundesregierung 2018.
47 | Vgl. OECD 2023.

	USA	China
Jährliche Ausgaben	Privat: ca. 17,6 Mrd. EUR (2020) Staatlich: ca. 3,6 Mrd. EUR (2020)	N/A
Schwerpunkte und Besonderheiten	▪ Langfristige Investitionen in Forschung und Entwicklung für die Grundlagen der nächsten Generation (generativer) KI-Software und Hardware ▪ Messung und Bewertung von KI-Technologien durch Standards und Benchmarks ▪ Entwicklung gemeinsamer öffentlicher Datensätze und Trainingsumgebungen für KI ▪ Entwicklung einer neuen Klasse von Hochleistungsrechnern mit der 1.000-fachen Leistung der modernsten Petaflop-Maschinen von heute	▪ Bereitstellung von sicheren und effizienten KI-Infrastrukturen ▪ Aufbau und Koordination von KI-Plattformen, u. a. für Open Source Hardware und Software ▪ Aufbau von nationalen KI-Parks und Maker Spaces ▪ Verstärkte Zusammenarbeit von zivilen und militärischen Institutionen im Bereich von KI-Technologien
	Großbritannien	**Frankreich**
Fördervolumen	N/A	> 2,2 Mrd. EUR bis 2025
Jährliche Ausgaben	Privat und staatlich: 1,76 Mrd. EUR (2020)	Privat und staatlich: ca. 1,65 Mrd. EUR (Mittel aus den Jahren 2019/2020)
Schwerpunkte und Besonderheiten	▪ Drei Säulen des KI-Ökosystems: Verfügbarmachung von Ressourcen, anwendungsnahe Förderung und Regulierung als vertrauensvoller Enabler ▪ Ausrichtung von Challenges mit Fokus auf Greentech und Gesundheit, Staat als Einkäufer von innovativen KI-Produkten ▪ Mindestens 1 Mrd. EUR für einen Supercomputer für die KI-Forschung ▪ Programm zu KI-Chip-Design im Rahmen der UK-Halbleiterstrategie	▪ Schaffung von 180 zusätzlichen Lehrstühlen und 300 zusätzlichen Doktorandenstellen in KI-Disziplinen ▪ 53 sektorale KI-Innovationscluster: z. B. zum Thema sichere Stadt und Sicherheit, zu Deep Tech, Gesundheit, Mobilität, Aerospace ▪ Bereitstellung von KI-Supercomputing-Infrastruktur ▪ 500 Mio. EUR, um fünf bis zehn globale KI-Cluster aufzubauen
	Südkorea	**Japan**
Fördervolumen	N/A	N/A
Jährliche Ausgaben	N/A	N/A
Schwerpunkte und Besonderheiten	▪ Vollständige Öffnung der öffentlichen Daten sowie Einrichtung und Aufbau von zehn Datenplattformen ▪ Bereitstellung von Compute- und Daten-Vouchers ▪ Aufbau eines neuen KI-Clusters in Gwangju in Public-Private-Partnership (PPP) im Rahmen der National Hub Strategy, Bereitstellung der Kerninfrastruktur (Kosten ca. 277 Mio. EUR) ▪ Förderung der Entwicklung von KI-Chips der nächsten Generation (Investitionen von ca. 707 Mio. EUR)	▪ Verpflichtende KI- und Data-Science-Ausbildung an Schulen und Hochschulen für alle Lernenden ▪ FuE-Förderung entlang des gesamten Technologie-Stack (inklusive Komponenten), Weltklasse-Forschung am RIKEN Center for Advanced Intelligence Project (AIP) und am National Institute of Information and Communications Technology (NICT) ▪ Unterstützung von KMU in der Anwendung von KI zur Produktivitätssteigerung ▪ Aufbau von KI-Infrastrukturen, ca. 200 Mio. EUR für die eigenständige Entwicklung von Supercomputern für generative KI

Abbildung 5: Überblick über KI-Strategien ausgewählter Nationalstaaten und der EU (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Allen 2019; BMBF 2023a; Deutsche Bundesregierung 2018, 2020; Europäische Kommission 2022, 2023; Le Monde 2023; Ministère de l'Économie et des Finances, France 2023; Ministerium für Wissenschaft und Technologie der Volksrepublik China 2017; NAIIO 2023; National Artificial Intelligence Research Resource Task Force 2023; NIKKEI Asia 2023a, 2023b; Regierung der Französischen Republik 2022; Regierung Japan 2022; Regierung der Republik Korea 2019)

Ausländische KI-Strategien und ihre möglichen Botschaften und Implikationen für Deutschland

Der **internationale Vergleich von KI-Strategien** ist einerseits eine Quelle der Inspiration für eigene KI-Programme, andererseits aber auch ein Frühindikator für zukünftigen Wettbewerb:

- **Regulierung**: In den Hintergrundgesprächen wurde der geplante europäische AI-Act (Artificial Intelligence Act) zwar nicht grundsätzlich abgelehnt, doch viele der befragten Expertinnen und Experten eint die Sorge vor einer europäischen Überregulierung. Großbritannien intendiert, von seiner Unabhängigkeit zu profitieren und die Regulierung für den eigenen Vorteil gegenüber der EU zu nutzen.[48] Auch Südkorea verspricht sich durch eine innovationsfreundliche Regulierung Vorteile im globalen Wettbewerb.[49] Im Hinblick auf einen möglichen Regulierungswettbewerb sollte sich die Bundesregierung für international verpflichtende Regeln zum Datenschutz und zur Minimierung der Risiken in sensiblen KI-Anwendungsbereichen einsetzen. Innerhalb des Einflussbereichs der Europäischen Union sollte sie auf eine einheitliche Implementierung hinwirken und auch im Rahmen der nationalen Umsetzung des EU-AI-Act eine innovationsermöglichende Regulierung sicherstellen (siehe Kapitel 3.1).
- **Staat als Kunde**: Neben der direkten Finanzierung von FuE im Rahmen der Projektförderung oder der Finanzierung von Forschungseinrichtungen forcieren viele Staaten eine aktive Technologiepolitik als strategische Ankerkunden von einheimischen Technologieunternehmen und betreiben so eine indirekte Forschungs- und Entwicklungsfinanzierung. Nur drei Prozent der FuE-Aufwendungen von privaten Unternehmen in Deutschland werden indirekt durch Aufträge der öffentlichen Hand, die staatliche Forschungsförderung oder durch Steueranreize finanziert. Im Vergleich dazu beträgt dieser Wert in Frankreich 28 Prozent und in Großbritannien 18 Prozent.[50] Mithin hat Deutschland noch sehr großes Potenzial, als Ankerkunde forschungs- und entwicklungsintensive Spitzentechnologien zu unterstützen (siehe Kapitel 3.3).
- **Talente**: In Deutschland sorgen sich viele der befragten Expertinnen und Experten um ausreichend KI-Talente aus den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik). Das Thema Talentegewinnung spielt international in allen Programmen eine Rolle. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die japanische Strategie. KI und Data Science sollen als Grundlagenfach an allen Schulen und Hochschulen und in allen Studienprogrammen gelehrt werden. Erklärtes Ziel ist es, nicht nur in der Forschung und Entwicklung, sondern auch für die praktischen Anwendungsbereiche der Künstlichen Intelligenz ausreichend Fachpersonal auszubilden.[51] Japanische Expertinnen und Experten raten deshalb zu einer Bildungspolitik, in der KI-Kompetenz in drei Dimensionen verankert ist. In der Dimension (1) „Technische Kompetenz" geht es um Grundlagenfähigkeiten in den Bereichen Mathematik, Datenwissenschaft und KI-Technologien. Die Dimension (2) „Kritisches Denken" umfasst Kreativität und Einfühlungsvermögen und hat zum Ziel, ethische Werturteile bilden zu können. Die Fähigkeit neue gesellschaftliche Praktiken, Produkte und Dienstleistungen mit Künstlicher Intelligenz zu entwerfen, ist mit der Dimension (3) „Designkompetenz" gemeint.[52] Die Bundesregierung hat den MINT-Aktionsplan 2.0 aufgelegt, der helfen soll, Kinder spielerisch an die MINT-Fächer heranzuführen. Diese Maßnahme bleibt jedoch hinter den japanischen Bestrebungen zurück.
- **Regionale Cluster**: Während die KI-Strategie in Deutschland das Instrument der Projektförderung nutzt, um häufig geografisch zerstreut eine Vielzahl an Zuwendungsempfängern zu fördern, setzen Südkorea und Frankreich standortpolitisch auf den Aufbau lokaler Cluster mit globaler Schlagkraft.[53, 54, 55] Die starke Fragmentierung von KI-Programmen in Deutschland wurde als ein Schwachpunkt von den befragten Expertinnen und Experten benannt, weshalb eine Orientierung an ausländischen standortbezogenen Entwicklungskonzepten geboten wäre.
- **Recheninfrastruktur**: Die US-Regierung investierte im Jahr 2023 circa 1,7 Milliarden Euro in Recheninfrastruktur. Großbritannien ist nach Aussagen einiger Expertinnen und Experten bereit, bis zu 1,6 Milliarden Britische Pfund für Recheninfrastruktur in den kommenden Jahren bereitzustellen; demgegenüber plant die Bundesregierung, im Rahmen der KI-Strategie verteilt über mehrere Jahre 150,7 Millionen Euro für einen Exascale-Supercomputer bereitzustellen.[56, 57] Das genannte System ist nicht speziell für das Training von großen KI-Modellen ausgelegt, und die deutsche KI-Forschung wird auch nur einen begrenzten Zugriff darauf haben. Das international vergleichsweise geringe Investitionsvolumen

48 | Vgl. UK Department for Science, Innovation and Technology 2023.
49 | Vgl. Ministry of Science and ICT 2019.
50 | Vgl. Fipeco 2023.
51 | Vgl. Regierung Japan 2022.
52 | Vgl. Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute 2023.
53 | Vgl. KIOX 2015.
54 | Vgl. Ministère de l'Économie et des Finances, France 2023.
55 | Vgl. Ministry of Science and ICT 2019.
56 | Vgl. Fedral Budget IQ 2023.
57 | Vgl. Voß 2023b.

des deutschen Staats bedeutet einen klaren Wettbewerbsnachteil für die hiesige KI-Forschung und macht den Standort für Spitzentalente weniger attraktiv (siehe Kapitel 3.2 und Kapitel 4.4).

- **KI-Hardware**: Die deutsche Strategie legt einen starken Fokus auf die KI-Anwendungsförderung und die Bereitstellung von Datenräumen. Die Programme der USA, Chinas und Südkoreas setzen bereits tiefer in der Wertschöpfungskette an und betonen die strategische Bedeutung von KI-Basistechnologien und der Mikroelektronik.[58, 59, 60, 61] Wie in Kapitel 4.3 erläutert wird, sollte auch Deutschland stärker in KI-Hardware investieren, da nur so die von der Regierung angestrebte Führungsposition Deutschlands und Europas möglich ist.

Politische Steuerung zur Umsetzung der KI-Strategie

Die befragten Expertinnen und Experten wünschen sich eine **kohärente nationale KI-Strategie**, die konkrete Ziele auf Ebene der EU, des Bundes und der Länder formuliert und operationalisiert.

> „Es fehlt ein nationaler KI-Aktionsplan. Es braucht mehr Abstimmung, nicht nur auf Bundes-, sondern auch auf Ebene der Länder."

Derzeit ist die deutsche **KI-Strategie noch sehr fragmentiert**. Allein im Geschäftsbereich des BMBF gibt es derzeit über vierhundert Einzelaktivitäten zur Entwicklung und Anwendung von KI-Modellen.[62] Diese im internationalen Vergleich starke Fragmentierung könnte zum Teil auch dem Föderalismus und den verteilten Zuständigkeiten unterschiedlicher Ministerien geschuldet sein.

Die befragten Expertinnen und Experten äußern ausdrücklich den Wunsch nach **mehr politischer Koordinierung**, damit mehr Großprojekte mit internationaler Strahlkraft umgesetzt werden können.

Als Ergänzung wird eine unabhängige **Begleitforschung** empfohlen. Durch eine transparente Erfolgsmessung der Maßnahmen könnten **Fehlentwicklungen frühzeitig erkannt und gegebenenfalls rechtzeitig korrigiert werden**.

Finanzierung der staatlichen KI-Forschungsförderung

Seit 2018 verfolgt Deutschland eine KI-Strategie, die ursprünglich mit drei Milliarden Euro finanziert werden sollte. Im Rahmen des Konjunkturpakets wurden 2020 die **KI-Gelder auf fünf Milliarden Euro** aufgestockt.

Von den versprochenen 5 Milliarden Euro wurden bis 2023 tatsächlich nur 1,28 Milliarden Euro ausgegeben, weitere 1,5 Milliarden Euro sind für die Jahre 2023 bis 2025 gebunden.[63, 64] Nach aktuellem Stand plant die Regierung, 3,5 Milliarden Euro für KI bis 2025 zur Verfügung zu stellen. Mit der Freigabe der noch **fehlenden 1,5 Milliarden Euro bis 2025**, um das versprochene Förderziel in Höhe von 5 Milliarden Euro zu erreichen, ist nicht zu rechnen.

> „Technologieoffenheit als politisches Postulat reicht nicht. Man muss Ziele aus Interessen ableiten, Strategien langfristig aufsetzen, dass sie mehrere Legislaturperioden überstehen können."

Bei den direkten staatlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung nahm Deutschland 2020 international eine Spitzenposition ein. Der deutsche Staat investierte 1,04 Prozentpunkte vom Bruttoinlandprodukt in Forschung und Entwicklung. In den USA betrugen die Ausgaben 0,85 Prozentpunkte und in Frankreich 0,78 Prozentpunkte vom Bruttoinlandsprodukt.[65] Auf das für die Künstliche Intelligenz relevante Feld der **Informations- und Kommunikationstechnologien (inklusive Mikroelektronik)** entfällt mit Blick auf die Ausgaben des Bundes davon jedoch nur ein vergleichsweise kleiner Anteil.[66]

Deutschland sollte sich im Rahmen der KI-Strategie **klare Förderziele setzen**, diese **mit messbaren Meilensteinen unterlegen** und entsprechend dem gewünschten Ambitionsniveau finanzieren.

58 | Vgl. Allen 2019.
59 | Vgl. Ministry of Science and ICT 2019.
60 | Vgl. Ministry of Science and ICT 2022.
61 | Vgl. US National Science & Technology Council 2019.
62 | Vgl. Schmidthäussler 2023.
63 | Vgl. Deutscher Bundestag 2023.
64 | Vgl. Voß 2023a.
65 | Vgl. Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche 2023.
66 | Vgl. BMBF 2023a.

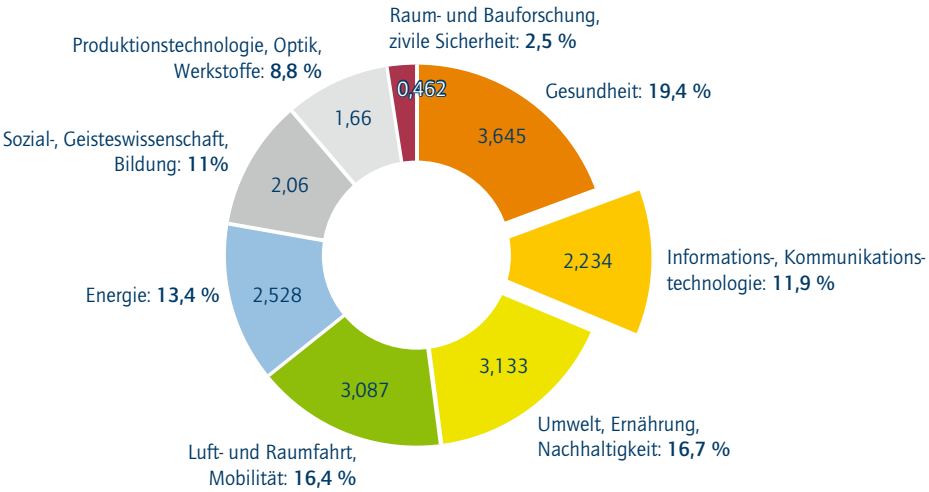


Abbildung 6: Themenspezifische zivile FuE-Förderung des Bundes ohne Querschnittsaktivitäten und Sonderprogramme im Jahr 2022 in Milliarden Euro sowie prozentuale Anteile der jeweiligen Bereiche (Quelle: eigene Darstellung basierend auf BMBF 2023a)

Beschleunigter technologischer Wandel und starker internationaler Wettbewerb: Argumente für eine zweigleisige KI-Strategie

Damit Deutschland nicht weiter abgehängt wird, sollte der deutsche Staat im internationalen Wettbewerb Schritt halten und zumindest gleichwertige Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Anwendung von KI schaffen. Dies ist nur durch schnelles und entschlossenes Handeln in Politik und Wirtschaft möglich. In **Kapitel 3** werden Maßnahmen zusammengefasst, die – auch unter Rückgriff auf außereuropäische Technologien – die Produktivität der deutschen Wirtschaft stärken. **Kurzfristig** ist das Ziel, die **Konkurrenzfähigkeit** der deutschen Wirtschaft zu erhalten und auszubauen.

Entscheidet sich die Regierung, ihr **ambitioniertes Ziel**, Deutschland zu einer führenden Nation für KI-Technologien zu entwickeln, konsequent umzusetzen, dann sollte sie **tiefer im Technologie-Stack ansetzen**. Es reicht nicht, nur KI-Modelle zu optimieren, sondern die technologische Basis sollte, wie in **Kapitel 4** beschrieben, als ein stabiles Fundament gestärkt werden. Die Fähigkeit zur Entwicklung anspruchsvoller KI-Produkte in Software/Hardware-Co-Design zählt zu dieser Basis. In der gemeinsamen Entwicklung von Software und Hardware liegen die Gestaltungsmöglichkeiten für künftige Wertschöpfung.

Geopolitische Spannungen und das Ziel der technologischen Souveränität Europas

Die befragten Expertinnen und Experten warnen vor der **Abhängigkeit von den außereuropäischen IT-Unternehmen**, die aktuell einen Großteil der IT- und KI-Basistechnologien in Europa bereitstellen. Die hohen Gewinne, die diese Unternehmen aus dem Europageschäft ziehen, werden reinvestiert, sodass sie ihre **Vormachtstellung gegenüber Deutschland** und Europa stetig ausbauen (siehe Abbildung7).

Mittel- bis langfristig sollte Deutschland im Verbund mit Europa **technologische Souveränität anstreben**. Der steigende Protektionismus und das europäische technologische **Souveränitätsdefizit** entwickeln sich zunehmend zu einem **Risiko für den Standort Deutschland**. Aufgrund der Asymmetrien der Wirtschaftsbeziehungen können im Falle von Handelskonflikten die dominanten Wirtschaftsräume durch Exportbeschränkung oder das Zurückhalten aktueller Technologien die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Industrien zu ihren Gunsten hemmen.

Nach Aussagen einiger Expertinnen und Experten waren vereinzelt die **Beschaffung von GPU-Chips und Exportbeschränkungen** durch die USA im Zuge der Chipkrise bereits ein Problem für deutsche Unternehmen. Auch die **Geschwindigkeit von Cloud Services** wurde während der Pandemie im Zeichen von „America first" in Europa **gedrosselt**.

Deutschland als stärkster europäischer Mikroelektronikstandort[67, 68] hat gute Voraussetzungen zur Entwicklung europäischer KI-Basistechnologien beizutragen. Im Vergleich zu Frankreich, das bereits stark in eine souveräne Beherrschung von militärischen Luftfahrt-, Weltraum- und Nukleartechnologien investiert, hat der deutsche Staat im Bereich von IT- und KI-Technologien noch **viel Potenzial zur zivilen und militärischen Souveränität Europas beizutragen**. Handlungsoptionen zur Steigerung der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands und zur Stärkung der Souveränität in KI-Technologien werden in **Kapitel 4** behandelt.

Stärken

- **Hohes relevantes Domänenwissen:** (Trainings-)Daten und Ideen zur Datennutzung im öffentlichen Raum (z. B. Gesundheit) sowie im privaten Sektor (Industrie und KMU)
- **Etablierte sozialpartnerschaftliche Formate:** bestehende belastbare Netzwerke und Formate zur Begleitung einer Technologieeinführung (z. B. jene im Rahmen von Industrie 4.0)
- **Förder- und Beratungslandschaft für KMU:** Leuchtturmprojekte und bewährte Beratungs- und Unterstützungsangebote für KMU mit Skalierungspotenzial (siehe Anhang A)

Schwächen

- **Digitalisierungsrückstand:** Nachzügler im europäischen Vergleich bei digitalen Kompetenzen und Strukturen
- **Zögerliche Kunden:** kaum Generierung von Cashflow, der Hauptfinanzierungsgrundlage von KI-Start-ups, durch Industrie und Staat
- **Rechtsunsicherheit und Bürokratie:** Umsetzung der DSGVO und des AI-Act als mögliche Markteintrittshürde für heimische KI-Unternehmen zugunsten ausländischer Marktführer
- **Hoher und volatiler Strompreis:** hohe Betriebskosten in Deutschland als Investitionshemmnis und Standortkriterium für private Rechenkapazitätsanbieter

Chancen

- **Produktivitätsboost:** enorme Produktivitätssteigerungen durch generative KI-Anwendungen in Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlicher Verwaltung
- **Hebel gegen den Fachkräftemangel:** Entlastung von Fachkräften durch Arbeitsassistenz- und effizienten Ressourceneinsatz
- **Energieeffiziente Infrastruktur:** Verwirklichung der Nachhaltigkeitsziele und Optimierungsfähigkeiten heimischer Entwickler und Cloud-Anbieter
- **Zukunftsfähigkeit von KMU:** Reduktion des IT-Support-Bedarfs durch generative KI, Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstands durch Domänenwissen
- **KI-Kompetenzzentren und Vernetzung:** stärkere Sichtbarmachung des KI-Talente-Standorts Deutschland und Zugkraft für ausländische Talente

Risiken

- **Zurückfallen:** Nichtaufbau von KI-Kompetenz als fehlender Schlüssel zur Entfesselung anderer Schlüsselindustrien (z. B. Biotechnologie) und Abnahme der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit
- **Abfallende öffentliche Leistungsfähigkeit:** Zurückfallen bei Gesundheitsversorgung, Sicherheit, Verwaltung und Wohlstand durch verzögerten Einstieg in generative KI-Anwendungen und deren geringe Nutzung
- **Europäische Schwächung:** interner Wettbewerb von EU-Mitgliedstaaten und Redundanzen statt Aufbau kritischer Masse für den internationalen Wettbewerb

Abbildung 7: SWOT-Analyse zur Nutzung generativer KI in Deutschland (Quelle: eigene Darstellung)

67 | Vgl. Statista 2023a.
68 | Vgl. Statista 2023c.

3 Im Windschatten fahren: Sofortige Nutzung generativer KI als Produktivitätsbooster

Um im Bereich der generativen KI die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zu stärken und die technologische Souveränität zu steigern, ist eine **zweigleisige Strategie erforderlich. Dieses Kapitel stellt Maßnahmen für einen schnellen Einsatz generativer KI in Deutschland vor, um die damit verbundenen Chancen zu realisieren.**

Die vorgestellten Maßnahmen sollten parallel zueinander angegangen werden und zielen auf verschiedene, zunehmende **Ambitionsniveaus** ab.

„Wir müssen schauen, dass wir KI schnell in die Breite bekommen."

Derzeit gibt vor allem das Ausland den Wettbewerb vor, während Europa dabei ist, einen Rechtsrahmen ausarbeitet. Beides setzt Deutschland unter Druck. Die empfohlenen Maßnahmen sind eine Reaktion auf das akute Handlungsumfeld, welches durch eine **SWOT-Analyse** bewertet wird (siehe Abbildung 7).

Aus Geschwindigkeitsgründen sollte zunächst auch auf **ausländische Angebote** zurückgegriffen werden, selbst wenn diese mit Risiken für die technologische Souveränität einhergehen. Open-Source-Modelle sollten dabei bevorzugt werden, um Lock-in-Effekte zu minimieren.

„Um konkurrenzfähig zu bleiben, nutzt man amerikanische Angebote. Das ist betriebswirtschaftlich verständlich, aber volkswirtschaftlich gefährlich. Wir müssen in Europa unseren eigenen Weg gehen."

Handlungsoptionen

Für den Staat ist eine ausgewogene **Regulatorik** der erste Ansatzpunkt. Vorgeschlagen und in Kapitel 3.1 vertieft werden folgende Handlungsoptionen:

1. **Etablierung einer zentralen Umsetzungsstruktur:** Es bedarf einer zentralisierten Struktur zur Umsetzung der KI-Verordnung. Von 16 Landesbehörden und einer Bundesbehörde wie bei der Datenschutzgrundverordnung wird dringend abgeraten.
2. **Errichtung von Reallaboren:** Reallabore ermöglichen eine lernende Regulatorik, die mit dem KI-Ökosystem mitwachsen kann. Besonders für Start-ups und KMU ermöglichen Reallabore Innovationschancen und erleichtern ihnen den Einstieg in die zukünftige Umsetzung der KI-Verordnung.
3. **Entwicklung von Standards im internationalen Kontext:** Deutschland und Europa sollten sich dafür einsetzen, internationale Standards im europäischen Sinne zu gestalten. Angebote von Unternehmen zu Selbstverpflichtungen sollten dringend wahrgenommen werden.

Um auf Basis bestehender generativer KI-Modelle Wertschöpfung zu generieren, müssen Forscherinnen und Forscher, Unternehmen und auch die Verwaltung diese feintunen und anwenden können. Insbesondere Start-ups und KMU sowie der Forschung fehlt aktuell aber ein (langfristiger) **Zugang zu bestehenden Rechenkapazitäten**. Dieser sollte mit folgenden Maßnahmen ermöglicht werden (siehe Kapitel 3.2):

4. **Einführung von KI-Compute-Vouchern:** Um Start-ups den Zugang zu Rechenkapazitäten zu ermöglichen, sollte die öffentliche Hand ihnen Rechenzeit über Voucher zuteilen.
5. **Etablierung von Fast-Track- und Pay-per-Use-Verfahren:** Kommerzielle Akteure, aber auch die angewandte Forschung benötigen schnellere Verfahren für die Vergabe von Rechenzeit, die dann nicht in Konkurrenz zur akademischen Forschung steht. Über eine so geförderte vorwettbewerbliche Forschung hinaus sollte Rechenzeit von Unternehmen schlicht auch gegen Bezahlung gekauft werden können.

Mehr wettbewerbsfähige generative KI-Modelle aus deutscher Hand setzen den ambitionierten **Ausbau bestehender Rechenkapazitäten** mit passender Hardware voraus. Folgende Maßnahmen sollten dafür parallel zur Anpassung der Zugangsmodalitäten ergriffen werd0en (siehe Kapitel 3.2):

6. **Ausbau über Partnerschaften:** Bestehende Rechenzentren sollten im Rahmen von Partnerschaften zwischen Industrie und öffentlicher Hand mit GPU-Clustern ausgebaut werden. Nur diese Architektur ermöglicht derzeit das Training von Foundation Models auf konkurrenzfähigem Niveau.

7. **Garantierte Mindestabnahme von Rechenzeit:** Die öffentliche Hand sollte den Ausbau der Rechenkapazitäten über eine garantierte Mindestabnahme und damit Vergütung von Rechenzeit unterstützen, die dann beispielsweise für die Entwicklung von KI-Anwendungen für die Verwaltung genutzt oder an GovTech-Start-ups vergeben wird.

Die letztgenannte Maßnahme deutet bereits das vierte entscheidende Handlungsfeld an: Der **Staat sollte als Anwender und Ankerkunde** generativer KI-Modelle auftreten und sich als Vorreiter etablieren. Um dieses Ambitionsniveau zu erreichen, ist Folgendes nötig (siehe Kapitel 3.3):

8. **Beschaffung heimischer Angebote:** Die öffentliche Hand sollte als Ankerkunde auftreten und somit den besonders für Start-ups entscheidenden ersten Cashflow garantieren. Durch eine bevorzugte Vergabe von Aufträgen an heimische Anbieter erzeugt die öffentliche Hand eine innovationsförderliche Nachfrage im heimischen Ökosystem. Dies setzt eine angepasste Anwendung des Beschaffungsrechts voraus.
9. **Leuchtturmprojekte auf Bundesebene**: Die Beschaffung von LLMs für die Bundesverwaltung sollte als positives Beispiel für die Anwendung generativer KI genutzt werden. Hierfür bietet sich beispielsweise das Beschaffungswesen selbst als Verwaltungsebene mit niedrigem Risiko an.
10. **Verabschiedung des Onlinezugangsgesetzes 2.0 (OZG):** Mit dem OZG 2.0 sollte der Staat die Voraussetzungen schaffen, um generative KI-Modelle in der öffentlichen Verwaltung zu nutzen. Nur so profitiert auch die öffentliche Hand selbst von diesem technologischen Produktivitätsboost.

3.1 Staat und Unternehmen durch pragmatische Regelumsetzung in die Anwendung helfen

Die EU hat sich entschieden, den internationalen Wettbewerb vor allem regulatorisch zu suchen. Der KI-Verordnungsentwurf hatte generative KI allerdings ursprünglich nicht zum Verhandlungsgegenstand. Dass nicht nur Anwendungen, sondern auch Basismodelle unter strenge Kontroll- und Dokumentationspflichten fallen, wurde von einer breiten Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten abgelehnt. Damit der AI-Act weniger die europäische Wettbewerbsfähigkeit schwächt, sondern Staat und Unternehmen in der Marktgestaltung hilft und internationale Standards inspiriert, muss die Umsetzung gelingen.

Das **folgende Kapitel** wird **Empfehlungen zur Umsetzung der KI-Verordnung** abgeben, die sowohl den Staat als auch Unternehmen zur Anwendung verhelfen sollen.[69]

Darüber hinaus werden die **internationalen Bemühungen um Standardsetzung** zusammengefasst.

Logikbruch in der KI-Verordnung? Kategorische Risikoeinstufung und generative KI als Querschnittstechnologie

Die EU verfolgt bei der Regulierung von Künstlicher Intelligenz einen **risikobasierten Ansatz**. Der ursprüngliche Kommissionsentwurf sah nicht nur vor, Risiken mit Blick auf Gesundheit und Grundrechte der Unionsbürgerinnen und -bürger einzudämmen.[70] Die KI-Verordnung sollte vor allem auch die **freie Entwicklung, Vermarktung und Verwendung** von KI-Systemen im Binnenmarkt vor unverhältnismäßigen staatlichen Beschränkungen schützen.[71]

Der ursprüngliche **Verordnungsentwurf war nicht auf die Regulierung von generativer KI ausgelegt**. Die Trilogverhandlungen mussten dies nachholen. Dass nicht nur Anwendungen der generativen KI, sondern auch Basismodelle unter strenge Kontroll- und Dokumentationspflichten fallen könnten, wurde zum Zeitpunkt der geführten Hintergrundgespräche von einer **breiten Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten abgelehnt**.

69 | Kapitel 3.1 gibt den Sachstand zum 7. Dezember 2023 vor Abschluss der Trilogverhandlungen wieder. Die Hintergrundgespräche mit Expertinnen und Experten fanden zwischen September und Dezember 2023 statt.

70 | Vgl. EU-KOM 2021.

71 | Vgl. ebd.

Das **regulatorische Kernproblem** lag in dem Umstand begründet, dass Foundation Models und LLMs bereichsübergreifend eingesetzt und in diverse KI-Systeme integriert werden können. Infolge dieses allgemeinen Verwendungszwecks und als Querschnittstechnologie geraten Foundation Models schnell unter Generalverdacht.

Dem standen Bedenken um die **Wettbewerbsfähigkeit** entgegen, da die Gefahr besteht, dass durch eine zu strikte Regulierung Produktivitätsschübe im Querschnitt der Volkswirtschaft ausbleiben. Dies käme dann vor allem US-amerikanischen Hyperscalern zugute, die sich anders als europäische Start-ups die Bremseffekte und Umsetzungspflichten der KI-Verordnung leisten können.[72]

> „Europa kommt nicht auf den grünen Zweig. Microsoft, Google und Amazon sind begeistert von der EU-Regulierung. Die würgt alles ab, was aus Europa kommen könnte."

Befragte Expertinnen und Experten plädierten für regulatorische Ausgewogenheit und betonten die Notwendigkeit, dass ein gewisses Maß an **Transparenz** bei den Foundation Models gewährleistet sein muss. Unternehmen würden umso schneller die Anwendung generativer KI vorantreiben, je mehr die Datengrundlage, Sicherheitsfunktionen und Leistungsgrenzen der Basismodelle klar sind.

Gleichzeitig warnte eine Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten davor, die Vorschriften hinsichtlich der Foundation Models und damit am **Beginn der Wertschöpfungskette** zu eng zu fassen. Der Vorteil einer vertrauenswürdigen KI wäre über ihren im internationalen Vergleich langwierigen Entwicklungs- und Genehmigungsprozess teuer erkauft.

Die **Initiative Deutschlands, Frankreichs und Italiens** in den Trilogverhandlungen sah eine **verpflichtende Selbstregulierung** von Foundation Models durch einen Verhaltenskodex und zusätzlich Modellkarten vor, mit denen Basismodellanbieter über Fähigkeiten und Einschränkungen ihrer Modelle informieren sollten.[73] Risiko-basierte Regeln sollten auf der Ebene der Anwendungen, nicht bei der Technologie selbst ansetzen.

Das **Europäische Parlament** pochte ursprünglich auf horizontale Vorschriften zur Risikominimierung und Sicherheitsüberprüfung für alle Foundation Models.[74] Mit der spanischen Ratspräsidentschaft wurde ein **zweistufiger Ansatz** als Kompromiss vorgeschlagen: Transparenzpflichten wären für alle Foundation Models vorgesehen, wobei sehr leistungsfähige Modelle, die sogenannte systemische Risiken darstellen könnten, vor dem Markteintritt zusätzlich Sicherheitsüberprüfungen durchlaufen müssten.

Das **Verhandlungsergebnis des Trilogs** greift den zweistufigen Ansatz auf.[75] Anbieter von Foundation Models sind damit grundsätzlich dazu aufgerufen, ihre Modelle technisch zu dokumentieren und im Sinne einer fortlaufenden Transparenz zu aktualisieren. Überschreiten Modelle einen Richtwert in der Rechenleistung, bemessen in Floating Point Operations (FLOPs), die zum Training der Modelle aufgebracht wurde, werden diese als Modelle mit systemischen Risiken eingestuft. Für diese Modelle gelten fortan striktere Vorgaben in Bezug auf Risikobewertung, Cybersicherheit und Berichtspflichten zum Energieverbrauch.[76]

Die Entscheidung, einzelne Foundation Models als Modelle mit systemischen Risiken zu klassifizieren, trifft das zu etablierende **AI Office**, welches in der Europäischen Kommission angesiedelt werden soll und von einem wissenschaftlichen Beirat unterstützt wird.[77]

Frei zugängliche **Open-Source-Modelle** sind von den Vorschriften des zweistufigen Ansatzes ausgenommen, sofern diese nicht grundsätzlich als Hochrisikosysteme oder verbotene Anwendungen anzusehen sind.[78]

Reallabore als Chance in der Umsetzung der KI-Verordnung

Statt die Risikoeinstufung generativer KI und damit verbundene Pflichten für Entwickler und Anwender auf dem Verhandlungstisch abschließend zu klären, empfahl eine Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten, diese **Risikoeinschätzung begleitend auf der Basis praktischer Erfahrungen** vorzunehmen. Reallabore als Umsetzungsinstrument finden breite Zustimmung, die Bedeutung einer Öffnungsklausel in der KI-Verordnung für die Umsetzung wurde vereinzelt hervorgehoben.

72 | Vgl. Sifted 2023.
73 | Vgl. Volpicelli 2023.
74 | Vgl. Bertuzzi 2023b.
75 | Vgl. Fokuhl et al. 2023.
76 | Vgl. Bertuzzi 2023c.
77 | Vgl. Fokuhl et al. 2023.
78 | Vgl. Bertuzzi 2023c.

Manche der befragten Expertinnen und Experten verwiesen auf die Chancen einer **Öffnungsklausel** in der KI-Verordnung, welche auf der Basis definierter Mindestanforderungen an die Transparenz der Modelle ermöglichen würde, Kritikalitäts- und Folgeabschätzungen im konkreten Anwendungsbezug insbesondere im Bereich Arbeit und Beschäftigung durchzuführen. Ein Ordnungsrahmen wäre hierfür unter der Beteiligung der Sozialpartner und der Wissenschaft zu definieren. Diese Umsetzungsstruktur würde das Vertrauen in die Modelle stärken und damit die Anwendung erleichtern.

Andere befragte Expertinnen und Experten äußerten die **Sorge**, dass spezifische nationale Regelungen infolge der Öffnungsklausel die Umsetzung der KI-Verordnung und die Anwendung generativer KI in Unternehmen in Deutschland im europäischen Vergleich verlangsamen würden. Mit dem Verweis auf die DSGVO wäre laut manchen Befragten zu befürchten, dass die deutsche Auslegungspraxis als Hürde im internationalen Wettbewerb wahrgenommen würde.

Die Umsetzung der KI-Verordnung und die Praxistauglichkeit der Vorgaben sollten **erprobt** werden. **Reallabore** haben sich international als Instrument etabliert, um Technologien und deren Gefahren unter behördlicher Begleitung zu erproben und Innovationen zu skalieren.

Gerade **KMU und Start-ups**, denen es an den notwendigen personellen und finanziellen Ressourcen zur Einhaltung strikter Dokumentations- und Kontrollpflichten mangelt, würden Reallabore den Einstieg in die KI-Verordnung ermöglichen. Andernfalls drohen KMU und Start-ups bürokratisch de facto aus dem Wettbewerb genommen zu werden, wenn strenge Compliance-Vorgaben die großen Spieler begünstigen.

Der **AI-Act sieht die Einrichtung von Reallaboren explizit vor**. Es wird daher empfohlen, von der Möglichkeit umgehend Gebrauch zu machen, um die Umsetzung der KI-Verordnung hinsichtlich generativer KI innovationsfreundlich und rechtssicher zu gestalten. Im Gespräch mit den Stakeholdern könnte die Bundesregierung eine schnelle Ausgestaltung entwickeln.

Reallabore bieten sich als Umsetzungshebel an, um im Sinne der Innovationsförderung und Wettbewerbsfähigkeit sowohl Innovatoren als auch Behörden Experimentierräume zu öffnen, die Regelumsetzung unter Einhaltung von Sicherheitsstandards und staatlicher Schutzpflicht zu optimieren und technologische Ansätze für die Volkswirtschaft zu skalieren.[79]

Reallabore für die Anwendung generativer KI würden eine lernende Regulatorik fördern. Kontrollinstanzen und Innovatoren könnten gleichermaßen und im Austausch miteinander Pflichten und bürokratische Abläufe praktisch erproben und anpassen. Zukünftige Folgenabschätzungen und Risikoeinstufungen könnten fortan mitunter auf praktischen Erfahrungen beruhen.

Nationale Strukturen zur Umsetzung der KI-Verordnung

Befragte Expertinnen und Experten plädierten stark für eine **Zentralisierung** der KI-Verordnung-Umsetzungsstruktur.[80] Eine föderale Implementierung würde zu Rechtsunsicherheit zuungunsten von Unternehmen und zu Prüftourismus zuungunsten des Staats führen, wenn sich die Bürokratie in vergleichsweise liberalen Landesbehörden ballt. Angesichts von 16+1 unterschiedlichen Marktbedingungen könnte auch eine mögliche kritische Masse an Unternehmen und Talenten keinen Markt vorantreiben.

Der AI-Act sieht die Einrichtung einer **Umsetzungsstruktur** in jedem Mitgliedstaat vor. Folgende drei Einrichtungen gilt es zu benennen oder zu etablieren, wobei jeder Mitgliedstaat die genaue Ausgestaltung der Struktur selbstständig bestimmen kann:

- **Nationale Aufsichtsbehörde:** Diese Stelle soll die Umsetzung der Verordnung beaufsichtigen und als Kontaktstelle für die Öffentlichkeit, die EU-Ebene und andere Mitgliedstaaten dienen.
- **Notifizierende Behörde:** Diese Stelle soll Verfahren zur Bewertung und Notifizierung von Konformitätsbewertungsstellen etablieren und die Umsetzung überwachen.
- **Notifizierte Stellen:** Diese durch die notifizierende Behörde benannten Konformitätsbewertungsstellen sollen Hochrisiko-KI-Systeme prüfen, zertifizieren und kontrollieren.

Der AI-Act erlaubt, die zu benennende nationale Aufsichtsbehörde **gleichzeitig als notifizierende Behörde** einzurichten, stellt es aber den Mitgliedstaaten frei, gegebenenfalls unterschiedliche nationale Behörden mit den Aufgaben zu betrauen. Die Möglichkeit, die nationale Aufsichtsbehörde gleichzeitig als notifizierende (Bundes-)Behörde zu benennen, sollte in Betracht gezogen werden.

79 | Vgl. acatech 2023b.
80 | Vgl. NExT e. V. 2022.

Eine **negative Kontrastfolie** bietet laut den Befragten die Umsetzung der **Datenschutzgrundverordnung** (DSGVO). Die Umsetzungsstruktur ist föderal anstatt zentral organisiert. Innovatoren sehen sich in der Folge mit 16+1 Datenschutzbehörden konfrontiert.

Die föderale **Umsetzungsstruktur** der DSGVO wird schrittweise aufgrund starker Effizienz- und Innovationsverluste aufseiten der Wissenschaft und der Wirtschaft **im Nachhinein zentralisiert**. Die Opportunitätskosten der Ex-post-Zentralisierung light sind sowohl für die Unternehmen als auch für die Bürokratie enorm und sollten daher diesmal von Anfang an vermieden werden.

Das **Gesundheitsdatennutzungsgesetz** beispielsweise wird die datenschutzrechtliche Aufsicht bei länderübergreifenden Projekten einer federführenden Landesdatenschutzbehörde anvertrauen, um Studien in der präklinischen oder in späteren Phasen nicht auszubremsen.[81] Sich an diesem Beispiel orientierend ist eine zentralisierte Umsetzung der KI-Verordnung zu empfehlen.

Vermeidung von negativen Bumerangeffekten der KI-Verordnung

In den Gesprächen mit Expertinnen und Experten wurde grundsätzlich hinterfragt, ob sich Wettbewerbsvorteile top down regulatorisch verordnen lassen oder ob man sich vielmehr **Wettbewerbsvorteile bottom up** durch technologische Innovationen, Marktanreizstrukturen und gezielte Förderpolitik erarbeiten sollte.

Unter den Befragten herrschte Einigkeit darüber, dass es bei der Entwicklung und Anwendung generativer KI normativer Leitplanken in Europa bedarf (siehe S. 39). Das Plädoyer im Lichte internationaler Bemühungen um Standard- und Marktentwicklung war eindeutig zugunsten einer **anleitenden, aber nicht erstickenden Regulatorik**.

Europa neigt im internationalen Vergleich dazu, die eigene Sicherheit und das eigene Wertesystem über die Regulatorik verteidigen zu wollen. Vernachlässigt wird dabei die Alternative, **über die eigene Wettbewerbsfähigkeit Werteschutz zu betreiben**, indem das eigene Angebot und die darin enthaltenen Werte internationale Märkte prägen. Im Idealfall schützt sich Europa nicht regulatorisch vor fremden Angeboten, sondern macht selbst von vornherein das schmackhaftere Angebot.

Mit der KI-Verordnung war und ist die **Hoffnung** verbunden,[82] einen Brüssel-Effekt auszulösen[83, 84,] der sowohl einen politischen als auch ökonomischen Wettbewerbsvorteil über die Regulatorik erzeugen soll.

Der **Brüssel-Effekt** besteht darin, durch eine im internationalen Vergleich frühe und detaillierte Regulierung Standards zu setzen, an die sich ausländische Unternehmen und letztlich auch andere Staaten anpassen würden.[85]

Der **theoretische politische Wettbewerbsvorteil** wäre, dass sich andere Staaten den EU-Standards anpassen müssten und nicht umgekehrt. Der ökonomische Wettbewerbsvorteil läge darin, dass heimische Unternehmen einen Vorsprung in der Regelanpassung genießen und mit regelkonformen Angeboten aufwarten können, während ausländische Angebote diesen Standard noch nicht erfüllen und damit nicht das gleiche Ansehen genießen.

Politische Hoffnungen und die theoretischen Vorteile dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Brüssel-Effekt **praktisch eine Wette** ist. Bremst die Regulatorik heimische Unternehmen und den Markt aus, entfaltet die EU keine Vorbildwirkung, sondern andere Staaten werden EU-Regeln als negative Kontrastfolie (aus-)nutzen.

> „Wir müssen nicht nur Verkehrsschilder aufstellen, wir brauchen auch Autos auf der Straße. Der AI-Act wird nur zum Exportschlager, wenn die Regeln Missbrauch verbieten, aber den Gebrauch erleichtern."

Der Brüssel-Effekt stellt sich nur unter bestimmten Bedingungen ein, und es ist fraglich, ob diese Bedingungen im Falle der KI-Verordnung gegeben sind.[86, 87, 88] Folgende **negative Szenarien** könnten sich infolge der KI-Verordnung einstellen:

- **Teurere Angebote:** Besonders in asymmetrischen Märkten wie im Bereich Künstliche Intelligenz können die wenigen Großanbieter die Compliance-Kosten einpreisen, und europäische Unternehmen müssen mit höheren Preismargen kalkulieren als ausländische Wettbewerber.
- **Verzögerte Angebote und Anwendung:** Aufgrund der Compliance-Kosten bringen ausländische Anbieter ihre Produkte und Dienstleistungen zuerst außerhalb der EU

81 | Vgl. acatech 2024.
82 | Vgl. EU-KOM 2019.
83 | Vgl. Bradford 2020.
84 | Vgl. Engler 2022.
85 | Vgl. Bradford 2020.
86 | Vgl. Centre for the Governance of AI 2022.
87 | Vgl. Engler 2022.
88 | Vgl. Bertuzzi 2023a.

auf den Markt, bevor EU-kompatible Angebote unterbreitet werden; der EU-Markt hätte damit nur zeitverzögert zum Ausland Zugang zu neuen Anwendungen.

- **Markteintrittsbarrieren:** Strikte Regulierungen mit strengen Dokumentations- und Kontrollpflichten können Machtasymmetrien im Markt zugunsten der Hyperscaler verstärken und für kleine Unternehmen mit kleinen Rechtsabteilungen und geringem Personalumfang als Markteintrittshürde wirken.
- **Abwanderung von Unternehmen(ssparten):** Für mobile Akteure wie Start-ups oder einzelne Sparten wie FuE-Bereiche in globalen Unternehmen besteht ein Anreiz, abzuwandern, wenn die Einhaltung regulatorischer und behördlicher Vorgaben Kosten produziert, die im europäischen oder außereuropäischen Ausland geringer sind und damit die Gewinnmargen dort größer sind.

„Meine Karriere ist geprägt durch den Mangel an Daten, und der Großteil meiner Arbeit lag darin, Daten zu beschaffen und nutzbar zu machen."

Die **Datenschutzgrundverordnung** gilt als Fall für einen Brüssel-Effekt im Sinne der Universalisierung europäischer Standards, wobei **zunehmend die Kosten** für heimische Unternehmen und den Markt hervorgehoben werden.[89]

Vermeintlich regulativ verordnete Wettbewerbsvorteile müssen **ins Verhältnis zu den Umsetzungskosten** für die heimische Bürokratie und Unternehmen gesetzt werden.

Mit Blick auf Marktentwicklungen und Umsetzungskosten der KI-Verordnung braucht es dringend ein stetes **Monitoring und eine Evaluierung der KI-Verordnung**, um die oben beschriebenen Szenarien früh zu erkennen und regulativ gegenzusteuern.

Die **Erkenntnisse aus Reallaboren** in allen Mitgliedstaaten, die im Zuge der Umsetzung der KI-Verordnung durchgeführt werden, sollten unbedingt in die Evaluierung und Überarbeitung einfließen. Zusätzlich sollten die Erfahrungen anderer Staaten in der Umsetzung internationaler Standards miteinbezogen werden.

Selbstverpflichtungen von Unternehmen und internationale Standardentwicklung

Negative Auswirkungen der KI-Verordnung können minimiert und die Wahrscheinlichkeit eines Brüssel-Effekts maximiert werden, je mehr es gelingt, **europäische Regeln in Verhandlungen** zu internationalen Standards einfließen zu lassen.

Deutschland und Europa könnte eine Schlüsselrolle dabei zukommen, die verschiedenen Stränge zusammenzuführen und Marktakteure möglichst mit **einheitlichen Standards und Monitoringsystemen** zur Umsetzung der Selbstverpflichtung anzureizen. Es wird darauf ankommen, dass sich Standardisierungsbemühungen nicht über verschiedene **parallele Initiativen zerfasern** und letztlich in kompetitiven Dokumenten und Umsetzungsmechanismen münden.

Die **Chancen**, internationale Standards im europäischen Sinne zu prägen und das Verhalten dominanter Marktakteure zu beeinflussen, stehen gut. Sowohl dominante Marktakteure als auch dominante Standorte wie die USA teilen mit der EU die Sicherheitsbedenken mit Blick auf die Technologie, erkennen aber gleichermaßen die Produktivitätspotenziale generativer KI.[90]

Die amerikanischen Hyperscaler selbst unterstützen öffentlich die Setzung internationaler Standards und sind zu **Selbstverpflichtungen** bereit, um die Entwicklungen generativer KI-Modelle unter Kontrolle zu halten.[91] Das Gesprächs- und Selbstbindungsangebot sollte sicherlich politisch eingeordnet werden, aber die Gründung des Frontier Model Forums ist ein weiteres Signal.[92]

Diese Gesprächsbereitschaft sollte dringend wahrgenommen werden, insbesondere als **Übergangslösung**, bis die KI-Verordnung Anwendung findet und sich eine Umsetzungspraxis etabliert hat.[93]

Um sicherzustellen, dass die Bereitschaft einer Selbstverpflichtung auch in das **praktische Engagement** mündet, wird es notwendig sein, einerseits die Positionen der Hyperscaler in den Verhandlungen zu berücksichtigen, und andererseits sollten die Standards von einer möglichst breiten Staatengemeinschaft getragen werden, damit Marktakteure einen starken Anreiz haben, sich freiwillig an die Absprachen zu halten.

89 | Vgl. Gal/Aviv 2020.
90 | Vgl. Engler et al. 2021.
91 | Vgl. Tagesschau 2023b.
92 | Vgl. OpenAI 2023.
93 | Vgl. Lomas 2023.

Die **Executive Order des US-amerikanischen Präsidenten** deckt sich im Kern mit dem europäischen Ansatz, eine regulative Balance zwischen Sicherheitsvorgaben und Wettbewerbsfähigkeitssteigerung zu finden.[94] Anders als in Deutschland genießen Unternehmen in den USA größeres Vertrauen durch die Öffentlichkeit als staatliche Institutionen[95], was die politische Tendenz zu Selbstverpflichtungsarrangements statt frühzeitiger und strikter Regulatorik plausibilisieren könnte.

Das Ergebnis des G7-getriebenen Hiroshima-Prozesses, der **Verhaltenskodex für Künstliche Intelligenz**, spiegelt einen risikobasierten Ansatz wider und greift das Gesprächsangebot der Hyperscaler zu Selbstverpflichtungen auf.[96]

Durch die Finalisierung der KI-Verordnung, Schnittmengen mit der US-amerikanischen Position und den G7-Kompromiss haben sich Deutschland und Europa in eine **gute Verhandlungsposition** gebracht.

Um diese gute Verhandlungsposition in eine **internationale Führungsrolle** zu überführen, wird es wichtig sein, bei weiteren internationalen Bemühungen wie zuletzt im Beratungsgremium für den UN-Generalsekretär nicht nur vertreten zu sein, sondern über Gremien hinweg Mehrheiten für einen möglichst einheitlichen Standardkatalog und einen Umsetzungsmechanismus zu organisieren.[97]

Damit Standards nicht nur auf dem Papier existieren, sondern in der unternehmerischen und gesellschaftlichen Praxis verankert sind, müssen diese Regeln Chancen und Risiken austarieren. Die **Entwicklung einheitlicher Qualitäts- und Prüfstandards** für KI-Anwendungen und die Einführung freiwilliger KI-Gütesiegel ist dabei eine wichtige Maßnahme für die Vertrauensbildung.[98]

Die Einbindung verschiedener Interessengruppen bei der Einführung einer Technologie befördert die **Akzeptanz**, die eine Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Transformationsmanagement darstellt. Inklusive, technologiespezifische Multi-Stakeholder-Formate wie das Fachforum Autonome Systeme[99] sowie sozialpartnerschaftliche Umsetzungsmodelle bieten[100] hier einen reichen Erfahrungsschatz und etablierte Strukturen an (siehe unten).

Ethische Abwägung und sozialpartnerschaftliche Einbettung generativer KI

Ethische Überlegungen zu den Gefahren generativer KI wie auch spiegelbildlich zu den gesellschaftlichen Kosten der Nichtnutzung zielen darauf ab, **Verwerflichkeitsgrenzen** zu definieren, innerhalb derer generative KI breite Anwendung finden soll.

Um diese Grenzen abzustecken, wurden vonseiten politischer Fora[101, 102] sowie gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Akteure[103, 104] allgemeine **Prinzipien** definiert. Die Liste und Bezeichnung dieser Prinzipien divergieren, wobei die folgenden fünf Prinzipien zumeist genannt werden:

Wohltätigkeit: Um sicherzustellen, dass Künstliche Intelligenz für und nicht gegen den Menschen arbeitet, sollten KI-Modelle an menschlichen Werten und auf betroffene Menschen ausgerichtet werden.

Gerechtigkeit: Je mehr (generative) KI das öffentliche Leben und den Berufsalltag prägt, desto dringlicher sollte sichergestellt werden, dass Menschen teilhaben können und einzelne Bevölkerungsgruppen keinen Ausschluss oder keine systematische Benachteiligung erfahren.

Schadensvermeidung: Bei der Entwicklung und dem Einsatz generativer KI müssen die menschliche Sicherheit gewährleistet und die Rechte von Betroffenen gewahrt bleiben.

Erklärbarkeit/Transparenz: Abhängig vom Kontext können Standards variieren, aber ein gewisses Maß an Transparenz und Nachvollziehbarkeit wird mit Blick auf Systemkontrolle, Verantwortung und Haftung vorausgesetzt.

Autonomie: Generative KI wird Menschen neue Gestaltungsmöglichkeiten eröffnen, sollte aber aufgrund von Kontrollverlusten nicht zu neuen Abhängigkeiten führen, die den Entscheidungs- und Handlungsspielraum des Menschen strukturell einschränken.

Diese allgemeinen Prinzipien können für einzelne **Gesellschaftsbereiche** konkretisiert werden und sektorspezifische Handlungsempfehlungen prägen,[105] etwa für den Bereich

94 | Vgl. The White House 2023.
95 | Vgl. Portulans Institute 2023.
96 | Vgl. G7 Hiroshima Summit 2023.
97 | Vgl. United Nations 2023.
98 | Vgl. MISSION KI 2023.
99 | Vgl. Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum 2017.
100 | Vgl. I.M.U. 2022.
101 | Vgl. Hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intelligenz 2018.
102 | Vgl. UNESCO 2023.
103 | Vgl. Barton/Pöppelbuß 2022.
104 | Vgl. Deutscher Ethikrat 2023.
105 | Vgl. ebd.

autonomes Fahren.[106] Es ist zu beobachten, dass die **Erwünschtheit** des KI-Einsatzes nach Gesellschafts- und Wirtschaftsbereichen variiert.[107, 108]

Die Prinzipien werden derzeit national und zukünftig international in **Regeln** überführt. Staaten setzen dabei auf unterschiedliche Instrumente der Regeleinhaltung – von strikter Gesetzgebung bis hin zu derzeit privaten Selbstverpflichtungen – und der Regelumsetzung, die zwischen gesellschaftlichen Akteuren unkoordiniert oder im Sinne der Sozialpartnerschaft gemeinschaftlich und im deutschen Erfahrungskontext als erprobte Umsetzungspraxis erfolgen kann.

Um die Prinzipien und die starre Regulatorik mit Leben zu füllen, kommt der **Umsetzung** und damit der gelebten Praxis und dem vorteilsorientierten Experimentieren mit KI entscheidende Bedeutung zu.

Als größte Gefahren werden in Deutschland die Bedrohung der Demokratie und der Ersatz menschlicher Arbeit durch KI genannt.[109] Gerade mit Blick auf die **Arbeitswelt** klafft auf den ersten Blick eine Erfahrungslücke zwischen gesellschaftlichen Bedenken zu KI und prognostizierten Vorteilen, die sich über **sozialpartnerschaftliche Aushandlung** verkleinern ließe.

Nahezu jede vierte Person in Deutschland sorgt sich darum, dass KI sie oder ihn ersetzen könnte.[110] In anderen Umfragen ist die **Sorge** um den eigenen Arbeitsplatz geringer als die Befürchtung, dass weite Teile der Gesellschaft und vor allem Minderheiten ihre Jobs verlieren könnten.[111]

Prognosen bestätigen, dass manche Stellen wegfallen werden, sehen aber einen stärkeren Effekt darin, dass KI **Stellen verändern und sogar neue Stellen hervorrufen** wird.[112] Zudem könnte KI helfen, Beschäftigten mit einer Beeinträchtigung durch verbesserte Teilhabebedingungen gerechter zu werden und sogar auch bisher unintegrierte Kompetenz für die Arbeitswelt zu aktivieren.[113] Die Debatte zu KI als „Jobkiller oder als Jobmotor" steht derzeit auf tönernen Füßen in der Datengrundlage.[114]

Ähnlich wie bei anderen technologischen Innovationssprüngen wird KI voraussichtlich eher einzelne **Tätigkeiten statt Berufe** übernehmen und Berufsbilder verändern.[115] Die Digitalisierung hat ähnliche Sorgen ausgelöst, wie es aktuell beim Aufkommen der generativen KI der Fall ist. Studien zeigen jedoch, dass Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, deren Tätigkeiten stärker von der Digitalisierung betroffen sind als andere, seltener arbeitslos wurden als die weniger betroffene Vergleichsgruppe.[116] Der **Weiterbildung** der Mitarbeitenden wird eine zentrale Rolle zukommen.[117]

Einerseits werden die Potenziale generativer KI durch eine starke Mehrheit der **Unternehmen** (84 Prozent) als sehr groß oder groß eingeschätzt.[118] Andererseits nutzen nur 2 Prozent der Unternehmen generative KI zentral, nur 13 Prozent planen den Einsatz, und mehr als jedes dritte Unternehmen (37 Prozent) hat sich mit dieser Frage noch nicht auseinandergesetzt.[119]

Um einerseits den Erwerbstätigen die Sorgen zu nehmen und andererseits Unternehmen das Abrufen von Potenzialen durch die Nutzung Künstlicher Intelligenz zu ermöglichen, sollten die oben genannten Prinzipien nicht nur auf Staats- oder Unternehmensebene festgeschrieben werden, sondern eine **sozialpartnerschaftliche Umsetzung** finden.

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz wird von Erwerbstätigen als Risiko für die Mitarbeitermitbestimmung eingeschätzt.[120] Gleichzeitig zeigen praktische Erfahrungen positive Ergebnisse, wenn die Konzernleitung bei der KI-Einführung im Unternehmen Beschäftigteninteressen einbezieht[121] und die Mitbestimmung absichert, wie das Beispiel IBM zeigt.[122]

Die aktive Mobilisierung und Einbindung der Mitarbeiterschaft fördert **Innovationskulturen** in Unternehmen und begünstigt die Einführung generativer KI als Produktivitätsbooster.[123] Dass Künstliche Intelligenz anwendende Unternehmen in Deutschland anders als solche in Vergleichsländern Mitarbeitende eher behalten und weiterbilden, statt diese durch neue Talente zu ersetzen, stellt ein vertrauensbildendes Signal dar.[124]

106 | Vgl. BMVI 2017.
107 | Vgl. MeMo:KI 2023.
108 | Vgl. Bertelsmann Stiftung 2022.
109 | Vgl. YouGov 2023.
110 | Vgl. EY 2023.
111 | Vgl. MeMo:KI 2022.
112 | Vgl. Goldman Sachs 2023.
113 | Vgl. PLS 2023c.
114 | Vgl. IW 2023a.
115 | Vgl. Hans Böckler Stiftung 2023.
116 | Vgl. IW 2023b.
117 | Vgl. McKinsey & Company 2023a.
118 | Vgl. Bitkom e. V. 2023.
119 | Vgl. ebd.
120 | Vgl. MeMo:KI 2022.
121 | Vgl. OECD 2023.
122 | Vgl. I.M.U. 2022.
123 | Vgl. Fraunhofer IAO 2021.
124 | Vgl. Deloitte 2020.

3.2 Wettbewerbsfähigkeit herstellen: Rechenkapazitäten ausbauen und Zugang ermöglichen

Für die Wettbewerbsfähigkeit und die technologische Souveränität Deutschlands ist es notwendig, bestehende Rechenkapazitäten für verschiedene Akteure, insbesondere KMU und Start-ups, zugänglich zu machen. Für KI-Berechnungen haben sich GPUs als Goldstandard etabliert, die in deutschen Rechenzentren nicht ausreichend verfügbar sind. Deutschland verliert somit im internationalen Wettbewerb an Boden und wird immer stärker in die Abhängigkeit von Hyperscalern getrieben. Der Ausbau von GPU-Clustern ist entscheidend, um generative KI bestmöglich zu erforschen und eigene Modelle zu trainieren.

Die in Kapitel 2 aufgezeigte Abhängigkeit Deutschlands von anderen Volkswirtschaften im Bereich der generativen KI lässt sich auf verschiedene Flaschenhälse zurückführen: Neben Daten und Talenten (siehe Kapitel 4.2) wird die passende **Recheninfrastruktur** als ein entscheidender Faktor im Bereich der generativen KI aufgelistet.[125, 126]

Möchte Deutschland kurzfristig in die Anwendung generativer KI-Modelle kommen, sollte der **Zugang** zu sowie die **Verfügbarkeit von passenden Rechenkapazitäten** geschaffen werden. Die befragten Expertinnen und Experten warnen davor, durch zögerliches Handeln den Anschluss gegenüber anderen Volkswirtschaften noch weiter zu verlieren (siehe Abbildung 7).

Die in Abbildung 8 dargestellten **Zugangs- und Fördermodalitäten** für verschiedene Akteure zu öffentlichen Rechenkapazitäten werden im folgenden Kapitel vorgestellt. Der erste Teil konzentriert sich auf das Nutzungsmodell, während der zweite Teil auf den Ausbau öffentlicher Rechenkapazitäten eingeht.

Zugang zu öffentlicher Rechenkapazität: Voraussetzung für Wettbewerbsfähigkeit

In den Hintergrundgesprächen wurde der Zugang zu bestehenden Rechenkapazitäten für **Akteure aus der Forschung** überwiegend positiv bewertet. Allerdings ist der Vergabezeitraum als Hürde für die Forschung anzusehen. Für die Entwicklung und Erforschung generativer KI-Modelle wird eine langfristige exklusive Nutzung der Rechenkapazitäten benötigt, die aktuell nicht gewährleistet werden kann. Die Zugangsmodalitäten über ein wissenschaftliches Peer-Review-Verfahren und die Publikation der Forschungsergebnisse stellen hingegen keine Hürden dar.

Für **Start-ups und KMU** stellt der Zugang zu Rechenkapazitäten eine größere Hürde dar. Kommerzielle Akteure dürfen aufgrund des Beihilferechts die öffentlichen Rechenkapazitäten nur für vorwettbewerbliche Forschung nutzen. Für diesen Zweck werden für kommerzielle Akteure zwar Rechenkapazitäten an den Rechenzentren bereitgehalten, diese müssen aber bestimmte Bedingungen erfüllen, um die Rechenkapazitäten nutzen zu dürfen.

Aus Sicht der Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten treten für **Start-ups und KMU** folgende **Hürden** bezüglich des Zugangs zu öffentlichen Rechenkapazitäten auf:

- **Vergabeverfahren:** Kommerzielle Akteure müssen sich ebenso wie Forscherinnen und Forscher über ein Peer-Review-Verfahren mit einer Forschungsfrage auf die Rechenzeit bewerben.[127, 128] Dieser Aufwand ist etwa für Start-ups kaum stemmbar. Teilweise ausgenommen hiervon sind Rechenkapazitäten unter dem Dach des European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU). Dort stehen zwanzig Prozent der Rechenkapazitäten für kommerzielle Akteure zur Verfügung, ohne dass diese sich an einem Peer-Review-Verfahren beteiligen müssen. Stattdessen wird diese Rechenzeit gegen Bezahlung vergeben.[129] Diese Option wird jedoch unter anderem aufgrund des Vergabezeitraums kaum genutzt.
- **Publikation:** Wenn kommerzielle Akteure Zugang zu öffentlichen Rechenkapazitäten zum Zwecke vorwettbewerblicher Forschung erhalten, sind sie verpflichtet, ihre erzielten Forschungsergebnisse im Nachgang zu publizieren. Dies schreckt Start-ups und KMU ab, da sie Sorge davor haben, gewonnene Wettbewerbsvorteile gegenüber der Konkurrenz wieder einzubüßen.
- **Vergabezeitraum:** Für das Training großer generativer KI-Modelle benötigen kommerzielle Akteure den Zugang zu Rechenkapazitäten über einen längeren Zeitraum am Stück. Die Berechnung eines Modells äquivalent zu OpenAIs GPT-3 würde beispielsweise etwa ein halbes Jahr Dauerbetrieb an einem großen Gauss-Centre-for-Supercomputing-Rechenzentrum beanspruchen (siehe S. 44).

125 | Vgl. Accenture 2023b.
126 | Vgl. Tagesschau 2023a.
127 | Vgl. Gauß-Allianz 2023.
128 | Vgl. Forschungszentrum Jülich GmbH 2023.
129 | Vgl. EuroHPC JU 2021.

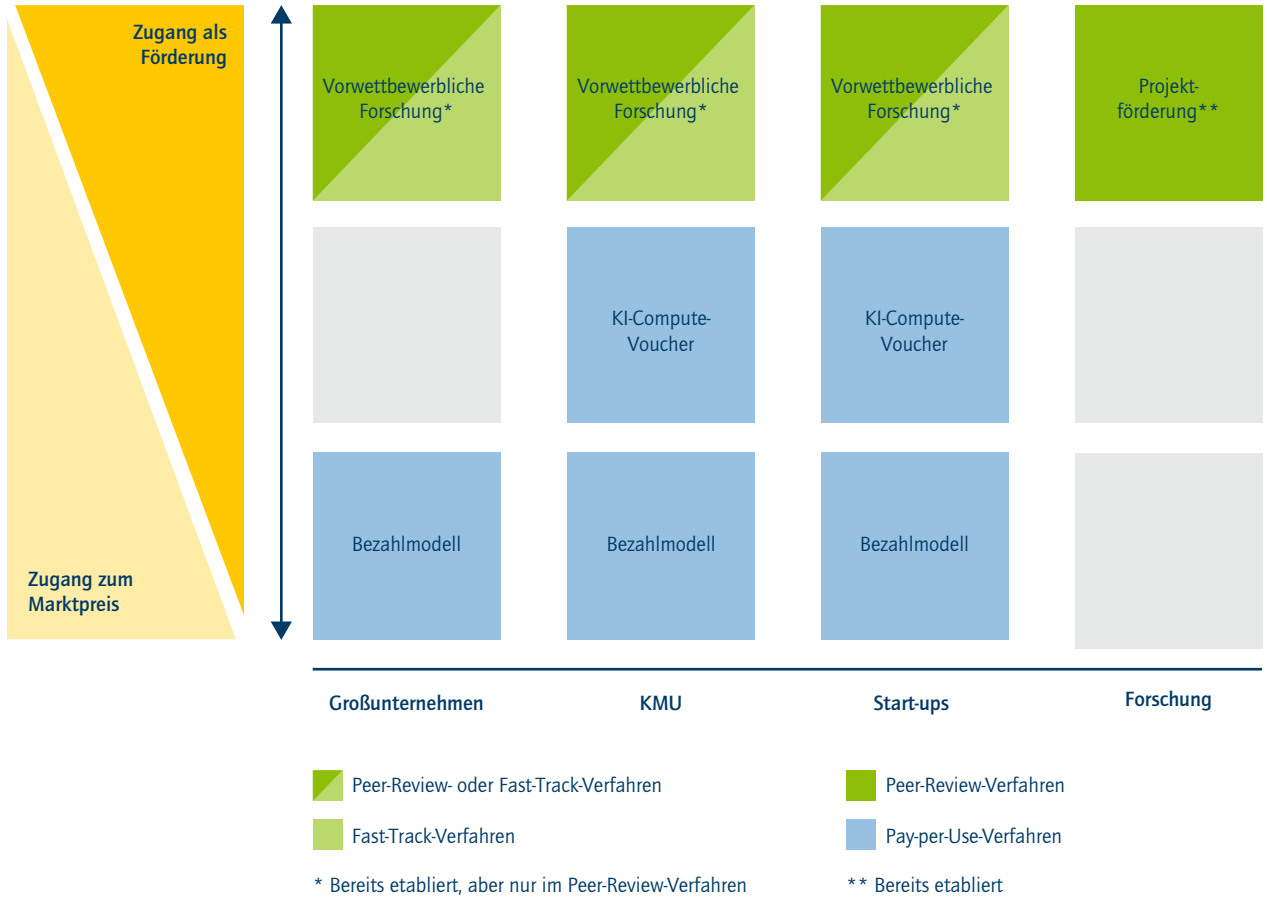


Abbildung 8: Zielbild für Zugangs- und Fördermodalitäten zu Rechenkapazitäten für verschiedene Akteure (Quelle: eigene Darstellung)

Die Expertinnen und Experten bewerten vor diesem Hintergrund die Zusage von EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen, EuroHPC-Rechenkapazitäten für Start-ups und KMU leichter zugänglich zu machen, als Schritt in die richtige Richtung.[130] Auch die im **KI-Aktionsplan** des BMBF angekündigte Öffnung des Zugangs für Akteure aus dem KI-Bereich wird grundsätzlich begrüßt.[131]

Zugangsmodalitäten zu Rechenkapazitäten erweitern

Ein **Fast-Track-Verfahren** für kommerzielle Anbieter ist aus Sicht der Befragten ein Mechanismus für einen vereinfachten Zugang zu Rechenkapazitäten (siehe Abbildung 8). Bei einem solchen Verfahren stellen kommerzielle Akteure ihre Anträge nicht an ein mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern besetztes Gremium im Rahmen eines Peer-Review-Verfahrens, sondern an ein gesondertes Gremium. Dieses Gremium sollte jedoch auch darauf achten, dass insbesondere zukunftsfähige Projekte berücksichtigt werden.

Dieses Gremium darf einen festgelegten Prozentsatz, etwa zwanzig Prozent der Rechenkapazitäten wie an EuroHPC-Rechenzentren, an kommerzielle Akteure vergeben.[132] Dies hat den Vorteil, dass Rechenzeit für kommerzielle Akteure **zeitnah vergeben** werden kann und diese nicht in Konkurrenz zu akademischen Forschungsvorhaben stehen. Eine Einschränkung sehen die Befragten aber darin, dass die gewonnenen Erkenntnisse weiterhin veröffentlicht werden müssen.

130 | Vgl. Bomke 2023.
131 | Vgl. Henning 2023.
132 | Vgl. EuroHPC JU 2021.

Ein **Pay-per-Use-Verfahren** ist aus Sicht der Expertinnen und Experten eine Ergänzung für kommerzielle Akteure und die angewandte Forschung über die vorwettbewerbliche Forschung hinaus (siehe Abbildung 8). Über die Errichtung einer **Vermittler-GmbH** könnte die Rechenkapazität im Zuge des Pay-per-Use-Verfahrens vergeben werden. Ein solches Verfahren wird beispielsweise am EuroHPC-Rechner MeluXina in Luxemburg und am HLRS-Hochleistungsrechner in Stuttgart genutzt (siehe unten).

Über **KI-Compute-Voucher** könnte die öffentliche Hand vor allem kleine kommerzielle Akteure wie Start-ups und KMU unterstützen. Die öffentliche Hand verteilt über diese Voucher, die einen gewissen einheitlichen Geldwert umfassen, abgenommene Rechenzeit an die Akteure. Falls die Akteure nur genau diese Rechenzeit benötigen, ist die Nutzung der Rechenkapazitäten kostenlos. Anderenfalls müssen sie für die Restzeit der Nutzung den Marktpreis begleichen.[133]

Dies hätte eine **doppelte Wirkung**: Einerseits stellte ein solcher Marktmechanismus ein Geschäftsmodell für Rechenzentren dar und sorgte bestenfalls dafür, dass sich diese dadurch finanzieren können. Andererseits könnten Start-ups und KMU die benötigte Rechenkapazität auch über längere Zeiträume exklusiv nutzen und müssten ihre gewonnenen Erkenntnisse nicht veröffentlichen.

MeluXina als Beispiel für die Integration kommerzieller Akteure

Der im luxemburgischen Bissen errichtete **Hochleistungsrechner MeluXina** ist einer von acht europäischen EuroHPC-Hochleistungsrechnern. EuroHPC verfügt über 35 Prozent der Rechenzeit und der Betreiber Luxconnect, ein hundertprozentiges Tochterunternehmen des Staats, über 65 Prozent der Rechenzeit.[134, 135]

Im Unterschied zu den anderen EuroHPC-Hochleistungsrechnern stellt Luxconnect die verfügbaren Rechenkapazitäten insbesondere kommerziellen Akteuren wie Start-ups und KMU zur Verfügung. Damit dies gelingen kann, greifen die Betreiber auf einen **Pay-per-Use-Ansatz** zurück, da kommerzielle Akteure bei der Nutzung einer öffentlich betriebenen Infrastruktur nicht die gleichen Förderungen bekommen können wie etwa Forscherinnen und Forscher.[136]

Vorteile des Pay-per-Use-Ansatzes haben aber **sowohl die kommerziellen Akteure als auch die Betreiber** des Hochleistungsrechners. Kommerzielle Akteure erhalten einen erschwinglichen Zugang zu einer zentralen State-of-the-Art-Recheninfrastruktur, bei der sie weitestgehend die Kontrolle über ihre Daten behalten und auch längere Rechenzeiten buchen können. Luxconnect hingegen erhofft sich von diesem Geschäftsmodell, dass sich das Rechenzentrum ohne weitere staatliche Förderung von allein trägt und zukünftige Updates beispielsweise der GPU-Module durch erzielte Gewinne beglichen werden können.[137]

Um die Konkurrenz zwischen Akteuren aus der Wirtschaft und Wissenschaft zu vermeiden, hat EuroHPC JU einen Lösungsvorschlag präsentiert: Für Ende 2023 wurde eine Ausschreibung angekündigt, die darauf abzielt, einen HPC-Supercomputer für den **industriellen Sektor** zur Verfügung zu stellen. EuroHPC wird sich zu 35 Prozent an den Kosten dieses Supercomputers beteiligen.[138] Nach Einschätzung der Befragten sollten sich deutsche Akteure darum bemühen, dass diese Ausschreibung nach Deutschland geht. Einen ähnlichen Ansatz bietet das Unternehmen SICOS BW, welches als **Vermittler von Rechenzeit** am HLRS-Hochleistungsrechner in Stuttgart auftritt. Kommerzielle Akteure können hier entweder über Forschungsförderung oder auch gegen Bezahlung Zugang zu den Rechenkapazitäten erhalten.[139]

133 | Vgl. KI Bundesverband e. V. 2021.
134 | Vgl. Thiel 2019.
135 | Vgl. Greis 2021.
136 | Vgl. Klein 2020.
137 | Vgl. Thiel 2019.
138 | Vgl. EuroHPC JU 2023a.
139 | Vgl. SICOS BW GmbH 2023.

Rechenkapazitäten für das Training generativer KI-Modelle

Die **Anforderungen an Rechenkapazitäten** für das Training von KI-Modellen unterscheiden sich grundlegend von den verfügbaren HPC-Rechenkapazitäten. Vorhandene CPUs und benötigte GPUs sind für unterschiedliche Aufgaben ausgelegt.

CPUs sind besonders geeignet für die Durchführung **serieller Rechenaufgaben** und die Verarbeitung von Datenbanken. Sie sind für die Abwicklung der Hauptverarbeitungsfunktionen eines Systems verantwortlich. Eine CPU verfügt nur über wenige Kerne. GPUs hingegen teilen **komplexe Probleme** in viele kleinere Aufgaben auf, was es ihnen erlaubt, diese Aufgaben parallel zu rechnen. GPUs sind daher mit Hunderten von Kernen ausgestattet.[140, 141]

Die verfügbaren CPU-basierten Rechenzentren in Deutschland können momentan nur aufgrund der zusätzlich installierten GPU-Booster-Module genutzt werden, um generative KI-Basismodelle zu trainieren. Solche GPU-Booster-Module sind jedoch nur Beschleuniger innerhalb klassischer HPC-Netzwerke. Sie benötigen daher wesentlich länger und sind deutlich ineffizienter als **GPU-Cluster**, welche dezidiert für das Training großer Modelle entwickelt werden.[142]

Die Berechnung eines Modells äquivalent zu **OpenAIs GPT-3** benötigt beispielsweise eine zweijährige Belegung der 192 GPUs am HLRS-Rechenzentrum in Stuttgart im Dauerbetrieb.[143]

Unterscheidung zwischen Central Processing Units (CPUs) und Graphics Processing Units (GPUs)

Für das Training und Feintuning generativer KI-Modelle benötigen Akteure nutzbare Rechenkapazitäten, die auf **GPU-Clustern** basieren und sich damit wesentlich von der bereits verfügbaren CPU-basierten öffentlichen Rechenkapazität in Deutschland unterscheiden (siehe oben).

In manchen Hintergrundgesprächen wurde hervorgehoben, dass Deutschland über **ausreichende Rechenkapazitäten** verfüge und zumindest einige dieser Rechenkapazitäten auch für das Training generativer KI-Modelle geeignet seien. Vor allem mit den HPC-Rechenkapazitäten unter dem Dach des GCS und über die – auch für deutsche Forscherinnen und Forscher zugänglichen – EuroHPC-Rechenkapazitäten sei Deutschland im internationalen Vergleich gut aufgestellt.

> „Compute wird so wichtig sein wie Wasser und Strom."

Die Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten hingegen gibt zu bedenken, dass bestehende Rechenkapazitäten **nicht optimal** für die Erforschung und Entwicklung generativer KI-Modelle **ausgelegt** sind und darüber hinaus zu wenig Kapazitäten zur Verfügung stehen.[144] Zwar ist es möglich, basierend auf den CPU-Rechenkapazitäten mit entsprechenden GPU-Booster-Modulen auch generative KI-Modelle zu erforschen und zu trainieren. Allerdings führt dies dazu, dass die zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht optimal eingesetzt werden (siehe oben).

Momentan müssen sich Forscherinnen und Forscher im Bereich der generativen Künstlichen Intelligenz die verfügbaren Rechenkapazitäten mit **Simulationsdisziplinen** teilen.[145] Die Forschung zur generativen KI muss dementsprechend nicht nur auf eine nicht optimale Recheninfrastruktur zurückgreifen, sondern belegt auch wichtige Rechenzeit von Wissenschaftsdisziplinen, für die die bestehenden HPC-Rechenkapazitäten bestens geeignet sind.

Allerdings benötigen auch diese Simulationsdisziplinen zukünftig die für generative KI-Forschung nutzbare Recheninfrastruktur. Dadurch dass Simulationsdisziplinen zukünftig vermehrt auf KI-Methoden und damit in Konsequenz parallel zur KI-Community auf KI-Hardware zurückgreifen werden, wird der Bedarf in Zukunft **exponentiell steigen**.[146]

> „Anstatt herkömmliche Hardware zum Trainieren von generativer KI zu verwenden, braucht man spezielle Hardware, die ausschließlich für die KI-Berechnung geeignet ist. Alles andere ist Verschwendung."

Start-ups und KMU sind ebenso wie die Forschung auf GPU-Cluster für das Trainieren generativer KI-Modelle angewiesen. Diese **fehlenden GPU-Rechenkapazitäten** hindern vor allem

140 | Vgl. Amazon Web Services, Inc. 2023.
141 | Vgl. Nvidia 2009.
142 | Vgl. Intel 2023.
143 | Vgl. Voß 2023d.
144 | Vgl. Lakestar et al. 2023.
145 | Vgl. Voß 2023d.
146 | Vgl. ebd.

Start-ups daran, ihre Modelle zu trainieren und für Anwendungen zu kommerzialisieren. In den meisten Fällen haben Start-ups weder das Kapital noch die Kompetenz, eigene Rechenkapazitäten aufzubauen. Falls sie aufgrund ihrer Größe und Finanzierung eigene Rechenkapazitäten aufbauen können, wie etwa das Start-up Aleph Alpha, führt dies zu Insellösungen und einem ineffizienten Einsatz von Ressourcen.[147]

Vor diesem Hintergrund werden Vorschläge zur Aufstockung der Rechenkapazitäten wie die der Initiative **LEAM** (Large European AI Models) grundsätzlich begrüßt.[148] Allerdings spricht sich ein Großteil der Befragten mit Blick auf den Zeithorizont, die Kosten und auch die Kompetenzanforderungen an das Personal gegen einen Neubau von Rechenkapazitäten aus. Studien zeigen, dass neben der Beschaffung nutzbarer Hardware vor allem geeignetes Personal einen Flaschenhals für den Betrieb von Rechenkapazitäten darstellt.[149]

Nationale Rechenkapazitäten priorisiert ausbauen

Die Mehrheit der Expertinnen und Experten spricht sich dafür aus, **bestehende öffentliche Rechenkapazitäten** um die spezifischen Bedarfe der generativen KI zu **erweitern**. Dafür ist der Bedarf an GPU-Clustern genau zu erheben, um deren optimalen Einsatz sowie deren Auslastung zu gewährleisten.

Der **Ausbau bestehender Rechenkapazitäten** trägt aus Sicht der Befragten zur kurzfristigen Stärkung von Stärken bei. So kann auf bestehende Kompetenzen, Services und Infrastruktur wie etwa die Stromversorgung zurückgegriffen werden. Dies würde zu einer deutlich effizienteren Auslastung der Ressourcen beitragen. Darüber hinaus würde sich auch ein großer Fortschritt in der Forschung im Bereich der generativen KI ergeben, da basierend auf geeigneten Rechenkapazitäten mehr Forschung betrieben werden könnte.

In Bezug auf den langfristigen Aufbau dezidierter GPU-Rechenkapazitäten sprechen sich manche der Befragten für ein **europäisches Vorgehen** aus. Ein Vorstoß auf EU-Ebene würde dazu beitragen, anfallende Kosten zwischen den Mitgliedstaaten zu teilen und Standortfaktoren in die Überlegung einzubeziehen. So würden sich zum Beispiel die skandinavischen Länder aufgrund des dort vorhandenen günstigen Stroms aus nachhaltigen Erzeugungsquellen anbieten.

Ein Beispiel für ein solches Projekt auf EU-Ebene wäre der Aufbau eines zentralen europäischen Rechenzentrums, das ausschließlich für die Forschung zu generativer KI und das Training generativer KI-Modelle genutzt werden sollte. Diese Idee greift auf einen Vorschlag führender deutscher KI-Forscherinnen und -Forscher zurück, ein sogenanntes europäisches **KI-CERN** zu errichten.[150] Auch die Europäische Roadmap-Initiative der ELLIS Society spricht sich für ein europäisches Vorgehen aus.[151]

> „Es ist essenziell, dass wir die Rechenkapazitäten jetzt aufbauen."

Die Mehrheit der Befragten entgegnet, dass ein Neubau auf EU-Ebene deutlich länger als der **Ausbau nationaler Rechenkapazitäten** dauern würde. Zudem konzentriere sich dieser Vorschlag zu sehr auf die Erforschung generativer KI, berücksichtige aber die Bedarfe der Wirtschaft nicht in ausreichender Art und Weise. Außerdem wird bei einer lokalen Konzentration von KI-Expertise eine Schwächung anderer Standorte befürchtet.

Ausbau der öffentlichen Rechenkapazitäten: Partnerschaft zwischen Industrie und öffentlicher Hand

Die Mehrheit der Befragten befürwortet die Option, bestehende Rechenkapazitäten im Rahmen einer **Partnerschaft zwischen öffentlicher Hand und Industrie** auszubauen. Nur so könnten die Bedarfe sowohl der Forschung als auch kommerzieller Akteure bestmöglich adressiert werden (siehe Abbildung 8). Andere denkbare Optionen, etwa der Ausbau der Rechenkapazitäten durch die öffentliche Hand allein, werden als weniger zielführend eingeschätzt.

> „Das kann die Politik nicht allein machen, da muss die Industrie eingebunden werden. Es kann nicht nur der Staat zahlen."

Der Ausbau und der Betrieb der Rechenkapazitäten könnten im Rahmen der Partnerschaft von heimischen, privaten Betreibern von Rechenzentren bewerkstelligt werden. Die öffentliche Hand sollte sich über eine **garantierte Mindestabnahme** an den laufenden Betriebskosten beteiligen. Einige der befragten Expertinnen und Experten zeigen auf, dass eine solche

147 | Vgl. The Decoder 2022.
148 | Vgl. KI Bundesverband e. V. 2023a.
149 | Vgl. Luitse/Denkena 2021.
150 | Vgl. RWTH Aachen 2023.
151 | Vgl. ELLIS Society 2023.

Beteiligung in Form von garantierten Mindestabnahmen Anreize für die Industrie zum Ausbau der Rechenkapazitäten setzt, da Abnahmesicherheit das unternehmerische Risiko senkt und somit zu mehr Investitionsbereitschaft führt. Für die öffentliche Hand würden durch dieses Vorgehen einmalige Investitionen in Zeiten klammer Kassen verhindert.

Die staatlich abgenommenen Rechenkapazitäten sollten Forscherinnen und Forschern, die im Bereich der generativen Künstlichen Intelligenz arbeiten, zur Verfügung gestellt werden. Zudem könnte die öffentliche Hand die abgenommenen Kapazitäten über sogenannte **KI-Compute-Voucher** an Start-ups und KMU verteilen und diesen somit einen kostenlosen beziehungsweise zumindest vergünstigten Zugang zu den ausgebauten GPU-Rechenkapazitäten ermöglichen (siehe Abbildung 8).[152]

Auch für **eigene Zwecke** sollte die öffentliche Hand abgenommene Kapazitäten nutzen. Dies trägt dazu bei, den Aufbau von Insellösungen in den jeweiligen Ministerien zu verhindern. Außerdem könnte die öffentliche Hand nach Einschätzung einiger Expertinnen und Experten die Rechenkapazität im Rahmen von Aufträgen an Start-ups und KMU vergeben, damit diese Lösungen für die öffentliche Hand entwickeln. Somit übernimmt die öffentliche Hand auch eine Rolle als Ankerkunde (siehe Kapitel 3.3).

Ergänzend sollte die Bundesregierung in Erwägung ziehen, sich aktiv für die Vergabe des **EuroHPC-Industrierechners** nach Deutschland einzusetzen (siehe auch S. 43). Für diesen Rechner, der zu 35 Prozent von EuroHPC und zu 65 Prozent von einem Industriekonsortium finanziert werden soll, sollen Zugangsmöglichkeiten explizit für kommerzielle Akteure geschaffen werden.[153] Allerdings ist zu bedenken, dass der Zutritt zu diesen Rechenkapazitäten mit europäischen Partnern geteilt werden müsste. Erstrebenswert wäre es daher, ein solches Industriekonsortium im europäischen Schulterschluss zu suchen, beispielsweise mit französischen Partnern.

Rechenkapazitäten und Nachhaltigkeit: Strom und Abwärme

Auch das Thema des **ökologischen Fußabdrucks** ist für den Betrieb von Rechenzentren und das Training generativer KI-Modelle relevant. So hat beispielsweise ein Trainingslauf des LLM BLOOM 25-mal mehr CO_2-Äquivalent ausgestoßen als ein einzelner Flugreisender auf der Strecke von New York nach San Francisco.[154, 155]

Dies ist vor allem vor dem Hintergrund zu sehen, dass **BLOOM** auf dem Centre national de la recherche scientifique (CNRS) Rechencluster in Orsay trainiert wurde, welches mit Atomenergie betrieben wird. Während des BLOOM-Trainings sind trotz des Betriebs des Rechenclusters mit Atomenergie 25 Tonnen CO_2-Äquivalent angefallen. Während des Trainings von OpenAIs GPT-3, welches genau wie BLOOM 176 Milliarden Parameter umfasst, aber auf einem Rechencluster trainiert wurde, das nicht mit Atomenergie betrieben wird, wurden hingegen 502 Tonnen CO_2-Äquivalent erzeugt.[156]

> „Das Thema Anbindung an das Stromnetz ist ein sehr großer Pain Point."

Daher sollte die **Stromversorgung** beim Ausbau der Rechenkapazitäten mitgedacht werden. Denn der volatile und vergleichsweise hohe Strompreis in Deutschland sowie der europäische CO_2-Preis bieten Standortnachteile im internationalen Wettbewerb (siehe Abbildung 7).[157] Die LEAM-Studie rechnet mit monatlichen Kosten von 400.000 bis 500.000 EUR für etwa 4 Megawatt bei Umsetzung ihres Vorschlags.[158]

Entscheidende Standortfaktoren sind neben dem **Strompreis** auch der **Stromverbrauch** sowie **Nachhaltigkeit**.[159] Eine Studie des Borderstep Instituts zeigt auf, dass sich im Laufe der letzten Dekade die installierte Rechenkapazität pro verbrauchte Kilowattstunde fast verfünffacht hat.[160] Rechenzentren sind also deutlich effizienter geworden. Um den Betrieb noch nachhaltiger zu gestalten, sollte auf den Einsatz regenerativer Energieträger zurückgegriffen werden, wie etwa im Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (LRZ) in Garching (siehe unten).

Allerdings dürfen Bemühungen im Bereich der Nachhaltigkeit nicht zu einem weiteren **Standortnachteil** werden, da es ansonsten zur Abwanderung und Carbon Leakage kommen kann[161]. Daher gilt es Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit zu verbinden.

152 | Vgl. KI Bundesverband e. V. 2021.
153 | Vgl. EuroHPC JU 2023a.
154 | Vgl. Luccioni et al. 2022.
155 | Vgl. Maslej et al. 2023.
156 | Vgl. Luccioni et al. 2022.
157 | Vgl. KfW Research 2021.
158 | Vgl. KI Bundesverband e. V. 2023a.
159 | Vgl. connect professional 2022.
160 | Vgl. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit 2022.
161 | Vgl. Bitkom e. V. 2022a.

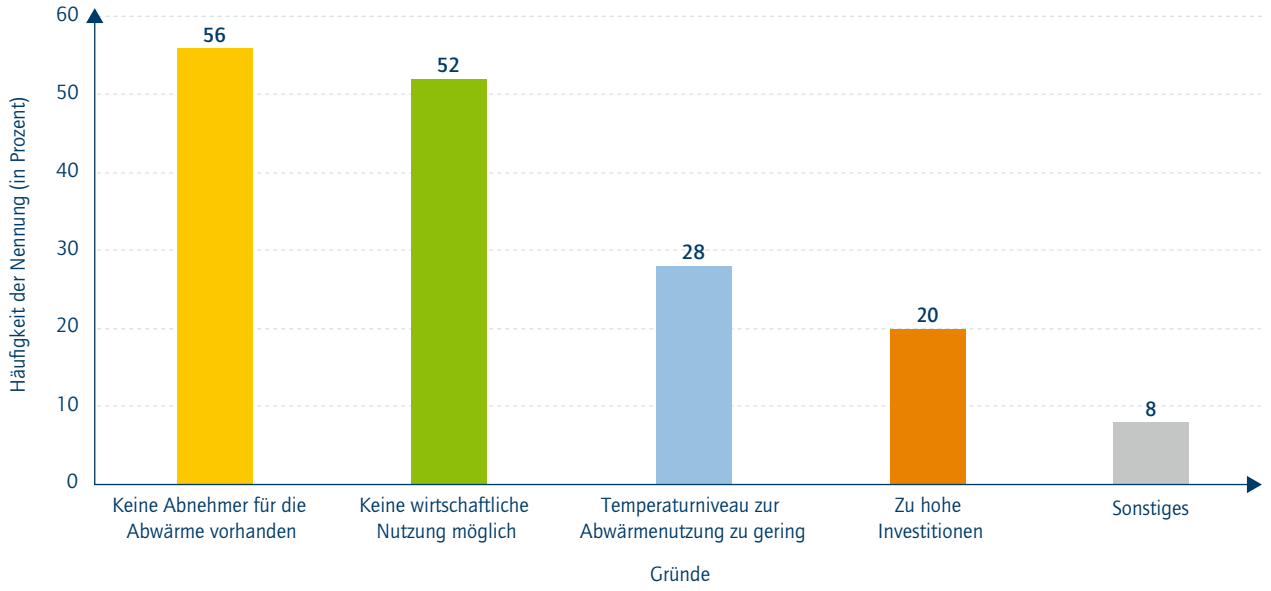


Abbildung 9: Gründe für fehlende Abwärmenutzung (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Bitkom e. V. 2022b)

Ein Ansatz, dies zu gewährleisten, stellt die Nutzung entstehender Abwärme dar. Aktuell gibt es hierfür allerdings vor allem zwei Hemmnisse (siehe Abbildung 9):

- **Fehlende Abnehmer:** Um Abwärme auch außerhalb des Rechenzentrums zu nutzen, muss sie in Fernwärmenetze eingespeist werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass ein nutzbares Fernwärmenetz vor Ort vorhanden ist.
- **Fehlende Wirtschaftlichkeit:** Um Abwärme in das Fernwärmenetz einspeisen zu können, muss diese in vielen Fällen durch Wärmepumpen noch weiter erhitzt werden. Der Einsatz dieser Wärmepumpen zu den in Deutschland hohen Strompreisen ist aber nicht wirtschaftlich.[162]

Eine Option wäre daher, dass Fernwärmenetz in Deutschland auszubauen. Entscheidend ist dabei, die Stromsteuer und die Erneuerbare-Energien-Gesetz-Umlage für den Einsatz von Wärmepumpen zu senken. Außerdem gilt es grüne Abwärme als innovative erneuerbare Wärme im **Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz** (KWKG) anzuerkennen.[163]

Eine priorisierte Nutzung der Abwärme vor Ort gewährleistet die **Wirtschaftlichkeit** der Nutzung. Während in Wintermonaten die Abwärme Bürogebäude beheizen kann, kann sie in Sommermonaten durch den Einsatz von Adsorptionstechnik Kälte erzeugen, um einerseits Bürogebäude und andererseits luftgekühlte Komponenten im Rechenzentrum selbst (zum Beispiel Speichersysteme) zu kühlen[164]. Auch hierfür kann das LRZ in Garching als Vorbild dienen (siehe unten).

Das Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (LRZ)

Der HPC-Rechner am LRZ in Garching bei München ist ein **Vorzeigebeispiel** im Bereich nachhaltiger Betrieb. Das Rechenzentrum wird mit Strom aus regenerativen Energiequellen versorgt. Zusätzlich wird bald eigener Strom aus Photovoltaikpaneelen auf dem Dach des Bürogebäudes gewonnen.[165]
Auch die entstehende Abwärme wird genutzt. Mittels kaskadierter Adsorptionskältemaschinen wird die Abwärme zur **Klimatisierung** der Büros genutzt beziehungsweise zum Heizen dieser. Außerdem soll die Abwärme in Zukunft auch am Campus in Garching genutzt werden. Dafür müssen jedoch noch Wärmepumpen installiert werden, die die Abwärme auf bis zu hundert Grad Celsius erhitzen, um sie somit auslieferbar zu machen.[166]

162 | Vgl. Bitkom e. V. 2022b.
163 | Vgl. Bitkom e. V. 2022a.
164 | Vgl. Bitkom e. V. 2022a.
165 | Vgl. LRZ 2023.
166 | Vgl. ebd.

3.3 Der Staat als Anwender und als Ankerkunde für Start-ups

Der Staat sollte sich das Ziel setzen, zum Vorreiter in der KI-Anwendung zu werden, und dieses Ziel konsequent verfolgen. Als Anwender und Ankerkunde für heimische Start-ups kann er die breite Entwicklung und Anwendung generativer KI in Deutschland maßgeblich voranbringen und zu einem entscheidenden Hebel für ein wettbewerbsfähiges deutsches KI-Ökosystem werden.

Start-ups spielen im Bereich der generativen KI eine zentrale Rolle sowohl in der **Entwicklung neuer Methoden** als auch in der Erschließung neuer Anwendungsgebiete. Sowohl die Analyse des Status quo des deutschen KI-Ökosystems in Kapitel 2 als auch die SWOT in Kapitel 3 (siehe Abbildung 7) zeigen jedoch: Während es an der Entwicklung von Ideen und Technologien in Deutschland nicht mangelt, gibt es in Deutschland kaum Möglichkeiten für die Generierung von Cashflow, der Hauptfinanzierungsgrundlage von KI-Start-ups, durch Industrie und Staat.[167]

Finanzierungslücken im deutschen KI-Ökosystem überbrücken

Im Gegensatz zu Biotech-Start-ups, insbesondere Start-ups der medizinischen Biotech, die stark von Wagniskapital abhängig sind, viel Kapital zur Finanzierung von Laboren und Laborausstattung benötigen und in der Entwicklungsphase lange keine Umsätze verzeichnen können,[168] finanzieren sich die meisten KI-Start-ups hauptsächlich über den **Cashflow**. Während Start-ups der roten Biotechnologie also Investoren brauchen, benötigen die meisten KI-Start-ups vor allem Kunden, um wettbewerbsfähige KI-Anwendungen entwickeln zu können.

Expertinnen und Experten beschreiben diesen Zustand des deutschen KI-Ökosystems als **Henne-Ei-Problematik**: Bedingt durch limitierte technische Ressourcen (siehe Kapitel 3.2) und begrenzte Investitionsmöglichkeiten wachsen aktuell kaum heimische Anbieter auf. Deutschen Start-ups fehlt schlichtweg die Finanzierungsgrundlage, um über das Prototypenstadium hinauskommen und kompetitive generative KI anbieten zu können.

Hauptursache hierfür ist neben den im internationalen Vergleich insgesamt schwierigen Entwicklungsbedingungen durch eine konservative und **risikoaverse Wagnis- und Wachstumskapitallage** auch das Fehlen einer Big-Tech-Industrie, die das Thema Künstliche Intelligenz treibt und in die Anwendung bringt. Zugleich gehen weder Industrie noch die öffentliche Hand bisher stark genug in die Anwendung generativer KI-Angebote beziehungsweise nutzen aktuell mangels kompetitiver heimischer Angebote aus Deutschland und Europa bevorzugt generative KI-Anwendungen der dominanten Hyperscaler aus den USA.

„Uns fehlt ein Mechanismus, um in die kritische Anwendung zu kommen. Wir brauchen so eine Art Funken, der dann überschlägt! Wir brauchen ein Anschubsen durch den Staat, um eines dieser vielen kleinen Start-ups zu einem großen Player aufzubauen."

Um diese bestehende **Finanzierungslücke** zwischen Gründung und Aufwachsen eines konkurrenzfähigen heimischen Angebots zu überbrücken, sollte nach Ansicht der meisten befragten Expertinnen und Experten neben der Wirtschaft auch der Staat proaktiv handeln.

Förderprogramme oder **öffentliche beziehungsweise öffentlich bezuschusste Kapitalfonds** wären hierzu jedoch nicht das Mittel der Wahl, da Förder- beziehungsweise Finanzierungsdauer für substanzielle Entwicklungen durch KI-Start-ups meist zu kurz und die Beantragung von Fördermitteln mit zu hohem bürokratischem Aufwand sowie zu langen Antragswegen und -zeiten verbunden wären.

In den Zeiträumen bis zur Bewilligung von Finanzmitteln drohe sich das aktuelle **Gelegenheitsfenster** zur Entwicklung heimischer KI-Modelle, für das die meisten Expertinnen und Experten circa 18 Monate bis maximal 3 Jahre veranschlagen, bereits wieder zu schließen. Förderprogramme könnten in diesem Fall also vielmehr innovationsverzögernd wirken.

Den weitaus größeren Hebel sehen die Befragten darin, dass die öffentliche Hand über das **öffentliche Beschaffungswesen** einen längerfristigen Cashflow generiert. also ähnlich wie die USA im Fall des Großauftrags an Palantir Technologies, Großaufträge soweit möglich an heimische Anbieter vergibt[169], um selbst die benötigte initiale Nachfrage nach europäischem Angebot zu schaffen.

167 | Vgl. BMWK 2023a.
168 | Vgl. acatech 2024.
169 | Vgl. Der Spiegel 2023a.

„Der Staat ist als Ankerkunde sehr wichtig für Start-ups. Das wird in der Debatte unterschätzt. In Amerika ist es gängige Praxis, dass der Staat oft der erste Kunde ist."

Die öffentliche Hand sollte daher nicht nur im Rahmen des Ausbaus der dringend für Entwicklung und Anwendung generativer Künstlicher Intelligenz benötigten Recheninfrastruktur (siehe Kapitel 3.2) neue Impulse setzen. Um die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und das Ökosystem im Bereich generativer KI in Deutschland auszubauen, ist es erforderlich, dass der **Staat als Ankerkunde und Anwender** generativer KI-Lösungen auftritt und sich als Vorreiter in der Technologieanwendung etabliert.

Vorreiterrolle des Staats als dreifachen Hebel für das KI-Ökosystem nutzen

In der Vorreiterrolle des Staats liegt ein **dreifacher Hebel** für die Stärkung des öffentlichen Sektors, des KI-Ökosystems und der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft:

- Erstens benötigt die öffentliche Hand für ihre Zwecke selbst vertrauenswürdige heimische KI-Anwendungen, die mit europäischen Werten und Regulatorik konform sind. Mit der Beauftragung generativer KI-Lösungen kann der Staat einen **Produktivitätsboost für den öffentlichen Sektor** zünden.
- Gerade in Zeiten knapper werdender öffentlicher Mittel kann die Nutzung generativer KI-Lösungen ein **attraktives Vehikel** zur Lösung bestehender Probleme wie des demografischen Wandels und des Fachkräftemangels in der Verwaltung für den Staat darstellen.
- Generative KI kann beispielsweise durch den **Einsatz von KI-basierten Sprachassistenten** die Kommunikation von Bürgerinnen und Bürgern mit den Behörden verbessern, indem sie etwa mehrsprachige Kommunikation ermöglicht oder durch die Antragstellung führt beziehungsweise die Anträge leichter verständlich macht. Sie kann zudem genutzt werden, um Daten zu analysieren, diese für die weitere Verarbeitung passend aufzubereiten und Verwaltungsentscheidungen vorzubereiten. So können Antragstellung und Bearbeitung, etwa im Bereich von Massengenehmigungsverfahren für Windkraft- oder Solaranlagen, in der Visumserteilung oder in Asylverfahren, vereinfacht und beschleunigt und damit auch die Verwaltungsangestellten entlastet werden.
- Die **Anwendungsmöglichkeiten für Künstliche Intelligenz im öffentlichen Sektor** reichen dabei weit über die Verwaltung und das Beschaffungswesen selbst hinaus, etwa bis in den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und das Gesundheitswesen hinein. Eine Auswahl möglicher Anwendungsfelder zeigt Abbildung 10 (siehe auch Anhang B).
- Zweitens agiert der Staat dabei als **Ankerkunde** für Produkte und Dienstleistungen, um heimischen Start-ups den Markteintritt zu erleichtern und zur Entwicklung des Ökosystems beizutragen, bis dieses konkurrenzfähig gegenüber ausländischen Marktteilnehmern und deren Angeboten ist. Er wird somit zum Brückenfinanzierer für heimische Anbieter, bis diese attraktiv für den Einstieg privater Anwender sind. Rund um die staatlich beauftragten Services herum könnten zudem weitere Angebote entstehen, die als Basis für KI-Anwendungen in der Privatindustrie dienen können, etwa für die Ausgestaltung DSGVO-konformer Datennutzungsanwendungen.
- Drittens setzt das **Vorangehen des Staats** zugleich ein positives Zeichen für die breite Nutzung generativer KI. Dies kann die Akzeptanz in der Bevölkerung erhöhen, Hemmnisse senken, generative KI auch im unternehmerischen Kontext anzuwenden, und damit wiederum zur Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft beitragen.

„Der Staat muss als Vorreiter vorangehen: zeigen, dass er moderne Technologieinstrumente in die Anwendung bringt. Und das Ökosystem durch staatliche Aufträge und die rundherum entstehenden Services weiter befeuern."

Der Einsatz generativer KI wird über die verschiedenen staatlichen Ebenen hinweg – von Kommunen über Landesverwaltungen bis hin zu Bundesbehörden und Bundesministerien – bereits für **einzelne Anwendungsfälle** erprobt.

Bisher ist jedoch kein Mechanismus zur **koordinierten Abstimmung oder Verbreitung** von Best Practices, etwa um erfolgreiche Partnerschaften von der Landes- auf die Bundesebene zu heben, etabliert. Ein großer Teil der Befragten beklagt Defizite in der Koordination bestehender Aktivitäten: Aktuell gibt es viel Wettbewerb zwischen einzelnen Regionen und Unternehmen, aber auch Ressorts der Regierung. Um generative KI effektiver und schneller in die Anwendung zu bringen, vielmehr aber noch um die Bedeutung generativer Künstlicher Intelligenz zu vermitteln und das Thema in Gesellschaft und Wirtschaft öffentlichkeitswirksam positiv zu besetzen, ist eine bessere Vernetzung und Koordinierung der Aktivitäten erforderlich.

Abbildung 10: Potenziale Künstlicher Intelligenz gesellschaftlich nutzbar machen – Ideensammlung für den Einsatz von KI im öffentlichen Sektor (Quelle: eigene Darstellung, siehe auch Anhang B)

„Konzentrieren Sie die KI-Kompetenz auf eine sichtbare Weise, verstecken Sie die Kompetenz nicht tief in den Häusern."

Ein Leuchtturmprojekt auf Bundesebene könnte diese gewünschte Strahlkraft entfalten. Denkbar wäre beispielsweise die Beschaffung eines LLM für einen Verwaltungsbereich mit niedrigem Risiko. Hierzu könnten bestehende Initiativen wie der GovTech Campus, das Kompetenzzentrum innovative Beschaffung (KOINNO) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) sowie das Beratungs- und Evaluierungszentrum für Künstliche Intelligenz in der Öffentlichen Verwaltung (BEKI) des Bundesministeriums des Innern und für Heimat (BMI) gemeinsam eine Ausschreibung konzipieren und implementieren. Daten für das Training beziehungsweise Feintuning könnten staatlicherseits gespendet werden.

Ein Verwaltungsbereich mit niedrigem Risiko könnte dabei das **Beschaffungswesen** selbst sein: Ausschreibungserstellung, Antragsformularerstellung und Auswertung eingehender Anträge könnten durch den Einsatz generativer KI unterstützt bearbeitet, die Beschaffung somit vehement beschleunigt werden. Eine weitere Option für ein Leuchtturmprojekt könnte die Anwendung generativer KI in Finanzämtern sein.

KI-Nutzung in der Verwaltung ermöglichen und ressortübergreifende Potenziale heben

Dringende Handlungsbedarfe bestehen nach Einschätzung der befragten Expertinnen und Experten insbesondere im Bereich des **Onlinezugangsgesetzes (OZG)** und des Vergaberechts.

Die nicht erfolgte Verabschiedung des OZG 2.0 ist eine Hürde für die KI-Anwendung in der öffentlichen Verwaltung, die sich schnell abbauen lässt. Ein wichtiger Schritt für die eigene Anwendung wäre deshalb die **Verabschiedung des Gesetzentwurfs** zur Änderung des OZG, welches die Digitalisierung der Verwaltung vorantreiben und somit den Einsatz generativer KI ermöglichen würde.

„Vergabe ist eine Barriere."

Zudem ist eine **Anpassung beziehungsweise angepasste Anwendung des Vergaberechts** notwendig. Mehr als drei Viertel der Gründerinnen und Gründer wünschen sich eine Öffnung und Vereinfachung öffentlicher Vergaben für Start-ups.[170] Auch die Expertinnen und Experten bemängeln, dass die derzeitigen Strukturen hemmend für Start-ups und KMU sind: Durch die aktuellen Vorgaben bei der öffentlichen Vergabe bleibt die innovative Beschaffung hinter ihren Möglichkeiten zurück. Veraltete Vergabeprozesse führen dazu, dass die Beschaffung insgesamt zu langsam ist. Zudem sollte man dazu übergehen, künftig Services statt wie bisher konkrete Produkte zu beauftragen, um die Beschaffung von KI-Anwendungen zu ermöglichen.

Damit die Möglichkeiten generativer Künstlicher Intelligenz für die öffentliche Hand ausgeschöpft werden können, sollten Expertinnen und Experten zufolge überdies **Ressortgrenzen aufgebrochen, Ideen gepoolt und ein Marktplatz für KI-Lösungen** geschaffen werden. Insbesondere in Dual-Use-KI-Anwendungen, welche über das aktuelle Sondervermögen der Bundeswehr beschafft werden könnten, aber auch in weiteren Bereichen wie etwa der Genehmigung von Windkraftanlagen, der Planung eines Wasserstoffkernnetzes oder der Visagenehmigung werden Potenziale für Entwicklungen generativer KI-Anwendungen mit ressortübergreifendem Nutzen gesehen.

170 | Vgl. Bundesverband Deutsche Startups e. V. et al. 2023.

4 Eigene Wege vorbahnen: Technologische Fertigkeiten strategisch entwickeln

Dieser IMPULS schlägt eine zweigleisige Strategie vor. Im vorherigen Kapitel wurden Maßnahmen zur schnellen **Reaktion** auf den durch ChatGPT-4 sichtbaren Vorsprung anderer Wirtschaftsräume vorgestellt.

Das folgende Kapitel zeigt **Aktionen** auf, mit denen Deutschland und Europa selbst zu Taktgebern im Wettlauf um KI werden können. Das Ziel solte **Souveränität im Sinne des Einflusses** auf internationale Wertschöpfungsnetzwerke, Marktgestaltung und Standardsetzungsbemühungen sein.[171]

Dies setzt voraus, das **eigene Ambitionsniveau im Lichte der Zeitenwende** kritisch zu reflektieren und dann den eigenen Mitteleinsatz daran anzupassen. Denn: Materielle Schlagkraft und Glaubwürdigkeit gehen verloren, wenn ambitionierte Ziele nicht mit ausreichenden Mitteln unterlegt werden oder umgekehrt großzügige Finanzierungsmaßnahmen ungezielt versickern.

Der sich verschärfende **Systemwettbewerb** wirkt auf Marktdynamiken der generativen KI ein. US-amerikanische Foundation Models werden hierzulande im Zweifel chinesischen Alternativen vorgezogen. Gleichermaßen beeinflusst die generative KI den internationalen Systemwettbewerb und verschärft strategische Abhängigkeiten: US-Chip-Hersteller sind angewiesen, den chinesischen Markt zu meiden.

> „Wenn dann Protektionismus vorherrscht in den Ländern, die ‚souveräne' Lösungen bieten, dann bin ich schnell in einer Abhängigkeit drin."

Der Systemwettbewerb reizt Staaten zur geopolitischen Blockbildung an, in deren Folge sich jenseits der Sicherheitspolitik auch **konkurrierende Technologiesphären** bilden. Anwendungen und Software werden zum breiten Konsum zur Verfügung gestellt, aber darunter liegende Komponenten und Basistechnologien werden zurückgehalten, um Abhängigkeiten zu fixieren und politischen Einfluss zu wahren.

Im Lichte der **Zeitenwende** wurde eine Neubewertung der Chancen und Risiken hinsichtlich technologischer Souveränität im Bereich Künstliche Intelligenz vorgenommen (siehe Abbildung 11), die der Bedeutung von Foundation Models und der Wertschöpfungskette dahinter für Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft Rechnung trägt.

> „Wo kommt unsere Wettbewerbsfähigkeit her, wenn die gesamte Kernkompetenz bei den amerikanischen Systemen liegt."

Zur Wahrung digitaler Souveränität werden das Feintuning ausländischer Foundation Models und die Fokussierung auf die Software- und Anwendungsentwicklung keine langfristige Option sein. Deutschland sollte in der Lage sein, eigene Foundation Models zu entwickeln und zu nutzen. Ohne den Aufbau technologischer **Fähigkeiten im Hardwarebereich** bleiben Deutschland und Europa aber kritisch abhängig.

Daraus lassen sich **folgende Maßnahmen** ableiten, die in den weiteren Unterkapiteln genauer ausgeführt werden. Die Handlungsoptionen gliedern sich thematisch in die Bereiche Industriepolitik, Talentemanagement und Mikroelektronik.

Handlungsoptionen

Industriepolitisch kann die Bundesregierung auf bestehenden Initiativen entlang des KI-Technologie-Stack aufsetzen, durch eine gezielte Beschaffung allerdings noch mehr Schubkraft entwickeln. Cloudangebote aus Deutschland bieten vielversprechende Ansätze und setzen auf Energieeffizienz. Um hier einen Innovationssprung und Marktvorteil zu generieren, braucht es den Staat als Vorreiter in der Nutzung dieser Ansätze und den Rückgriff auf Mittel des Verteidigungsbudgets als finanziellen Hebel (siehe Kapitel 4.1).

1. **Schärfung bestehender Initiativen:** Durch eine ressort- und ebenenübergreifende Koordinierung und Kräftebündelung sollte die Hebelwirkung zwischen der KI-Forschungsförderung und bestehenden industrienahen Initiativen gesteigert werden. Zu den industrienahen Initiativen zählen Datenräume, das IPCEI CIS, die Ansiedelung führender Chiphersteller und die Förderung des Quantencomputing.

171 | Vgl. acatech 2021.

2. **Staat als Vorreiter bei Cloudtechnologien:** Als Ankerkunde sollte der Staat über beschleunigte Ausschreibungsverfahren und im Rahmen von Reallaboren KI-basierte Projekte in der Cloud fördern, die für Bürgerinnen und Bürger und ihn selbst einen sichtbaren Mehrwert generieren.
3. **Ermöglichung innovativer Verteidigungsforschung:** Deutschland trägt im europäischen Verbund die Hauptverantwortung für die Combat Cloud im Rahmen des Luftverteidigungssystems der Zukunft. Hierbei sollten ein Update der Zivilklausel und die priorisierte Auftragsvergabe an deutsche Unternehmen geprüft werden, da nur so die Synergien zwischen zivilen und militärischen Programmen gehoben werden können.

Stärken industriepolitische Maßnahmen die Nachfrageseite des heimischen KI-Ökosystems, werden im Bereich generative Künstliche Intelligenz vor allem **kluge Köpfe** benötigt, um international wettbewerbsfähige Angebote und Lösungen zu generieren. Der Einfluss auf internationale Wertschöpfungsnetzwerke und der Schutz des eigenen Wertesystems lassen sich vor allem durch die eigene Wettbewerbsfähigkeit sichern (siehe Kapitel 4.2).

4. **Talenteförderung über Wettbewerbe:** Challenges und Wettbewerbe im Bereich generativer KI können die Potenziale der besten Köpfe entfesseln. Dies gilt beispielsweise für die automatisierte Datenkuratierung, die durch eine SPRIN-D-Challenge unterstützt werden sollte.
5. **Einführung eines Start-up-Visums:** Zur Steigerung der Attraktivität für ausländische Gründerinnen und Gründer sollte – auch vor dem Hintergrund positiver Erfahrungen im Ausland – ein Start-up-Visum eingeführt werden.
6. **Bindung von Talenten an den Standort:** Viele ausländische Talente kehren nach ihrer Postdoc-Phase Deutschland den Rücken. Über Förderantragsunterstützung und Postdoc-Ausgründungsprogramme sollte der Staat diesen bessere heimische Perspektiven in Deutschland eröffnen.

Die Zeitenwende besagt nicht, dass Deutschland nach Autarkie streben sollte. Ziel sollte sein, die Selbstbestimmtheit und Wahlfreiheit zu erhalten, indem einseitige Abhängigkeiten durch die Diversifikation von Handelspartnern und durch den Aufbau eigener Angebote abgebaut werden. Im Bereich der **Mikroelektronik** ist diese Wahlfreiheit empfindlich eingeschränkt. Deutschland könnte seine Souveränität nachhaltig stärken, indem heimische Potenziale für neue Chip- und Computerarchitekturen gehoben werden (siehe Kapitel 4.3).

7. **Challenges für KI-Hardware:** Die fortschrittlichsten und für Souveränität zentralen Basistechnologien werden zunehmend in Software/Hardware-Co-Design entwickelt. Als größter Mikroelektronikstandort Europas sollte Deutschland daher an vorhandene Stärken anknüpfen und mit Innovationen zu leistungsfähigeren Chip- und Computerarchitekturen beitragen, die mindestens um den Faktor 10 energieeffizienter sind (siehe Kapitel 4.3).

Stärken

- **Spitzenforschende und Nischenkompetenz:** Rückstand zu anderen Staaten beim Publikationsaufkommen, aber gleichauf in der Qualität
- **Talente:** höhere Pro-Kopf-Konzentration an KI-Expertinnen und -Experten in Europa als in anderen Regionen
- **KI-Parks und Campus-Strukturen:** bestehende und erweiterbare KI-Cluster in Berlin, Tübingen, Heilbronn und München
- **Hardware-Cluster:** diverse Halbleiteranbieter und gute Voraussetzungen für ein starkes Hardware-Ökosystem (z. B. Silicon Saxony)
- **B2B-Angebote und Grundlagenmodelle:** heimische Start-ups und europäische Alternativen zu ausländischen Angeboten

Schwächen

- **Keine europäischen Hyperscaler:** keine KI-Industriegrößen in Europa und damit keine technologiebereichsinternen Zugpferde für Start-ups
- **Starke Abhängigkeiten in der Hardware:** wesentliche Teile der Wertschöpfungskette für Leading-Edge-Chips in ausländischer Hand
- **Fehlende Rechenkapazität:** Hardware in bestehender Infrastruktur nicht auf KI-Training ausgelegt und unpraktikable Zugangsmodalitäten
- **Mangel an Wagniskapital:** weit weniger VC-Kapital und damit Handlungsspielraum für heimische als für ausländische Start-ups

Chancen

- **Staat als Ankerkunde:** Produktivitätsboost für die Verwaltung und Brückenfinanzierung für Anbieter bis zum Einstieg privater Anwender
- **Souveränität durch Wahlfreiheit:** Verringerung der Abhängigkeit durch konkurrenzfähige europäische KI-Lösungen
- **Leapfrogging-Potenziale:** Transfer von Forschungsergebnissen zu neuen Hardwarearchitekturen für höhere Performanz und mehr Umweltschutz
- **Chip-Design als Schlüsselkompetenz:** KI im EDA-Bereich als möglicher Kontrollpunkt im internationalen Wertschöpfungsnetzwerk
- **Challenges und Talentwettbewerbe:** Entfesselung des vorhandenen Talents und Potenzials durch wettbewerbsorientierte Förderlogiken

Risiken

- **Souveränitätsverlust:** Abhängigkeit von außereuropäischen Rechenleistungs- und KI-Anbietern
- **Abhängiger Anwender:** Talenteabwanderung, Hardware-Engpässe, mangelnder Datenschutz und Wertekonflikte als langfristige Folgen der alleinigen Nutzung ausländischer Angebote
- **Entfallene Vorteile in der Halbleiterindustrie:** keine systematische Nutzung der Spillover-Effekte der Ansiedelung von Intel und TSMC im Bereich der fortschrittlichsten Prozessknoten
- **Chip-Mangel:** Verschärfung bereits bestehender Lieferengpässe aufgrund geopolitischer oder ökonomischer Konflikte

Abbildung 11: SWOT-Analyse zur Entwicklung KI-relevanter technologischer Fertigkeiten (Quelle: eigene Darstellung)

4.1 Gebündelte Industriepolitik für einen starken KI-Standort Detuschland in Europa

Statt mit planwirtschaftlichen Methoden ein „deutsches OpenAI" oder ein „deutsches Amazon Web Services" aufzubauen, wird eine moderne Industriepolitik zur Stärkung der europäischen Souveränität als Alternative empfohlen. Diese setzt eine Weiterförderung bestehender Programme im vollen Umfang und eine bessere Vernetzung voraus. Wesentliche Hebel, um neuen Technologien den Weg in den Markt zu bereiten, sind zudem die Beschaffungspolitik der öffentlichen Hand und die gezielte Nutzung militärischer Programme zur Entwicklung von KI-relevanten Dual-Use-Technologien.

Die kriegerischen Auseinandersetzungen in der Ukraine und im Nahen Osten, der **Zerfall in die geopolitischen Machtblöcke USA und China** und die innenpolitischen Entwicklungen in einigen verbündeten Staaten werfen die Frage nach der digitalen Souveränität Europas neu auf. Im Bereich der Sicherheitspolitik hat Bundeskanzler Olaf Scholz diese Entwicklungen bereits unter dem Schlagwort der **Zeitenwende** auf den Punkt gebracht.

Digitale Souveränität bezeichnet die Fähigkeit von Individuen, Unternehmen und Politik, frei zu entscheiden, wie und nach welchen Prioritäten die digitale Transformation gestaltet werden soll.[172] Der Begriff hat zwei Dimensionen, **Einfluss und Schutz**:

- **Einfluss** bedeutet die Fähigkeit, die Digitalisierung aktiv zu gestalten und beinhaltet auch die Fähigkeit, Werte und Standards durchsetzen zu können.
- **Schutz** umfasst politische Maßnahmen und Vorkehrungen, sodass im Krisenfall der Staat handlungsfähig bleibt und die Versorgung der Wirtschaft und der privaten Haushalte mit digitalen Produkten und Dienstleistungen sichergestellt ist.

Durch die Zeitenwende und die Fortschritte auf dem Gebiet der generativen KI ist auf allen Ebenen der digitalen Wertschöpfungskette eine **Neubewertung der technologischen Souveränität** Deutschlands in Europa erforderlich.

Unter den Bedingungen der durch die Schuldenbremse verordneten Austerität steht die Bundesregierung jedoch vor dem Dilemma, entweder **Abstriche am Ambitionsniveau** der digitalen Souveränität (und damit an Einfluss und Schutz) in Kauf zu nehmen oder das **Geld gegen Widerstände aufzuwenden**.

Der Ernst der Lage wird noch dadurch verschärft, dass Deutschland trotz der bereits eingeleiteten Maßnahmen bei digitalen Technologien zurückliegt. Die wichtigsten Wettbewerber haben ihre Anstrengungen weiter intensiviert. Ein **Verharren der KI-Förderung auf dem aktuellen Niveau** bedeutet auf Dauer für Deutschland einen weiteren **Souveränitätsverlust**.

Vernetzung vorantreiben, Fragmentierung überwinden, Synergien durch bestehende Initiativen heben

In den letzten Jahren wurden bereits einige große Technologieprogramme auf den Weg gebracht (siehe Anhang A bezüglich KMU-Förderung). Alle befragten Expertinnen und Experten mahnen jedoch an, die Fragmentierung der Forschungsförderung zu überwinden, Ressourcen zu bündeln und eine **Weiterfinanzierung bestehender Projekte zumindest auf dem zuvor angekündigten Niveau** sicherzustellen.

Zudem sollten nebeneinander herlaufende oder sogar konfligierende Strategielinien der Bundesregierung zu einer **KI-Strategie aus einem Guss** mit zentraler Steuerung weiterentwickelt werden. Auf dieser Basis kann eine enge Abstimmung mit den Bundesländern, der EU und einzelnen Partnerländern erfolgen. Ziele sind eine Kräftebündelung und die Realisierung von großen Projekten mit internationaler Strahlkraft. Dies betrifft vor allem folgende Bereiche:

- **IPCEI CIS:** Die Förderlinie IPCEI CIS (Important Project of Common European Interest for Next Generation Cloud Infrastructure and Services) ist ein europäisches Instrument für eine anwendungsnahe Entwicklung neuer Hard- und Softwaretechnologien für Cloudinfrastrukturen und zum Ausbau digitaler Souveränität in Europa.[173] Durch die Vernetzung mit anderen Initiativen und Förderprojekten kann eine noch größere Wirkung entfaltet werden. Insbesondere die KI-basierte Robotik und die Entwicklung von komplexen KI-gestützten Missionssystemen im Rahmen des Future Combat Air System (FCAS) bieten zahlreiche Anknüpfungspunkte.
- **Hochleistungsrechenzentren:** Die Bundesregierung fördert drei nationale Supercomputerzentren im Rahmen der Gauss Allianz sowie kleinere überregionale und regionale Rechenzentren.[174] Ein leistungsstarker klassischer Supercomputer entsteht derzeit im Rahmen der EuroHPC JU am

172 | Vgl. acatech 2021.
173 | Vgl. BMWK 2021.
174 | Vgl. BMBF 2021.

Forschungszentrum Jülich. Insbesondere gegenüber den Investitionen anderer westlicher Staaten wie den USA und Großbritannien bleibt die deutsche Förderung von dezidierten KI-Supercomputern jedoch deutlich zurück (siehe Kapitel 2.2 und 3.1). Einen im Rahmen der Wirtschaftsförderung bereitgestellten KI-Supercomputer für Start-ups und KMU gibt es in Deutschland bisher nicht (siehe Kapitel 3.2).

- **Datenräume:** Mit der Automotive-Cloud Catena-X, der Industrie-Cloud Manufacturing-X und dem Projekt Gaia-X fördert die Bundesregierung bereits offene Plattformen für die wirtschaftliche und wissenschaftliche Nutzung von Daten. Flankiert wird dieser Prozess durch die MISSION KI, die als neutrale Instanz die Datenökonomie in Deutschland und Europa vernetzen, KI-Qualitäts- und Prüfstandards etablieren und KI-getriebenen Geschäftsmodellen einen Push geben soll.[175] Damit insbesondere der Mittelstand stärker von diesen Angeboten profitieren kann, sind vertrauenswürdige, souveräne Edge-Cloud-Rechenzentren und passgenaue Beratungsangebote essenziell.
- **Mikroelektronik:** Im Rahmen des EU-Chip-Acts und des IPCEI Mikroelektronik II hat sich die Bundesregierung bereits zur Förderung des Mikroelektronik-Ökosystems mit hohem Kapitaleinsatz verpflichtet.[176] Damit die ambitionierten Ziele der Bundesregierung im KI-Bereich erreicht werden können, gilt es nun die Mikroelektronik-Förderung und die KI-Förderung intelligent miteinander zu verzahnen, da nur so, etwa im Rahmen des Software/Hardware-Co-Designs, das volle Potenzial der bereits getätigten Investitionen zur Entfaltung kommt (siehe Kapitel 4.3).
- **Quanteninitiative:** Im April 2023 hat die Bundesregierung das Handlungskonzept Quantentechnologien mit einer Finanzierungszusage in Höhe von drei Milliarden Euro bis 2026 veröffentlicht. Ob diese Mittel freigegeben werden, ist ungewiss. Zur Konsolidierung des Haushalts sollen bereits eingeplante Mittel für Quantentechnologien um 200 Millionen Euro, das entspricht 27 Prozent des Quantenbudgets des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), gestrichen werden.[177] Statt Kürzungen wären eigentlich eine Verbesserung der Finanzierungsperspektive und eine Stärkung von Software-Start-ups im Bereich des Quanten-Maschinellen-Lernens (QML) erforderlich. Zudem sollten nach Aussagen von Expertinnen und Experten mehr Ausbildungsangebote für Quanteninformatik geschaffen werden. Nur wenn neben der Hardware auch die passende Software entwickelt wird, werden Quantencomputer aus Deutschland das Training großer neuronaler Netze beschleunigen können.

175 | Vgl. MISSION KI 2023.
176 | Vgl. BMWK 2023b.
177 | Vgl. heise online 2023.
178 | Vgl. Nationaal Cyber Security Centrum 2022.

Der Staat als Ankerkunde und Förderer von Infrastructure-as-a-Service

Sovereign-Cloud-Angebote außereuropäischer Konzerne sind nach Meinung der befragten Expertinnen und Experten kein Ausweg aus der kritischen Abhängigkeit in sensiblen Bereichen. Nach Angaben niederländischer Behörden sind US-Unternehmen, US-Bürgerinnen und Bürger und ausländische Tochtergesellschaften zur Zusammenarbeit mit US-Sicherheitsbehörden verpflichtet. Demnach sind auch die **AWS European Sovereign Cloud und ähnliche Angebote nicht souverän, weil sie dem US-amerikanischen Foreign Intelligence Surveillance Act (FISA) und dem Cloud Act** unterliegen.[178, 179]

> „Souveräne Cloud-Lösungen außereuropäischer Anbieter gibt es nicht. On German Soil heißt dann, es läuft Software auf deutschem Boden, aber was darin passiert? We don't know!"

Einige der Befragten geben überdies zu bedenken, dass die vermeintlich souveränen Cloudangebote **vom Support und von der Bereitstellung von Patches** abhängig sind und dadurch ein unabhängiger Betrieb im Falle von Handelskriegen nicht möglich ist. Neben der Wirtschafts- und Forschungsförderung kann der Staat als Ankerkunde und Anwender deutsche Cloudtechnologien und -anbieter fördern.

Einige der befragten Expertinnen und Experten kritisieren die **Vergabepraxis des Bundes** und die Bevorzugung amerikanischer Großkonzerne. Milliardenschwere Aufträge für die Verwaltungsdigitalisierung gingen an den US-Konzern Oracle.[180] Auch mittelständische deutsche Green-IT-Hersteller beklagen, dass Ausschreibungen so konzipiert seien, dass eine Vergabe an US-Konzerne quasi vorgegeben sei.[181] Im Bereich staatlicher Beschaffung bestehen folgende Handlungsoptionen:

- **Stärkung der anwendungsorientierten Forschung im Bereich Cloud Computing:** Entsprechend dem bestehenden und zukünftigen Bedarf an Lösungen sollten BMBF-Programme wie OCTOPUS (Elektroniksysteme für vertrauenswürdige und energieeffiziente dezentrale Datenverarbeitung im Edge Computing) ausgebaut und neue Programme in Abstimmung mit deutschen und europäischen Cloudanbietern anwenderorientiert aufgesetzt werden.

179 | Vgl. Sachse/Freytag 2023.
180 | Vgl. Voß 2023c.
181 | Vgl. Miethke 2022.

- **Bevorzugung deutscher/europäischer Anbieter:** Im Rahmen staatlicher Ausschreibungen sollten, wenn es passende deutsche Lösungen gibt, möglichst diese genutzt werden.
- **Auftragsvergaben beschleunigen, Reallabore als Instrument nutzen:** Die Bundesregierung sollte das Instrument der Reallabore für innovative cloudbasierte Projekte in Zusammenarbeit mit deutschen Unternehmen nutzen. Im Idealfall können diese KI-Lösungen einen konkreten Mehrwehrt für die Bürgerinnen und Bürger und somit eine positive öffentliche Wahrnehmung der Digitalisierungspolitik der Bundesregierung schaffen.
- **Losgrößen verkleinern:** Ausschreibungen sollten so angepasst werden, dass aufgrund geringerer Losgrößen auch KMU und Start-ups sich darauf bewerben können. Innerhalb der öffentlichen Verwaltung sollten für die Zusammenarbeit mit diesen Unternehmen passende Strukturen und die dafür erforderlichen Ressourcen bereitgestellt werden.
- **Auflagen im Rahmen von KI-Vouchers:** Die Förderung der KI-Forschung und von europäischen Rechenzentren im Rahmen von KI-Vouchers sollte an Bedingungen geknüpft werden, die etwa die Einbindung lokaler Firmen für den Aufbau von Cloud-Recheninfrastrukturen vorschreibt (siehe Kapitel 3.2).

Förderung von Dual-Use-Cloud-Technologien im Rahmen von Militärprogrammen

Das derzeit ambitionierteste Rüstungsprojekt Europas ist der Aufbau eines Luftverteidigungssystems der Zukunft, das maßgeblich von der französischen Rüstungsbehörde Direction générale de l'armement (DGA) und dem französischen Unternehmen Dassault gesteuert wird.[182] **Deutschland** trägt jedoch die **Hauptverantwortung für das Unterprogramm Combat Cloud**, während Frankreich diese Rolle für den Kampfjet und Spanien für die Sensorsysteme übernimmt.[183]

Obwohl das FCAS-Programm dazu dienen soll, die Unabhängigkeit und Souveränität Europas im Verteidigungssektor zu sichern, haben die in **Deutschland beauftragten Firmen zentrale Unteraufträge an die amerikanischen Konzerne IBM und Red Hat** vergeben.[184] Durch diese Form der Auftragsvergabe vergibt Deutschland die Chance, durch staatliche Investitionen die eigene technologische Leistungsfähigkeit zu stärken und von diesem Programm auch im zivilen Bereich zu profitieren. Damit Deutschland zukünftig stärker von teuren Militärprogrammen profitiert, sollten folgende Optionen erwogen werden:

- **Führungsverantwortung auf europäischer Ebene wahrnehmen:** Als wirtschaftsstärkste und bevölkerungsreichste Nation in der EU sollte auch Deutschland proportional zu seinem Gewicht Führungsverantwortung für strategische Projekte übernehmen. Die Verantwortung für die Combat Cloud ist für Deutschland ein geeigneter Ausgangspunkt, um im Bereich der KI-Hardware, Software und Vernetzung als europäischer Hub zu fungieren.
- **Aufbau von Fähigkeiten durch staatliche Aufträge:** Komplexe militärische Programme sind häufig langfristig angelegt. Die Vergabe von Entwicklungsaufträgen an außereuropäische Konzerne für militärische Technologien, die im strategischen Interesse Europas sind, sollte eine Ausnahme sein, die nur dann gerechtfertigt ist, wenn andernfalls die Erfüllung der Kernaufgaben der Streitkräfte beeinträchtigt werden würde. Ist Letzteres der Fall, sollte eine Strategie entwickelt werden, wie die technologischen Fähigkeitslücken schrittweise geschlossen werden können.
- **Update für die Zivilklausel:** Vor dem Hintergrund der Zeitenwende gibt es Forderungen, die Zivilklausel zu evaluieren und anzupassen.[185] KI-Hardware und -Software sind eine Dual-Use-Technologie, auf die die klassische Einteilung zivil/militärisch nicht passt. Ob der Dual-Use-Aspekt der KI-Technologie als Chance oder Risiko anzusehen ist, hängt vom politischen Blickwinkel ab. Statt der Aufhebung der Zivilklause wären partielle Öffnungen im Bereich von Dual-Use und von defensiven Schutztechnologien denkbar.

182 | Vgl. Le Sénat 2020.
183 | Vgl. BDLI 2021.
184 | Vgl. Meta Defense 2023.
185 | Vgl. Wörner/Rauch 2022.

4.2 Talentemanagement: Kluge Köpfe holen und halten und Talentwettbewerb

Deutschland verfügt im internationalen Vergleich über einen hervorragenden KI-Talentepool. Aus diesem Talentepool bedienen sich allerdings ausländische Unternehmen, die über hohe Gehaltszahlungen kluge Köpfe zur Abwanderung motivieren. Der internationale Wettbewerb um KI-Talente wird sich noch weiter verschärfen. Deutschland braucht ein strategisches Talentemanagement, um kluge Köpfe zu halten, ausländische Talente zu holen und über Talentwettbewerbe Gründerinnen und Gründer einerseits zu unterstützen und andererseits deren Ideen zur Lösung gesellschaftlicher Problemlagen zu skalieren.

Im **zweiten Kapitel** wurde gezeigt, dass im internationalen Vergleich der deutsche KI-Standort vor allem durch seine Talente hervorsticht.

Dieser Befund sollte nicht darüber hinwegtäuschen, dass Deutschland im **Talentemanagement** nicht nur besser sein könnte, sondern auch besser werden muss, da sich der internationale Wettbewerb um Talente in KI-relevanten Bereichen weiter verschärfen wird.

Zudem wird es laut befragten Expertinnen und Experten nicht nur nötig sein, KI-Spitzentalente und Entwickler auszubilden, sondern KI-Kompetenzen grundsätzlich in die Curricula naturwissenschaftlicher Studiengänge mitaufzunehmen, um die Anwendung generativer KI in der **Forschung und Entwicklung** in der Breite zu ermöglichen.

Das **folgende Kapitel** wird **Optionen** zum Talentemanagement vorstellen:

- **Talentwettbewerbe:** Ein zentrales Problem in der Entfesselung von Potenzialen im Bereich generativer KI ist der Zugang zu qualitativ hochwertigen Daten; eine SPRIN-D-Challenge zur Datenkuratierung wird daher unterstützt.
- **Talente gewinnen:** Bestehende Einwanderungsformate sprechen nicht gezielt ausländische Start-up-Gründerinnen und Gründer an; die Einführung eines Start-up-Visums wird vor dem Hintergrund internationaler Erfahrungen empfohlen.
- **Talente halten:** Um Postdocs von der Abwanderung abzuhalten, muss ihre akademische oder außerakademische Perspektive attraktiver ausgestaltet sein. Für Ersteres lohnt sich eine Förderantragsunterstützung, für Letzteres eine Etablierung von Postdoc-Ausgründungsprogrammen. Öffentliche Einrichtungen und private Akteure sollten im Schulterschluss Bindungskräfte bündeln und über Drehtürenarrangements und vernetzte Talentakquise kluge Köpfe halten.

Diese Empfehlungen werden in der genannten Reihenfolge **im Folgenden im Detail** ausformuliert:

Talentwettbewerbe für eine strukturierte Datenkuratierung und deutsche Sprachmodelle

Die **klassische individuelle Projektförderung** erlaubt es Forscherinnen und Forscher im Rahmen übergeordneter Themenschwerpunkte selbst gewählten FuE-Vorhaben nachzugehen, wobei die Förderrichtlinien Vorgaben zur Projektausgestaltung, -dokumentation und -durchführung erteilen.

Talentwettbewerbe drehen diese Logik gewissermaßen um. Die Problemlage wird konkretisiert und das Forschungsziel den Talenten vorgegeben, wobei letztere selbstständig und kreativ darüber entscheiden, auf welchem Weg und mit welcher Innovation sie das Problem lösen möchten.

In manchen Themenbereichen wie beispielsweise der Biotechnologie wurde daher die klassische Projektförderung über kompetitive Formate wie GO-Bio ergänzt.[186]

Ein besonderer Meilenstein in der deutschen Förder- und Transferlandschaft ist das **SPRIN-D-Freiheitsgesetz**. Die SPRIN-D kann fortan Start-ups mit attraktiveren Bedingungen über Talentwettbewerbe, sogenannte Challenges, zur gesellschaftlichen Problemlösung anreizen.

Talentwettbewerbe bieten sich folglich vor allem dann an, wenn das gesellschaftliche Problem zwar klar benannt werden kann, aber unklar ist, welcher Weg und welcher technologische Ansatz zum Ziel führen, und deswegen **unterschiedliche Projektteams zu FuE incentiviert** werden sollten.

Eines der volkswirtschaftlichen **Schlüsselprobleme** vor dem Hintergrund der Generative-KI-Revolution ist der Zugang zu kuratierten **Daten**, die das Trainieren von qualitativ hochwertigen deutschen Sprachmodellen erst ermöglichen.

186 | Vgl. acatech 2024.

Auch wenn beispielsweise mit OpenGPT-X ein performantes Modell mittlerer Größe in Deutschland entwickelt wurde, gehen viele befragte Expertinnen und Experten davon aus, dass **deutsche Sprachmodelle** im Tempo und in der Anzahl an Parametern den Angeboten der Hyperscaler unterlegen sein werden. Das Erfolgsversprechen deutscher Angebote und der Ausbau bestehender Modelle hingen davon ab, dass heimische Foundation Models hochqualitative und branchenspezifische Daten zur Grundlage hätten.

Es wird daher empfohlen, die SPRIN-D bei der Durchführung einer **Datenkuratierungschallenge** zu unterstützen.[187] Mit der konkreten Zielvorgabe und den neuen Freiheiten der SPRIN-D könnte dieser Talentwettbewerb ein zentrales Problem in der Entwicklung und Skalierung deutscher generativer KI-Modelle lösen.

Die **Barriere** in der Kuratierung von Daten besteht bisher darin, dass Unternehmen kein Tool haben, um ihre Daten zu strukturieren und nutzbar zu machen und gleichzeitig Entwickler über keinen Zugang zu qualitativ hochwertigen (Unternehmens-) Daten jenseits des Webcrawling verfügen.

Ein Gedanke wäre, dass man die Daten für diese Challenge dadurch erhält, dass sich Investoren weniger über Kapital als über **Datenspenden als Investment** in die Start-ups der Challenge einkaufen können. Die Finanzierung des Start-ups, also die Betriebskosten, könnte entweder über Beteiligungsinvestments der SPRIN-D oder des unlängst unabhängig gewordenen Sovereign Tech Fund angefragt werden.[188]

Sowohl die entwickelnden Start-ups als auch die Investoren brauchen jeweils einen **Anreiz**, Daten zu spenden, einen KI-basierten Datencrawler zu bauen und gegebenenfalls den kuratierten Datensatz öffentlich verfügbar zu machen, statt proprietär zu halten. Der Anreiz kann für beide Seiten in einem exklusiven Vorzugsnutzungsrecht liegen.

Das Start-up, welches die Challenge gewonnen und die Datenkuratierung umgesetzt hat, erhält einen **Marktvorsprung** in der Entwicklung eines darauf aufbauenden LLM, indem der kuratierte Datensatz erst zeitverzögert der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt wird. Eine beachtliche Anschubfinanzierung müsste sichergestellt werden und würde weiterhin zur Challenge-Teilnahme motivieren.

Die Investoren haben über die Datenspende ein **befristetes Vornutzungsrecht** des entwickelten Sprachmodells.

Diese Anreizstruktur könnte sowohl Start-ups als auch Investoren für die Challenge begeistern, die letztlich dem **öffentlichen Bedarf** nach hochwertigen Daten und deutschen Sprachmodellen entspricht.

Talente holen durch ein Start-up-Visum

Der Einsatz generativer KI in den unterschiedlichsten Branchen wird manchmal Arbeitsstellen aufgrund von Automatisierung ersetzen, tendenziell aber eher bestehende Stellen verändern und vor allem auch **neue Stellen und Stellenbeschreibungen** hervorrufen.[189]

Aufgrund der zu erwartenden Produktivitätssteigerungen durch KI-Anwendungen und Automatisierung befinden sich Unternehmen und Staaten in einem **weltweiten Wettbewerb um Talente** aus dem KI-Bereich.[190, 191]

Staatlicherseits wird sich in diesem globalen Wettbewerb vor allem **zweier Mechanismen** bedient: einer gezielten Einwanderungspolitik und der Anwerbung von Talenten vor Ort im Ausland.

Das **Fachkräfteeinwanderungsgesetz** modernisiert das deutsche Einwanderungsrecht und stellt dabei einen wichtigen Schritt in diesem globalen Wettbewerb dar. Das Visum zur Selbstständigkeit und das Visum für IT-Fachkräfte bieten Möglichkeiten für KI-Talente, in Deutschland Fuß zu fassen.

Im **internationalen Vergleich** hat sich das Start-up-Visum als Instrument in der Einwanderungspolitik etabliert,[192] das im deutschen System derzeit nicht explizit existiert und damit einen Wettbewerbsnachteil darstellt (siehe Abbildung 12).

Inwiefern das „Visum zur Selbstständigkeit" bereits ausländische Gründerinnen und Gründer zur Start-up-Gründung in Deutschland motiviert, ist **mangels statistischer Unterscheidung** von Start-up-Gründungen und anderen Selbstständigkeitsformen unklar.[193]

Außer Frage steht, dass **andere Standorte** wie die USA (International Entrepreneur Rule) oder das Vereinigte Königreich (Innovator Founder Visa) über Start-up-Visa explizit Gründungen auf eigenem Gebiet **einwanderungsrechtlich fördern**.

187 | Vgl. SPRIN-D 2023.
188 | Vgl. Sovereign Tech Fund 2023.
189 | Vgl. Goldman Sachs 2023.
190 | Vgl. Deloitte 2020.
191 | Vgl. McKinsey & Company 2023c.
192 | Vgl. Europäisches Migrationsnetzwerk 2019.
193 | Vgl. BAMF 2020.

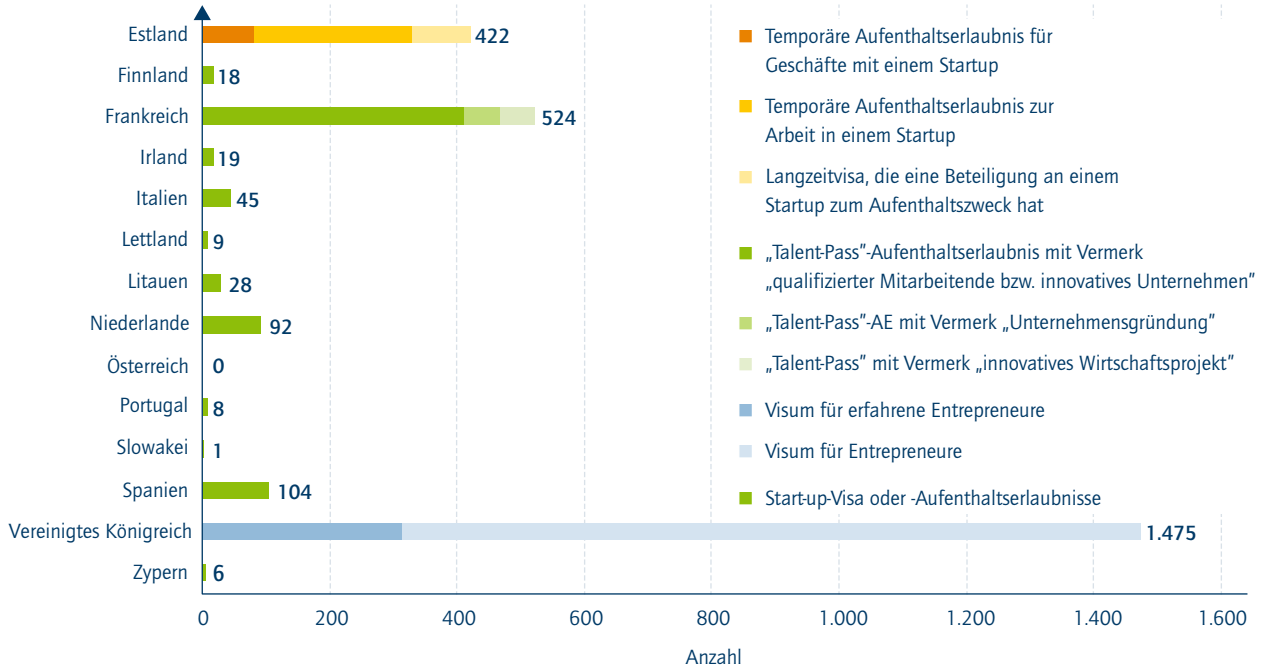


Abbildung 12: Anzahl der erteilten Start-up-Visa im europäischen Vergleich (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Europäisches Migrationsnetzwerk 2019)

Mehr als die Hälfte der Start-ups mit einem Mindestwert von einer Milliarde US-Dollar wurde in den **USA** von Zugewanderten gegründet.[194] In Estland ist ein Fünftel der Start-up-Gründungen auf das Start-up-Visum zurückzuführen.[195]

Erleichterungen für ausländische Gründerinnen und Gründer, um nach Deutschland zu kommen und ein Start-up aufzubauen, finden breite Unterstützung.[196] Die Bundesvereinigung Deutscher Arbeitgeberverbände **rät dringend zur Einführung** eines europäischen Start-up-Visums.[197]

Dieser Vorschlag würde auf dem Geist und den Verbesserungen durch das **Fachkräfteeinwanderungsgesetz aufbauen**, insbesondere auf Artikel 2 Nummer 15 im Kabinettsentwurf, der es ausländischen Hochschulabsolventinnen und -absolventen erleichtern soll, eine Aufenthaltserlaubnis zur selbstständigen Tätigkeit zu erhalten.[198]

Talente holen und Talente halten durch Förderantragsförderung

Das deutsche Wissenschaftssystem bringt hervorragende Talente hervor (siehe Kapitel 2.1). Deutschland ist der **zweitattraktivste Standort** für internationale Studierende.[199]

Jenseits der akademischen Anziehungskraft fällt Deutschland allerdings im **internationalen Wettbewerb** um Talente zurück.[200] Im vorherigen Abschnitt ging es darum, mehr ausländische Talente zur Gründung in Deutschland zu motivieren.

Vor dem Hintergrund, dass Deutschland sehr viele internationale Studierende anzieht, sollte es zudem darum gehen, die hier exzellent ausgebildeten **Talente zu halten**. Das trifft angesichts der starken Nachfrage nach KI-Kompetenz insbesondere auf den Bereich Künstliche Intelligenz zu.

Für nationale und internationale KI-Talente und damit letztlich für internationale KI-Unternehmen als Arbeitgeber fungiert **Deutschland als Akzelerator statt als langfristiges Zielland**.

194 | Vgl. Specht 2023.
195 | Vgl. Konrad Adenauer Stiftung 2023.
196 | Vgl. Beirat für Forschungsmigration 2023.
197 | Vgl. Specht 2023.
198 | Vgl. BMI 2023.
199 | Vgl. Bertelsmann Stiftung 2023.
200 | Vgl. ebd.

Mehr als die Hälfte der KI-Doktorandinnen und -Doktoranden in Deutschland haben ihren ersten Hochschulabschluss vor allem im europäischen und asiatischen Ausland gemacht.[201] Deutschland bietet beispielsweise mit den Max Planck Schools und der Helmholtz Information & Data Science Academy **Doktorandenprogramme mit internationaler Sogwirkung**.[202, 203]

Nach der Promotion wandern allerdings nahezu **vierzig Prozent der Talente ins Ausland** ab, vorzugsweise in die USA, die Schweiz und das Vereinigte Königreich, und arbeiten dort vorwiegend bei den Hyperscalern.[204, 205]

Um nicht weiter als Zwischenstopp für internationale Talente und als Talentschmiede für ausländische Unternehmen zu fungieren, sollte der deutsche Standort insbesondere **Postdocs attraktivere Perspektiven** in der Wissenschaft und in der Wirtschaft bieten.

Exzellente Postdocs, die in der Wissenschaft bleiben wollen, werden von der produktiven Forschungsarbeit abgehalten und damit in der Karriere ausgebremst, da Förderanträge stets an unterschiedliche Antragsvorgaben der Fördertöpfe angepasst werden müssen. Der Wettbewerb um Förderung wird von Postdocs als Haupthürde für die eigene Karriere betrachtet.[206]

Vor allem Forschungsanträge, denen in der Begutachtung eine hohe Qualität zugesprochen wurde, aber nicht final Förderzusagen erteilt wurden, müssen **zeitintensiv trotz der bewiesenen Qualität** neu für andere Förderausschreibungen angepasst werden, oder es droht ihnen sogar, nicht weiterverfolgt zu werden.

Prestigeträchtig und begehrt sind die drei unterschiedlichen Grants des **Europäischen Forschungsrats (ERC)**, die ein sehr aufwendiges und fachlich exzellentes Begutachtungsverfahren vorsehen.

Das irische SFI ERC Development Programme stellt eine **Best Practice** in der Nutzbarmachung von ERC-Forschungsanträgen dar, an der sich Deutschland orientieren sollte.[207] ERC-Antragsteller, deren Anträge ein A-Rating in der Begutachtung, aber keinen Förderzuschlag erhalten haben, können sich für das Förderprogramm bewerben.

Abgelehnte ERC-Anträge sollen durch die **Förderung für eine neue Einreichung** für ERC-Grants fit gemacht werden. Förderwürdig sind Forscherinnen und Forscher, die gegebenenfalls auch erst kurz und extra zum Zweck dieser Förderlinie bei einer irischen Forschungseinrichtung arbeiten.

Die irische Förderlinie erhöht damit nicht nur langfristig die Wahrscheinlichkeit, dass ERC-Anträge irischer Forschungseinrichtungen Erfolg haben. Ausländische Forscherinnen und Forscher werden dadurch überdies motiviert, einen Zuzug nach Irland in Betracht zu ziehen, um dort mit dieser **Talentförderung** ihre Karriere fortzusetzen.

Die **19 Alexander-von-Humboldt-Professorinnen und -Professoren** für KI gaben kürzlich eine ähnliche Empfehlung ab.[208] Demnach sollten abgelehnte, aber als förderungswürdig eingestufte ERC-Forschungsanträge zeitnah durch nationale Mittel gefördert werden, sofern die Mittel innerhalb deutscher Forschungseinrichtungen verausgabt werden.

Talente halten durch Postdoc-Ausgründungsprogramme und Drehtürenarrangements

Eine attraktive **Perspektive** für Postdocs könnte jenseits der Wissenschaft **im eigenen Unternehmertum** liegen.

Postdocs als Start-up-Gründerinnen und -Gründer benötigen allerdings ein spezielles Förderangebot, welches bestehende Programme wie die EXIST-Förderlinien nicht passgenau bieten. Als Berufswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen benötigen Postdocs eine unternehmerische Schulung und eine finanzielle Unterstützung, welche die ausfallenden Gehaltszahlungen ein Stück weit kompensiert.[209]

Um diesen besonderen Bedingungen Rechnung zu tragen, hat die Universität Cornell Tech das Runway Startup Postdocs Program als **Musterbeispiel** etabliert.[210] Das Programm ist für Postdocs gleichermaßen eine Forschungsinstitution, Business School und Inkubator.

Postdocs werden für das Programm und den **Forschungstransfer** durch finanzielle Unterstützung und attraktive IP-Verwertungsbedingungen angereizt. Dieses Angebot, sofern es in Deutschland ebenfalls eingeführt wird, verschafft Postdocs einen attraktiven alternativen Karriereweg und ermöglicht für den deutschen Standort eine neue Transferbrücke.[211]

201 | Vgl. Stiftung Neue Verantwortung 2022.
202 | Vgl. HIDA 2023.
203 | Vgl. MPG 2023.
204 | Vgl. Stiftung Neue Verantwortung 2022.
205 | Vgl. Book/Demling 2023.
206 | Vgl. Lampon et al. 2023.
207 | Vgl. SFI 2018.
208 | Vgl. van der Aalst et al. 2023.
209 | Vgl. Khan/Casello 2023.
210 | Vgl. Cornell Tech 2020.
211 | Vgl. BMBF 2023b.

Post-Docs wären umso gründungswilliger, je mehr Karriereentscheidungen und unternehmerische Tätigkeit **nicht als Sackgasse** wahrgenommen würden.

Ein **befristetes Rückkehrrecht** für Postdocs an die Heimuniversität würde das persönliche Risiko minimieren und zur Gründung motivieren. Unabhängig vom Ausgang würden Postdocs und die Gemeinschaft gewinnen. Entweder werden unternehmerische Erfahrungen an die Universität zurückgespielt, wenn Postdocs an die Universität zurückkehren, oder es wird Innovation entfesselt, wenn die Ausgründung Erfolg hat.

Der Anreiz zur Start-up-Gründung für Postdocs, ebenso für Professorinnen und Professoren, könnte darüber hinaus verstärkt werden, wenn unternehmerische Tätigkeiten im Rahmen von **Berufungsverhandlungen** an Universitäten berücksichtigt würden.[212]

Die Erleichterung paralleler Karrierepfade in Wissenschaft und Wirtschaft sowie Drehtürenarrangements mit wechselnder Tätigkeit in beiden Bereichen würden die Transferkultur stärken. Talente könnten auf **verschiedenen beruflichen Pfaden** wandern, statt aufgrund mangelnder Wahlfreiheit ins Ausland abzuwandern.

Zur Ermöglichung **paralleler Karrierepfade** könnten gemeinsame Berufungen durch Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie die Einrichtung von Stiftungsprofessuren beitragen.[213]

Drehtürenarrangements, die eine sequenzielle Tätigkeit in Wirtschaft und Wissenschaft fördern, wären Austauschprogramme mit Unternehmen und die Beteiligung von Unternehmen in der akademischen Lehre durch modulare Angebote.

Talente halten durch vernetzte Talentakquise und Grid-Computing-Rechenangebote

Top-KI-Talente zieht es nach der Promotion ins Ausland und insbesondere zu **Hyperscalern**,[214] weil diese nicht nur mit mehr Gehalt, sondern vor allem auch mit Spitzenaufgaben locken, die Postdocs dort mit der vorhandenen Recheninfrastruktur umsetzen können.

Weder einzelne deutsche Universitäten noch einzelne deutsche Unternehmen können mit diesem Angebot mithalten. Durch eine vernetzte Talentakquise und Formen des verteilten Rechnens kann ein attraktives **kollektives Gegenangebot** gemacht werden.

Statt in den gegenseitigen Wettbewerb um Talente zu treten, sollten deutsche Unternehmen ihre Rechenressourcen vernetzen und damit eine stärkere Rechenkapazität für Talente verfügbar machen. Durch **Grid Computing**, das Teilen von geografisch verteilten Recheninfrastrukturen, bieten Unternehmen Talenten Rechenpower für Spitzenaufgaben.

In den Gesprächen mit Expertinnen und Experten wurde angemerkt, dass viele Unternehmen derzeit **Insellösungen** in der Recheninfrastruktur aufbauen. Unternehmen investieren somit in eigene Rechenkapazitäten, die durch den Eigengebrauch nicht optimal genutzt werden.

Grid-Computing-Initiativen zwischen Unternehmen brächten den doppelten Vorteil, dass **private Rechenkapazität optimal genutzt** werden könnte und zudem **Skaleneffekte in der Talentakquise** hervorgebracht würden, indem jedes Unternehmen Talenten nun ein attraktiveres Angebot machen könnte, als jedes Unternehmen für sich genommen bereitstellen könnte.

Um Talenten an Universitäten und Forschungseinrichtungen dieses Angebot zu unterbreiten, könnten Unternehmen der Grid-Computing-Initiativen **Grid-Zertifikate** zur Nutzung der privaten Recheninfrastruktur bereitstellen. Die Zertifikatsvergabe könnte flexibel gestaltet sein und somit den Forscherinnen und Forschern eine schnelle Alternative zur Beantragung von Rechenzeit in Rechenzentren offerieren oder aber durch die Vergabe von Forschungsaufträgen durch Unternehmen oder von gemeinsamen Forschungsprojekten erfolgen.

Existierende **Cluster** in Deutschland bringen sehr gute Bedingungen für eine Umsetzung dieses Vorschlags mit, in denen man auf bestehende Wissenschaft-Industrie-Kooperationen aufsetzen könnte. In diesen Clustern kooperieren akademische Einrichtungen, die bestens international vernetzt sind und Talente nach Deutschland ziehen, mit Unternehmen, die sich als zukünftige Arbeitgeber anbieten könnten.

Als starkes Cluster hat sich **beispielsweise die Region um Tübingen** aufgestellt. In Tübingen wurde vor Kurzem das erste ELLIS-Institut in Europa gegründet. Das paneuropäische Exzellenznetzwerk ELLIS wird durch den KI-Aktionsplan des BMBF als europäische Vernetzungsplattform etabliert. Das ansässige Konsortium Cyber Valley stellt Verbindungen zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung her. Mit dem Innovation

212 | Vgl. Wissenschaftsrat 2020.
213 | Vgl. acatech 2024.
214 | Vgl. Stiftung Neue Verantwortung 2022.

Park Artificial Intelligence (IPAI) wird in Heilbronn ebenfalls ein Magnet für internationale Talente aufgebaut.

Grid-Computing-Initiativen in Clustern wie beispielsweise Tübingen, die auf bestehenden Kooperationen aufbauen, aber neue Rechenkapazitätsangebote und damit Möglichkeiten für Talente eröffnen, **könnten kluge Köpfe zum Bleiben motivieren**.

Eine **Leuchtturminitiative** zur Nutzbarmachung privater Rechenkapazität für eine vernetzte Talentakquise könnte hier sinnvoll erprobt werden. Länderfinanzmittel zur Vernetzung der geografisch verteilten Recheninfrastruktur würden einer Initiative den Rücken stärken.

4.3 Neue energieeffiziente KI-Hardware für ein souveränes Europa

Viele der technologisch fortschrittlichsten KI-basierten Produkte entstehen derzeit im Rahmen von Software/Hardware-Co-Design. Für das in der KI-Strategie formulierte Ziel, Deutschland an die Weltspitze der KI zu führen, ist die Fähigkeit zur Entwicklung eigener KI-Hardware unabdingbar. Dazu sollten die Ausbildungs- und Forschungskapazitäten auf die Bedarfe dieses Sektors ausgerichtet werden und über Challenges unkonventionelle Computerarchitekturen anwendungsnah gefördert werden.

Hardware für Großrechenzentren, die Edge-Cloud und Datenverarbeitungsgeräte beim Endanwender (Edge Devices) sind ein integraler Bestandteil von KI-Technologien und entwickeln sich zu einem **entscheidenden Standortfaktor** im globalen Wettbewerb. Auch in den **Kernbranchen der deutschen Wirtschaft** wie der Robotik-, Automatisierungs- und Automotiveindustrie gewinnt mit den Fortschritten der Künstlichen Intelligenz und dem **Software/Hardware-Co-Design** die Hardwareentwicklung an Bedeutung.

Für eine stärkere Forschungsförderung neuer Computerarchitekturen sprechen **drei Gründe**:

- **Wettbewerbsvorteile:** Nicht ohne Grund entwickeln die großen amerikanischen, chinesischen und südkoreanischen Digitalkonzerne ihre Hardware für das Cloud Computing und KI-Applikationen selbst. Software/Hardware-Co-Design, das heißt, die gemeinsame Entwicklung von Software und Hardware ist ein Differenzierungsmerkmal. Bestimmte softwarebasierte Anwendungen werden dadurch erst möglich, weil die Systeme perfekt auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmt sind.[215] Eine tiefe Hardwarekompetenz ist nach Einschätzung der befragten Expertinnen und Experten auch von Vorteil, um verfügbare Rechenkapazitäten auf dem heutigen Stand der Technik effizienter auszunutzen und die in Deutschland und Europa mangelnde Verfügbarkeit von Kapital für Rechenzentren ein Stück weit zu kompensieren.
- **Souveränität:** Aufgrund bestehender Abhängigkeiten können Handelskriege oder das bewusste Zurückhalten von Technologie einen großen volkswirtschaftlichen Schaden im EU-Raum anrichten. KI-Hardware ist zudem eine Dual-Use-Technologie, denn sie ist für die sensible zivile Datenverarbeitung im Gesundheitswesen, aber auch für die sicherheitspolitisch relevante Datenverarbeitung im Rahmen militärischer Aufklärungsmissionen unentbehrlich.
- **Umwelt- und Klimaschutz:** Aktuell haben allein die deutschen Rechenzentren einen Energiebedarf von 18 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr. Dies entspricht circa 0,55 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs in Deutschland.[216] Auf globaler Ebene entfallen auf Computer- und Internetnutzung circa zwölf Prozent des globalen Stromverbrauchs.[217] Durch den Betrieb entstehen Emissionen, die in etwa denen des klimaschädlichen Luftverkehrs entsprechen.[218] Mittels einer strategischen Forcierung auf grüne IT und KI-Chips könnte Deutschland einen wesentlichen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz leisten.

„Wir werden OpenAI und andere nicht frontal angreifen können, wir müssen weiterdenken und schnell vorangehen. Wir müssen von der Seite kommen. Nvidia war auch ein Seiteneinsteiger."

Die befragten Expertinnen und Experten sehen die Chancen für Höchstleistungs-KI-Hardware aus Deutschland vor allem über einen **Seiteneinstieg durch neue Computerarchitekturen**. Zu diesen Technologien zählen unter anderem Brain-Inspired Neuromorphic Computer, Analog-Digital-Hybrid-Computer, Photonische Computer und das In-Memory-Computing, die wie das Quantumcomputing zur Gruppe der Beyond-Moore-Technologien gehören.

215 | Vgl. Bailey 2021.
216 | Vgl. Bitkom e. V. 2022b.
217 | Vgl. Deutschlandfunk 2022.
218 | Vgl. Freitag et al. 2021.

Kompetitive Lehre und Forschung für neue Computerarchitekturen und Mikroelektronik

Damit Deutschland den Strukturwandel in Richtung einer KI-assistierten Informationsgesellschaft mitgestalten kann, empfehlen die befragten Expertinnen und Experten einen **strategischen Kompetenzaufbau** im Bereich der KI-Hardware:

- **Berufungspolitik an Bedarfe anpassen:** Im Rahmen der Berufungspolitik sollten Universitäten ihre Schwerpunkte in Forschung und Lehre an den stark gestiegenen Bedarf an Fachkräften im Bereich der Computerarchitekturen und Mikroelektronik anpassen. Auf der Basis einer zu erstellenden Studie zum Fachkräftebedarf wäre eine bundesweite Koordinierung der Förderschwerpunkte ratsam, um über international sichtbare lokale Cluster komplementäre Angebote zu schaffen.
- **Talentemanagement verbessern:** Zur Gewinnung von Spitzenprofessorinnen und -professoren würde sich eine Aufstockung der Alexander-von-Humboldt-Professuren anbieten, um gezielt Expertinnen und Experten für KI-Hardware und neue Computerarchitekturen zu gewinnen. Da einige der bestehenden Standorte aufgrund des privaten Wettbewerbs unter einer hohen Personalfluktuation im Mittelbau leiden, müssen diese Stellenprofile an Attraktivität gewinnen.
- **Etablierung neuer Arbeitsstrukturen:** Das akademische Prinzip, dass eine Person ein Projekt bearbeitet, ist nach Angaben der befragten Expertinnen und Experten bezüglich der Komplexität heutiger Computerarchitekturen nicht mehr zeitgemäß. Berufungen sollten deshalb so gestaltet sein, dass sich Lehrstühle komplementär ergänzen und gemeinsam vor Ort auch große Forschungs- und Entwicklungsprojekte bewerkstelligen können. Die Forschungsförderung sollte lokale Großprojekte, die mehrere Lehrstühle und das lokale Ökosystem miteinbeziehen, als Anreizstruktur gezielt fördern.
- **Hardwarekompetenz durch Spitzennetzwerke stärken:** Durch den Aufbau eines Netzwerks für KI-basiertes Chip-Design und Unconventional Computing sollte ein bundesweites Flaggschiffprojekt für Talente aus dem In- und Ausland geschaffen werden. Unter der Einbeziehung von Universitäten, außeruniversitären Forschungsinstituten und der Privatwirtschaft könnte dieses virtuelle Institut als Ideen- und Talentschmiede Wachstumsimpulse für die KI-Hardware der Zukunft liefern.

Leistungsfähige Hardware aus Europa und die Chancen von RISC-V

Die Europäische Union hat die Bedeutung von Computerhardware erkannt und mit dem **EuroHPC Joint Undertaking** ein großangelegtes Programm zur Bereitstellung von Rechenleistung und die angewandte **Entwicklung souveräner europäischer Hardware** initiiert.[219]

Im Unterprogramm **European Processor Initiative** (EPI) ist es einem französischen Start-up gelungen, eine **ARM-basierte CPU** für das Höchstleistungsrechnen zu entwickeln.[220] Die französischen Unternehmen Eviden und SiPearl kommerzialisieren diese Technologie und bauen derzeit gemeinsam den Höchstleistungsrechner JUPITER am Forschungszentrum Jülich auf. Dieses Beispiel zeigt, dass der **Aufbau von Hardwareunternehmen in Europa möglich ist**, wenn die nationale Politik, die EU und die Wirtschaft miteinander kooperieren und auf europäischer Ebene zusammenarbeiten.

Für noch mehr Unabhängigkeit hat die EU ein sogenanntes Framework Partnership Agreement aufgelegt, um **RISC-V-basierte Prozessoren und Beschleuniger** inklusive der zur Steuerung der RISC-V-Chips notwendigen Software zu fördern. Gerade hier hat die RISC-V-Architektur noch einen großen Rückstand zum x86- sowie ARM-Ökosystem. Anders als sonst üblich konzentriert die EU die Förderung in Höhe von 270 Millionen Euro auf einen einzelnen Empfänger. Nach Informationen der befragten Expertinnen und Experten ist Spanien siegreich aus der Ausschreibung hervorgegangen.

Nach Auffassung der befragten Expertinnen und Experten sollte Deutschland die europäischen **Hardwareprojekte** weiterhin unterstützen, sich beteiligen und durch eigene Initiativen ergänzen.[221]

- **Effizienter Ressourceneinsatz und Open-Source-Hardware:** Die Regierung sollte sich dafür einsetzen, dass vielfach nutzbare Funktionsblöcke von Schaltungsdesigns, deren Entwicklung aus öffentlichen Mitteln finanziert wurde (etwa im Rahmen von RISC-V-Projekten), für die akademische Forschung frei verfügbar sind. Wenn Bestehendes nicht immer wieder neu entwickelt werden muss, dann kann sich die akademische Forschung stärker auf neue Technologien konzentrieren.
- **Leading-Edge Fabs in Deutschland für Forschung und Entwicklung einbinden:** Damit das europäische Ökosystem alle kritischen Prozessschritte abdeckt, sollte sich Deutschland im

219 | Vgl. EuroHPC JU 2023b.
220 | Vgl. Europäische Investitionsbank 2023.
221 | Vgl. acatech 2020.

Bereich der Frontend-Herstellung im Rahmen einer Public-Private-Partnership für eine Pilotlinie an einer High-NA-EUV Fab einsetzen. Universitäten und Start-ups sollten für die Forschung an neuartigen Bauelementen so die Möglichkeit bekommen – abweichend von der Standardproduktion – mit innovativen Materialien in kleinsten Strukturgrößen zu experimentieren.

Technologieoffene Challenges für die souveräne KI-Hardware der Zukunft

Komplementär zum General-Purpose-Computing-Ansatz in Frankreich sollte sich **Deutschland** auf **dezidierte KI-Hardware der nächsten Generation** fokussieren, die mindestens um den Faktor 10 energieeffizienter ist. Als Förderinstrumente bieten sich die Ausschreibung von Challenges und der schnelle Markteintritt erfolgreicher Unternehmen durch öffentliche Aufträge an.

Challenges für KI-Chips und KI-basiertes Chip-Design sollten technologieoffen ausgeschrieben werden. Entsprechend dem hohen technologischen Aufwand sollten die Ausschreibungen mit dem **erforderlichen Finanzierungsvolumen unterfüttert** werden.

Für die Skalierungsphase sollte erfolgreichen Unternehmen, in Zusammenarbeit mit öffentlichen Fonds und privaten Wagniskapitalanbietern, eine langfristige Perspektive angeboten werden, da sonst ein hohes Risiko von Abwanderungen besteht.

> „Wenn der eigene Staat zu seiner Forschung kein Vertrauen hat, dann ist das ein schlechter Pedigree."

Mit **Aufträgen durch die öffentliche Hand** kann sowohl bestehenden deutschen KI-Hardware-Start-ups wie auch den zukünftigen Gewinnern der Challenges ein erleichterter Markteintritt ermöglicht werden. Teilweise geschieht dies schon heute. Mit der Beauftragung des französischen CPU-Start-ups SiPearl im Rahmen der Beschaffung von JUPITER tragen der Bund und das Land Nordrhein-Westfalen zur Förderung des europäischen Hardwareökosystems bei. Über den Cashflow aus deutschen Steuergeldern kann das Unternehmen nun weitere Ressourcen in die Weiterentwicklung der Technologie investieren.

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: SWOT-Analyse zur Nutzung generativer KI in Deutschland 9

Abbildung 2: SWOT-Analyse zur Entwicklung KI-relevanter technologischer Fertigkeiten 10

Abbildung 3: Das branchenübergreifende Wirtschaftspotenzial generativer KI (durchschnittliche Potenziale pro Jahr) 23

Abbildung 4: Private Investitionen im Bereich KI im internationalen Vergleich 26

Abbildung 5: Überblick über KI-Strategien ausgewählter Nationalstaaten und der EU 28

Abbildung 6: Themenspezifische zivile FuE-Förderung des Bundes ohne Querschnittsaktivitäten und Sonderprogramme im Jahr 2022 in Milliarden Euro sowie prozentuale Anteile der jeweiligen Bereiche 31

Abbildung 7: SWOT-Analyse zur Nutzung generativer KI in Deutschland 32

Abbildung 8: Zielbild für Zugangs- und Fördermodalitäten zu Rechenkapazitäten für verschiedene Akteure 42

Abbildung 9: Gründe für fehlende Abwärmenutzung 47

Abbildung 10: Potenziale Künstlicher Intelligenz gesellschaftlich nutzbar machen – Ideensammlung für den Einsatz von KI im öffentlichen Sektor 50

Abbildung 11: SWOT-Analyse zur Entwicklung KI-relevanter technologischer Fertigkeiten 54

Abbildung 12: Anzahl der erteilten Start-up-Visa im europäischen Vergleich 60

Abbildung 13: Entwicklung des Einsatzes von KI in KMU und Großunternehmen 67

Abbildung 14: Unterschiede in der KI-Readiness deutscher KMU 68

Abbildung 15: Übersicht über KI-Förderprogramme sowie Vernetzungs- und Transferangebote für den Mittelstand 69

Anhang A: Übersicht über Aufklärungs- und Kompetenzmaßnahmen für KMU

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bilden das Rückgrat der deutschen Wirtschaft und müssen somit unbedingt bei KI-Themen mitgenommen werden. Sowohl bei Digitalisierung als auch KI-Anwendungen liegen KMU im Vergleich zu Großunternehmen zurück.
Allerdings unterscheiden sich nicht nur KMU und Großunternehmen, vielmehr kann sich die KI-Readiness bei KMU je nach Branche auch deutlich unterscheiden. Um jedoch die komplette Breite der KMU zu durchdringen, wurden verschiedene KI-Förderprogramme in Form von Transferzentren, Förderprogrammen und Initiativen initiiert, von denen ausgewählte in diesem Abschnitt vorgestellt werden.

Gemäß der 2018 verabschiedeten Nationalen KI-Strategie der Bundesregierung soll Deutschland zu einem führenden Standort für KI werden. Dafür spielt die Nutzung von Künstlicher Intelligenz in KMU eine besondere Rolle, denn **mehr als 99 Prozent der deutschen Unternehmen** zählen mit maximal 249 Beschäftigten zu den KMU. In diesen Unternehmen arbeiten etwa zwei Drittel der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und erzielen dort knapp **61 Prozent der Nettowertschöpfung**.[222] Damit bilden kleine und mittlere Unternehmen das Rückgrat der deutschen Wirtschaft.

Allerdings weisen KMU nach wie vor einen **deutlich geringeren Digitalisierungsgrad** als Großunternehmen auf und riskieren so ihre zukünftige Wettbewerbsfähigkeit. Ein ähnliches Bild zeigt sich ebenso bei der **Anwendung von KI**, auch wenn sich hier in den letzten Jahren eine positive Dynamik abzeichnet (siehe Abbildung 13).

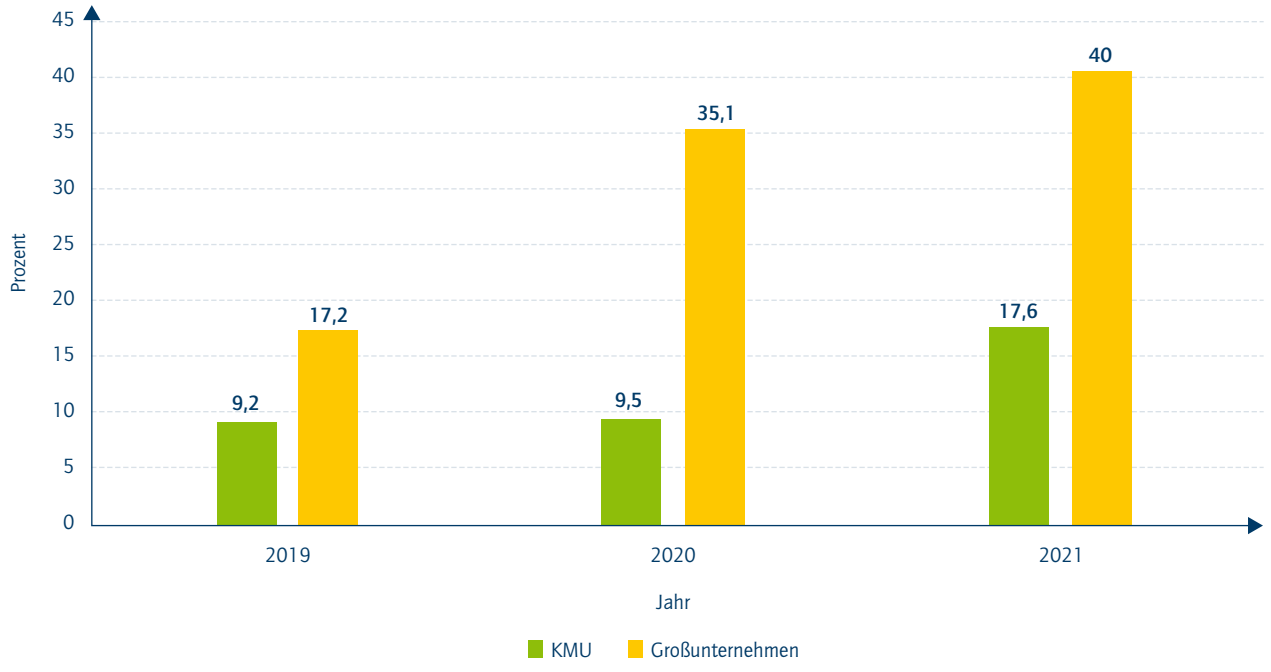


Abbildung 13: Entwicklung des Einsatzes von KI in KMU und Großunternehmen (Quelle: eigene Darstellung basierend auf IW 2021)

222 | Vgl. IW 2021.

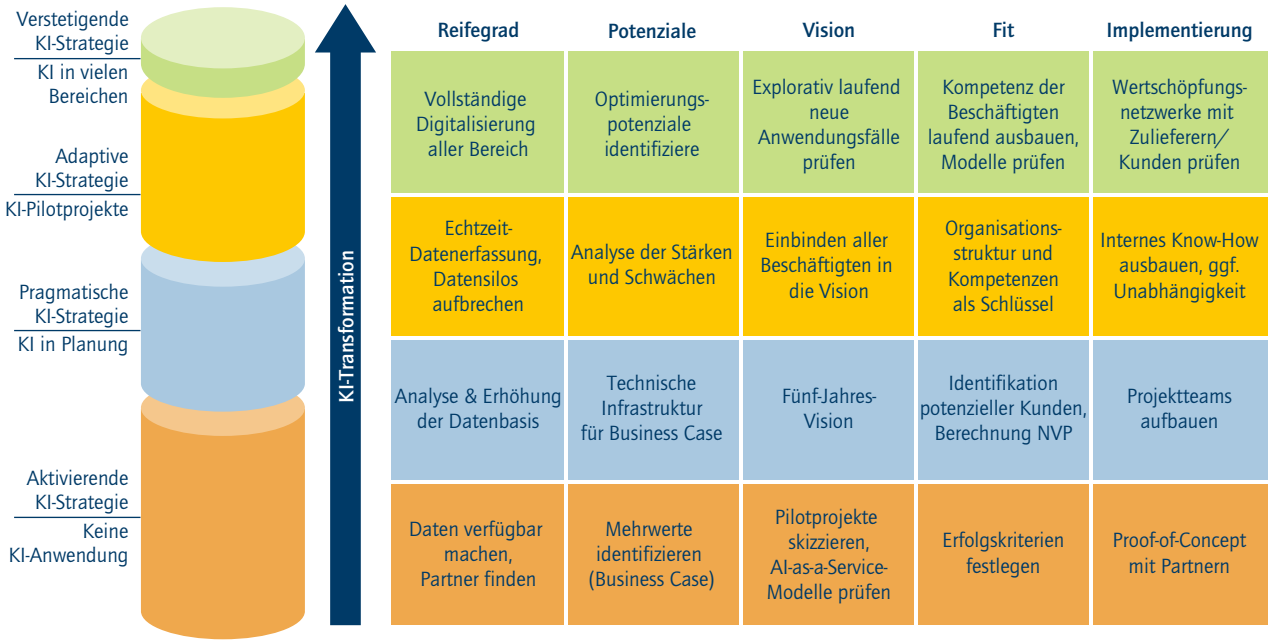


Abbildung 14: Unterschiede in der KI-Readiness deutscher KMU (Quelle: eigene Darstellung basierend auf PLS 2023d)

Befragungen des deutschen Mittelstands haben ergeben, dass derzeit **rund vierzig Prozent der KMU** weder KI-Technologien nutzen noch den Einsatz dieser in naher Zukunft planen. Lediglich **knapp sechs Prozent aller KMU** setzen KI-Technologien bereits in allen Geschäftsbereichen ein. Zu solchen KI-Vorreitern zählen überwiegend größere, bereits stärker digitalisierte Mittelständler. KMU weisen somit eine **unterschiedliche KI-Einsatzfähigkeit** (KI-Readiness, siehe Abbildung 14) auf.[223]

Um KI-Anwendungen zunehmend auch für kleine und mittlere Unternehmen attraktiv zu machen, sollte der Nutzen von KI mittels **Aufklärungs- und Kompetenzmaßnahmen für KMU** deutlich gemacht werden. Folgende Aspekte sind in diesem Kontext besonders relevant:[224, 225]

- Aufzeigen von **Anwendungsmöglichkeiten** von KI anhand konkreter Use-Cases und Best Practices
- Herstellung von **Rechtssicherheit** im Umgang mit Daten
- Vorantreiben des **staatlichen Einsatzes** von KI
- Verbesserung der **Transparenz** von KI
- Stärkung des **Vertrauens** in KI-Lösungen seitens der Anwender und der Gesellschaft
- Verbesserung der **Fachkräftesituation** für KI
- Ausbau der **IT-Infrastruktur**

Erst wenn die **Chancen** (beispielsweise Effizienzgewinn, Wettbewerbsvorteile, Risikominimierung, Gewinn- und Ertragssteigerung in verschiedenen Wertschöpfungsbereichen) eines KI-Einsatzes für KMU klar überwiegen, werden **Hemmnisse** wie die bestehende Unklarheit über mögliche Anwendungen, langfristiges Investment, unzureichende Datenbasis und Dateninfrastruktur, fehlende Ressourcen (zum Beispiel Fachkräfte) sowie mangelndes Know-how und Vertrauen in die Technologie überwunden werden können.[226]

Um den Einsatz von KI-Technologien in der Breite zu unterstützen, wurden zahlreiche **KI-Förderprogramme sowie Vernetzungs- und Transferangebote für den Mittelstand** etabliert. Der folgende Abschnitt soll über diese einen Überblick geben (siehe Abbildung 15).[227, 228, 229]

223 | Vgl. PLS 2021.
224 | Vgl. IW 2021.
225 | Vgl. BMWi 2021.
226 | Vgl. PLS 2021.
227 | Vgl.ebd.
228 | Vgl. PLS 2023d.
229 | Vgl. PLS 2023e.

Transferzentren	Förderprogramme	Initiativen
▪ Digital Hubs ▪ Mittelstand-Digital Zentren ▪ KI-Kompetenzzentren ▪ KI-Servicezentren ▪ Zukunftszentren KI	▪ EIC Accelerator ▪ Digital Jetzt ▪ Go-digital ▪ Innovative Arbeitswelten im Mittelstand ▪ KI4KMU ▪ KMU-innovativ ▪ MISSION KI ▪ Netzwerk Mittelstand Digital ▪ Plattform Lernende Systeme ▪ SDIL ▪ ZIM	▪ appliedAI ▪ IIP-Ecosphere ▪ KI Bundesverband ▪ KI-Fortschrittszentrum ▪ SmartAIwork

Abbildung 15: Übersicht über KI-Förderprogramme sowie Vernetzungs- und Transferangebote für den Mittelstand
Bedeutung der Ablürzungen: AI/KI = Künstliche Intelligenz, EIC = European Innovation Council, KMU = kleine und mittlere Unternehmen, SDIL = Smart Data Innovation Lab, ZIM = Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand. (Quelle: eigene Darstellung)

Transferzentren

In folgenden **bundesfinanzierten regionalen Transferzentren** finden Mittelständler kostenlose Unterstützung bei Digitalisierungs- und KI-Vorhaben sowie die Möglichkeit, sich mit anderen Betrieben und Hochschulen zu vernetzen:[230]

- **Digital Hubs:** Die vom BMWK sowie von einzelnen Landesregierungen geförderten Digital Hubs sind Orte, an denen Mittelständler, Start-ups, Konzerne und Hochschulen mit Bezug zu Digital- und Technologiethemen zusammenkommen, um sich auszutauschen und gemeinsam an Projekten zu arbeiten.
- **Mittelstand-Digital Zentren:** Die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) initiierten Mittelstand-Digital Zentren unterstützen als regionale und anbieterneutrale Anlaufstellen kleine und mittelständische Unternehmen sowie Handwerksbetriebe bei der Digitalisierung. Sukzessiv werden die Kompetenzzentren mit KI-Trainerinnen und -Trainern ausgestattet, die speziell zur Anwendung von KI-Technologien beraten.
- **KI-Kompetenzzentren:** Mit einem Fokus auf das Erreichen wissenschaftlicher Durchbrüche treiben die vom BMBF geförderten KI-Kompetenzzentren auch den Forschungstransfer voran und bilden KI-Fachkräfte aus. Entscheidende Aufgaben der Zentren sind darüber hinaus auch das Schaffen neuer Geschäftsmodelle, unter anderem für den Mittelstand, sowie das Hervorbringen neuer Start-ups.[231]
- **KI-Servicezentren:** Die vier vom BMBF geförderten KI-Servicezentren erleichtern unter anderem KMU den Zugang zu Recheninfrastruktur und KI-Expertise, treiben die KI-Forschung voran, fördern den Transfer von KI-Anwendungen in die Praxis und tragen somit zur besseren Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bei.[232]
- **Zukunftszentren KI:** Die vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) finanzierten Zukunftszentren unterstützen kleine und mittlere Unternehmen bei der Einführung digitaler und KI-basierter Systeme. Ziel ist es, die Selbstlern- und Gestaltungskompetenz zu fördern und die Betriebe und ihre Beschäftigten fit für den Wandel zu machen.

230 | Vgl. ebd.
231 | Vgl. BMBF 2023d.
232 | Vgl. BMBF 2023c
.

Staatliche Förderprogramme

Europäische Ebene

- **European Innovation Council (EIC) Accelerator:** Der EIC Accelerator bietet Start-ups und KMU Unterstützung bei der Entwicklung von Deep-Tech-Innovationen mit disruptivem Marktpotenzial in Form einer Mischfinanzierung an.

Bundesebene

- **Digital Jetzt – Investitionsförderung für KMU:** Das BMWK bietet über Digital Jetzt finanzielle Zuschüsse für KMU, um Investitionen in die Digitalisierung anzuregen.
- **go-digital:** Das aus fünf Modulen (Digitalisierungsstrategie, IT-Sicherheit, digitalisierte Geschäftsprozesse, Datenkompetenz – go-data, digitale Markterschließung) bestehende Programm go-digital unterstützt durch die finanzielle Förderung von Beraterleistungen auf dem Weg in eine digitale Zukunft.
- **Innovative Arbeitswelten im Mittelstand:** Dieses Förderprogramm zur Gestaltung neuer Produkte, Dienstleistungen und Arbeitsprozesse ist ein Teil des BMBF-Fachprogramms Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit.
- **KI4KMU:** Diese Maßnahme des BMBF zur Förderung KMU-getriebener Ansätze in Forschung und Entwicklung ist Teil der KI-Strategie der Bundesregierung und der Hightech-Strategie 2025.
- **KMU-innovativ:** Das BMBF stellt mit KMU-innovativ Fördermittel für die Bereiche Bioökonomie, Elektronik und autonomes Fahren, Supercomputing, Forschung für die zivile Sicherheit, Informations- und Kommunikationstechnologien, Materialforschung, Medizintechnik, interaktive Technologien für Gesundheit und Lebensqualität, Photonik und Quantentechnologien, Produktion, Ressourceneffizienz und Klimaschutz bereit.
- **MISSION KI – Nationale Initiative für Künstliche Intelligenz und Datenökonomie:** Das vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderte Projekt hat das Ziel, Datenräume sektorübergreifend zu vernetzen, transparente KI-Qualitäts- und Prüfstandards zu schaffen und das Wachstum von KI-Innovationen zu unterstützen.
- **Netzwerk Mittelstand-Digital:** Das Netzwerk bietet Digitalisierungsunterstützung durch die bundesweit vom BMWK eingerichteten Mittelstand-Digital-Zentren (unter anderem Praxisbeispiele, KI-Trainings, Qualifizierungsmaßnahmen).
- **Plattform Lernende Systeme (PLS):** Das vom BMBF gegründete Netzwerk aus Expertinnen und Experten zum Thema KI hat das Ziel, den interdisziplinären Austausch und den gesellschaftlichen Dialog zu fördern.
- **Smart Data Innovation Lab (SDIL):** Das vom BMBF geförderte SDIL bietet kleinen und mittleren Unternehmen Möglichkeiten zur Umsetzung von Datenstrategien und Dateneinbindung im eigenen Unternehmen an.
- **Zentrales Innovationsprogram Mittelstand (ZIM):** ZIM ist das größte Programm der Bundesregierung mit jährlich über 3.000 Technologieentwicklungsprojekten im Bereich marktorientierte, technische Forschung und Entwicklung.

Zusätzlich gibt es **zahlreiche Förderprogramme der Bundesländer**, die ebenfalls gezielt den Mittelstand bei der Einführung und Umsetzung von KI unterstützen. Eine Übersicht über diese kann auf der **KI-Landkarte** der Plattform Lernende Systeme abgerufen werden.[233]

Initiativen aus Privatwirtschaft und Forschung

- **appliedAI:** appliedAI ist Europas größte Initiative für die Verwendung vertrauenswürdiger KI-Technologien in Unternehmen. Mit dem AI Maturity Assessment bietet die appliedAI-Initiative, unterstützt durch den Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) und Bitkom, ein kostenfreies digitales Tool an, mit dem Mittelständler ihren KI-Reifegrad in unterschiedlichen Phasen bestimmen können – vom frühen Ausprobieren der Technologie bis zur skalierten Anwendung im Unternehmen. Basierend auf ihren Antworten erhalten Mittelständler anschließend individuelle Empfehlungen.
- **IIP-Ecosphere:** IIP-Ecosphere der Leibniz Universität Hannover wird derzeit als Ökosystem für die intelligente Produktion aufgebaut. Durch KI-gestützte Selbstoptimierung der Produktion sollen höhere Produktivität, Flexibilität, Robustheit und Effizienz in unternehmerischen Prozessen erreicht werden.
- **KI Bundesverband:** Der Bundesverband der Unternehmen der Künstlichen Intelligenz in Deutschland e. V. bildet mit mehr als vierhundert KI-Unternehmen Deutschlands größtes KI-Netzwerk, um die innovativsten KI- und Deep-Tech-Unternehmen mit Wirtschaft und Politik zu vernetzen.
- **KI-Fortschrittszentrum:** Als anwendungsorientierter Zweig des Cyber Valley, Europas größter Forschungskooperation im Bereich der Künstlichen Intelligenz, versteht sich das KI-Fortschrittszentrum als Innovationspartner für den Mittelstand und bietet Unterstützung bei der Entwicklung und

233 | Vgl. PLS 2023f.

Umsetzung von ambitionierten KI-Innovationen. Im Rahmen des KI-Fortschrittszentrums Lernende Systeme und Kognitive Robotik arbeiten die Stuttgarter Fraunhofer-Institute für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sowie für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO gemeinsam mit der Universität Stuttgart sowie Industriepartnern zusammen.

- **SmartAIwork:** Das Verbundvorhaben SmartAIwork untersucht Optionen und entwickelt Gestaltungslösungen, wie sich Künstliche Intelligenz für eine menschengerechte, kompetenz- und produktivitätsfördernde Gestaltung von Arbeit in Sachbearbeitungsprozessen nutzen lässt. Ebenso werden Handlungshilfen zur Kompetenzentwicklung erarbeitet. Die Ergebnisse werden in einer Digitalen Toolbox bereitgestellt und unterstützen dabei, die Transformation zu KI-Arbeitssystemen in der Sachbearbeitung erfolgreich zu gestalten.

Websites zum Einsatz von KI im Mittelstand

https://www.plattform-lernende-systeme.de/literatur-fuer-kmu.html

https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html?SUD=1

https://www.plattform-lernende-systeme.de/unterstuetzung.html

https://www.plattform-lernende-systeme.de/foerderungki.html

Anhang B: Ideen für staatlich beauftragte KI-Anwendungen

Beschafft die öffentliche Hand im Rahmen der öffentlichen Vergabe Anwendungen auf Basis Künstlicher Intelligenz, so kann ein erheblicher Mehrwert für Bürgerinnen und Bürger sowie Beschäftigte im öffentlichen Dienst in unterschiedlichen Lebensbereichen entstehen. Die öffentliche Beschaffung bietet zudem gleichzeitig die Chance, das heimische KI-Ökosystem zu stärken. Im Folgenden werden einige Anwendungsbeispiele für KI im öffentlichen Sektor, in denen auch generative KI-Lösungen genutzt werden könnten, beschrieben.

Die Liste speist sich aus **Vorschlägen aus dem Zukunftsrat** sowie aus zwischen Januar und März 2023 geführten **Interviews** und umfasst folgende Bereiche:

1. KI in der öffentlichen Verwaltung
2. KI für Anomalie-Detektion
3. Anwendungen im Gesundheitswesen
4. KI-gestützte Lösungen für den ÖPNV
5. KI-basierte Frühwarnsysteme
6. Sicherheitstechnik
7. KI-gestützte Auswertung von Gebäudedaten

Die Übersicht stellt eine Ideensammlung mit dem **Fokus auf KI-Anwendungen im Rahmen der öffentlichen Beschaffung** dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit der Anwendungsmöglichkeiten von KI.

Die beschriebenen Anwendungsmöglichkeiten bewegen sich dabei teilweise in einem **Kontinuum von fortschrittlichen Automatisierungslösungen bis hin zu genuinen KI-Lösungen**, abhängig etwa von der Art der Umsetzung. Die Beschreibung dieses Kontinuums im vorliegenden Papier trägt der Tatsache Rechnung, dass der Einsatz fortschrittlicher Automatisierungslösungen in vielen Bereichen bereits einen erheblichen Mehrwert bringen sowie gegebenenfalls einen Einstieg in die spätere Anwendung genuiner KI darstellen kann.

1. KI in der öffentlichen Verwaltung

Durch den Einsatz von KI in der öffentlichen Verwaltung können **Arbeitsprozesse beschleunigt und vereinfacht** werden – für Antragstellende und Mitarbeitende in der Verwaltung.[234] Auch hier ist ein zweistufiges Verfahren denkbar: So können einige Aufgaben, wie die **Prüfung von Dokumenten, vollautomatisch** von Künstlichen Intelligenzen übernommen werden. Zudem können KI Fälle vorsortieren und kategorisieren in triviale Fälle für eine kursorische Prüfung durch Menschen und komplexe Fälle, die einer Prüfung durch Fachleute bedürfen.

In den meisten aktuell vorstellbaren Szenarien würde **KI** jedoch als **„digitaler Co-Pilot"** fungieren und Antragstellende und Mitarbeitende der Verwaltung unterstützen. Finale Entscheidungen würden jedoch weiterhin von Menschen getroffen werden. Dadurch können Arbeitsschritte optimiert und es Mitarbeitenden ermöglicht werden, sich auf zentrale Aufgaben zu fokussieren, da ihnen die KI zuarbeitet.

Eine **zentrale Voraussetzung** für KI-Anwendungen in der öffentlichen Verwaltung ist es, dass die **benötigten Daten/Dokumente in digitalisierter Form vorliegen**. Die geplante, aber noch nicht ausreichend umgesetzte Registermodernisierung sollte deshalb mit Nachdruck vorangetrieben werden. Dabei reicht es nicht, bestehende Prozesse einfach digital abzubilden, sie müssen vorher im Rahmen der Digitalisierung **optimiert** und gegebenenfalls **neu gedacht** werden.

Einsatz sprachbasierter KI-Modelle

Sprachbasierten KI-Modellen wie ChatGPT vom amerikanischen Anbieter OpenAI oder Luminous vom deutschen KI-Anbieter Aleph Alpha, die zu den sogenannten **Foundation-Modellen** gehören, wird ein **großes Potenzial zugesprochen**. Nach Einschätzung der Interviewpartnerinnen und -partner gibt es derzeit nur vereinzelte marktreife Produkte wie KI-gestützte Chatbots. Sie erwarten hier aber **große Entwicklungssprünge der Technologie in den nächsten Jahren**.

234 | Vgl. ITZBund 2022.

Einige regen auch an, dass KI-basierte **Chatbots** als sinnvolle Ergänzung der übergreifenden **Behördenauskunft 115** eingesetzt werden könnten. Sie bieten die Chance auf **besseren Service, mehrsprachige Kommunikation** und können gleichzeitig helfen, durch Effizienzgewinne **Kosten einzusparen**. So gibt es etwa in der Verwaltung in Heidelberg ein Pilotprojekt mit dem deutschen KI-Anbieter Aleph Alpha.[235]

Chatbots könnten in öffentlichen Behörden Anfragen in unterschiedlichen Sprachen oder in einfachem Deutsch beantworten. Das birgt enormes Potenzial, um die Kommunikation zwischen Bürgerinnen und Bürgern und der Verwaltung zu erleichtern, „Behördendeutsch" zu übersetzen und damit die **korrekte Antragstellung zu beschleunigen**. Zudem könnten Webseiteninhalte in kürzester Zeit auf eine Vielzahl von Sprachen übersetzt werden, sodass eine mehrsprachige Gestaltung einer Webseite überflüssig wird. Es sollte auf erste erfolgreiche Use Cases aufgebaut werden.

„Man muss jetzt mit der Reise beginnen. Dafür braucht es eine Vision, wohin man möchte."

Die befragten Expertinnen und Experten wünschen sich eine stärkere **Förderung von deutschen beziehungsweise europäischen Modellen** wie OpenGPT-X, sodass die Marktmacht weniger – wie aktuell der Fall – bei amerikanischen (73 Prozent) oder chinesischen (15 Prozent) Anbietern liegt.[236] Sie geben zu bedenken, dass die internationalen Modelle üblicherweise in ihrer Muttersprache trainiert wurden und dementsprechend vorrangig Quellen in dieser Sprache bei der Erstellung der Antworten zugrunde legen.

„Wenn wir unser Wertesystem in einer KI abgebildet haben wollen, dann brauchen wir eine KI, die auch mit unseren deutschen beziehungsweise europäischen Datengrundlagen trainiert wird. ChatGPT ist das nicht."

Die Befragten unterstützen deshalb die **europäische LEAM-Initiative** (Large European AI Models) und empfehlen, über die bestehenden deutschen und europäischen Projekte hinausgehend, einen **Aufbau von Infrastruktur und Sprachmodellen** auf ihrer Basis.

KI-basierte Informationsextraktionsverfahren

Aufgrund der heterogenen Register in unterschiedlichen staatlichen Behörden ist ein Großteil der vorhandenen Daten aktuell noch unstrukturiert. Durch den Einsatz von KI können **aus unstrukturierten Daten gezielt Informationen gezogen und aufbereitet** werden. Bei vielen Interaktionen zwischen Behörden und Bürgerinnen und Bürgern liegt aktuell die Verpflichtung bei letzteren, Daten zu erbringen, die unterschiedlichen staatlichen Stellen bereits vorliegen. Beispiele hierfür sind zum Beispiel die Lohnsteuererklärungen oder auch jüngst die Erhebung der Informationen zur Grundsteuer.

Expertinnen und Experten regen an, dass Künstliche Intelligenzen in der öffentlichen Verwaltung die dem Staat vorliegenden Daten nutzerfreundlich aufbereiten sollten, um dann dem Bürger beziehungsweise der Bürgerin bereits **vorausgefüllte Formulare**, beispielsweise die jährliche Lohnsteuererklärung, zuzusenden, die diese oder dieser bei Bedarf nur noch punktuell anpassen müsste. Dieses Verfahren würde die durchschnittliche Bearbeitungszeit für das Ausfüllen einer Lohnsteuererklärung für Bürgerinnen und Bürger im Schnitt deutlich senken.

„Die Daten liegen dem Staat oftmals schon vor, sie müssen nur verwendet werden."

Eine weitere denkbare Anwendung ist das **Screening von Anträgen** im Bereich von **Massengenehmigungsverfahren**, aktuell etwa für Windkraft- oder Solaranlagen. KI könnten hierbei schnell einordnen, welche Anträge einer genaueren Befassung bedürfen und welche eher unproblematisch sind – und damit eventuell schneller beschieden werden können. So könnte das Genehmigungsverfahren gerade für viele unkritische Vorhaben deutlich vereinfacht und beschleunigt werden.

Eine ähnliche **Beschleunigung beziehungsweise Vereinfachung durch KI-gestützte Datenauswertung und -prüfung** könnte darüber hinaus etwa in der **Visabeantragung** bewirkt werden. Zudem könnte KI beispielsweise einen Beitrag zu einem optimierten **Jobmatching** im Rahmen der Arbeitsvermittlung leisten. Auch in der **Rechtsförmlichkeitsprüfung** neuer (Bundes-)Gesetze wäre eine Unterstützung durch KI denkbar.

235 | Vgl. Heidelberg.de 2023.
236 | Vgl. KI Bundesverband e. V. 2023a.

Optimierung der Beschaffungsprozesse durch KI-basierte Anbieteridentifikation

Im Rahmen von öffentlichen Beschaffungsprozessen erfolgen zentrale Schritte bisher in vielen Fällen noch manuell. Insbesondere bei der **Identifikation passender Anbieter** über offline und online Datenquellen kommt es häufig dazu, dass nicht alle passenden Anbieter identifiziert und eingebunden werden, was etwa **erhöhte Beschaffungspreise** und **Engpässe in der Bereitstellung** zur Folge haben kann. Der Einsatz einer **KI-basierten Technologie zur weltweiten Anbieteridentifikation** könnte sowohl die Anbietersuche und den Anbietervergleich beschleunigen und vereinfachen als auch zur **Kosteneffizienz und Transparenz** beitragen.

2. KI für Anomaliedetektion

KI-basierte Lösungen eignen sich ideal, um **Anomalien**, also Auffälligkeiten beziehungsweise Unregelmäßigkeiten im System, **frühzeitig zu entdecken** und – wo möglich – **schnelle** KI-basierte oder (teil-)automatisiert/regelbasierte **Reaktionen** für ein zielgerichtetes Eingreifen einzuleiten. Zu den möglichen Einsatzgebieten zählen zum Beispiel der Verkehr, die Energieversorgung oder auch die kritische Infrastruktur. Einige denkbare Anwendungsfälle sind:

- **Stromnetze:** KI-basierte Algorithmen können Anomalien im Stromnetz erkennen und automatisiert in Sekundenbruchteilen und damit quasi in Echtzeit auf diese reagieren, sodass größere Versorgungsausfälle (zum Beispiel Blackouts) vermieden werden können.[237]
- **ÖPNV und Fernverkehr:** KI-gestützte Anwendungen können zu einer verbesserten Sicherheit der Fahrgäste und des Personals beitragen. So könnten zum Beispiel automatische Bremsvorgänge eingeleitet werden, wenn Hindernisse auf der Fahrstrecke durch KI erkannt werden (siehe auch KI-gestützte Lösungen für den ÖPNV).
- **Cybersicherheit:** KI kann einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, frühzeitig Cyberangriffe zu erkennen und entsprechende (teil-)automatisierte Reaktionen einzuleiten.[238, 239]
- **Finanzaufsicht:** Künstliche Intelligenzen können schneller und präziser als Menschen Unregelmäßigkeiten feststellen und dadurch einen wesentlichen Beitrag zur Aufdeckung von Finanzfälschungen leisten.

3. Anwendungen im Gesundheitswesen

Im **Gesundheitsbereich** gibt es viele denkbare Anwendungsmöglichkeiten von KI, die einen Beitrag dazu leisten können, dass der Staat seiner Daseinsvorsorge noch besser Rechnung trägt. So kann durch den Einsatz von KI zum Beispiel ein **besseres Verständnis von Erkrankungen und epidemischen Verläufen** erreicht werden. Zudem kann sie zur **schnelleren Entwicklung von Medikamenten und zielgerichteteren Therapien beziehungsweise verfeinerter Diagnostik** (vor allem bildgestützte Diagnostik) beitragen.[240, 241]

KI-Systeme können darüber hinaus **organisatorische und administrative Abläufe in Kliniken** effektiver und effizienter machen. Eine **Entlastung des medizinischen Personals** durch KI etwa im Bereich der bisher arbeitszeitintensiven Dokumentation könnte damit unter anderem einen wertvollen Beitrag zur Abschwächung des Fachkräftemangels in Kliniken leisten.

Die Befragten sehen ein Erfordernis vor allem darin, dass der **Staat die digitale Verfügbarkeit der notwendigen Gesundheitsdaten in guter Qualität gewährleistet**. Auch die Nutzung der teils sehr sensiblen Daten im Gesundheitswesen sollte klar durch den Staat geregelt werden. Unter Einhaltung der datenschutzrechtlichen Vorgaben sollte eine bestmögliche Verfügbarkeit von Gesundheitsdaten – wo nötig in anonymisierter Form – noch stärker durch den Staat vorangetrieben werden, insbesondere durch die rasche Entwicklung und Umsetzung einer Gesamtstrategie wie der im Koalitionsvertrag angekündigten Digitalisierungsstrategie für das Gesundheitssystem.[242, 243]

Ein großes Problem besteht weiterhin darin, dass viele relevante Gesundheitsdaten aktuell nur in analoger Form vorliegen beziehungsweise wenn sie digital vorliegen in Datensilos stecken und somit nur sehr eingeschränkt nutzbar sind. Vor der Beschaffung von KI-Anwendungen sollte deshalb im Einzelfall kritisch **geprüft werden**, ob für die jeweilige Anwendung

237 | Vgl. PLS 2022.
238 | Vgl. acatech 2022.
239 | Vgl. Barenkamp 2023.
240 | Vgl. Deloitte/AOK Plus 2022.
241 | Vgl. PLS 2022.
242 | Vgl. EFI 2022.
243 | Vgl. acatech 2024.

ausreichend qualitativ verwertbare Datensätze in digitaler Form zur Verfügung stehen.

Um für KI-Anwendungen erforderliche hochqualitative Daten im klinischen Bereich nutzbar zu machen, wird im Rahmen der BMBF-geförderten Medizininformatik-Initiative (MII) bereits eine Dateninfrastruktur zwischen allen Universitätskliniken aufgebaut. Die befragten Expertinnen und Experten begrüßen diese und weitere Initiativen, sehen den größten **Hebel zur Nutzbarmachung von Daten** im Gesundheitswesen jedoch in der **Zustimmung der Patientinnen und Patienten** zur Nutzung ihrer Daten. Hierzu bedarf es der **dringenden Klärung regulatorischer Fragen**, um zum Beispiel **digitale Souveränität** im **selbstbestimmten Umgang** mit den eigenen (Gesundheits-)Daten zu ermöglichen.

> „Viele Menschen sind bereit, für spezielle Zwecke ihre Gesundheitsdaten zur Verfügung zu stellen, wenn sie auch Vertrauen haben, dass sie nur für diesen Zweck genutzt werden."

Denn Bürgerinnen und Bürger sind nach Einschätzung der Befragten gewillt, unter klaren Rahmenbedingungen ihre Gesundheitsdaten zur Verfügung zu stellen, da sie etwa einen Mehrwert für ihre eigene Therapie erkennen können. Die Expertinnen und Experten sind zudem der Überzeugung, dass die **frühzeitige Schaffung von Transparenz** zu Vor- und Nachteilen (inklusive möglicher Risiken) von KI-Anwendungen im Gesundheitsweisen einen wertvollen **Beitrag zur Akzeptanz** dieser Anwendungen leisten kann.

Ein **Spannungsfeld** erwarten sie in der Frage, ob das Gros der **Gesundheitsdaten unentgeltlich** für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt werden kann, oder ob die Verfügbarmachung von Daten vorrangig im Rahmen von **Geschäftsmodellen** erfolgen wird.[244]

4. KI-gestützte Lösungen für den ÖPNV

Der Einsatz von KI-basierten autonomen Fahrzeugen im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) bietet unterschiedliche Vorteile für die Fahrgäste sowie die Anbieter: Da so der Betrieb von ÖPNV-Fahrzeugen ohne Fahrerinnen und Fahrer möglich ist, werden **prinzipiell flexiblere Transportzeiten** – zum Beispiel auch nachts oder „on demand" – denkbar. Dies könnte vor allem im ländlichen Raum Lücken im ÖPNV-Bedarf abdecken.[245] Auch in Anbetracht des zu **erwartenden Fachkräftemangels** bei Fahrerinnen und Fahrern könnte durch autonom fahrende Fahrzeuge langfristig die **Beförderung** von Fahrgästen **sichergestellt** werden.

Je nach **Fahrzeugtyp** ist der Reifegrad unterschiedlich weit ausgeprägt: Bereits seit etlichen Jahren gibt es in Deutschland autonom fahrende U-Bahnen. Autonom fahrende Straßenbahnen oder Busse werden derzeit jedoch erst in Pilotprojekten getestet, weil die Anforderungen an die Fahrzeuge deutlich komplexer sind.

Als Vorstufe können KI-gestützte Systeme Fahrerinnen und Fahrer im ÖPNV unterstützen. Durch kameragestützte KI können etwa die **Strecke auf Gefahren geprüft** werden (siehe auch Anomaliedetektion) oder Signale frühzeitig korrekt erkannt werden.[246] Werden zum Beispiel heruntergestürzte Äste oder Tiere auf der Strecke oder auch Fahrradfahrende im toten Winkel entdeckt, können automatische Sicherheitsbremsungen eingeleitet sowie bei Bedarf weitere Fahrzeuge auf der Strecke gewarnt werden.[247] Dies trägt zur **Verbesserung der Sicherheit der Fahrgäste und des Personals** bei.

Darüber hinaus kann KI auch zur **Optimierung** des Einsatzes von Fahrzeugen im Rahmen eines flexiblen Fahrplans verwendet und so die **Taktung der Fahrzeuge** und damit die Beförderungskapazität optimiert werden.[248]

244 | Vgl. PLS 2022.
245 | Vgl. NPM 2021.
246 | Vgl. Siemens 2023.
247 | Vgl. Luminator Technology Group 2023.
248 | Vgl. Accenture 2023a.

5. KI-basierte Frühwarnsysteme

Frühwarnsysteme auf Basis von Erdbeobachtungsdaten mit Simulationsmodellen, wie etwa das German-Indonesian Tsunami Early Warning System tragen seit etlichen Jahren zur **Sicherheit von Menschen** rund um den Globus bei.[249] Durch den Einsatz von KI können die Qualität und die Funktionalität dieser Systeme deutlich verbessert werden.

Forscherinnen und Forscher der Max-Planck-Gesellschaft und der ELLIS Unit in Jena und Tübingen regen an, die Entwicklung eines KI-basiertes **Frühwarnsystem** zu beauftragen, das Extremumweltereignisse frühzeitig erkennen und **Maßnahmen zur Risikominderung auf lokaler Ebene vorschlagen** kann. Die Basis bildet ein auf Erdbeobachtungsdaten basierender intelligenter digitaler Zwilling des Erdsystems, der kausale Zusammenhänge darstellen kann. Zudem soll das Modell so ausgestaltet werden, dass es auch die Auswirkungen von Eingriffen sowie Wechselwirkungen mit anderen Systemen einberechnen kann.[250]

Es gibt bereits erste Ansätze für KI-basierte Frühwarnsysteme, wie das Datentool PREVIEW. Dieses analysiert für das **Auswärtige Amt** öffentlich verfügbare Daten zu Konflikten und Gewalt sowie zur politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lage in bestimmten Ländern und untersucht diese auf **Indizien für krisenhafte Entwicklungen**.[251] Basierend auf den bereits gemachten Erfahrungen mit diesen Systemen sollte die Entwicklung von Frühwarnsystemen vorangetrieben werden.

6. Sicherheitstechnik

Ob bei der Überwachung von Grenzen, dem Einsatz von Drohnen oder auch der **systematischen Auswertung gesammelter Daten** bietet KI ein Potenzial für qualitative Verbesserungen gegenüber aktuellen Systemen, das etwa im Rahmen des Sondervermögens für die Bundeswehr gehoben werden könnte.

Einige befragte Expertinnen und Experten weisen darauf hin, dass der Einsatz von Künstlicher Intelligenz zu solchen Zwecken im **Ausland bereits deutlich etablierter** sei und Deutschland nicht ins Hintertreffen geraten dürfe, da dies ein Risiko für die innere Sicherheit darstellen könne. KI-Anwendungen in diesem Bereich der sicherheitskritischen Infrastruktur erforderten dabei neben **KI-Kompetenz** auch **sichere Computerhardware und Technikkomponenten**, um **strategische Souveränität** zu gewährleisten und Abhängigkeiten zu vermeiden.

7. KI-gestützte Auswertung von Gebäudedaten

Der Energieverbrauch kann durch KI-gesteuerte Raumklimasysteme um bis zu dreißig Prozent gesenkt werden. So können bei gleichbleibender Qualität des Raumklimas für die im Gebäude befindlichen Personen **Energiekosten eingespart** werden.[252]

Gebäude der öffentlichen Verwaltung könnten durch das Erfassen und Auswerten von Gebäudedaten und der anschließenden Optimierung von Einstellungen einen **Beitrag zur Dekarbonisierung und Erreichung der Klimaziele** leisten, indem **Raumklimasysteme intelligent gesteuert** werden. Durch den Einsatz von KI können so Wetterdaten mit Belegungsdaten, Nutzungszeiten sowie individuellen Temperaturpräferenzen etc. abgeglichen werden, um dadurch die Temperaturregulierung der Gebäude zu optimieren.[253]

249 | Vgl. GFZ Potsdam 2012.
250 | Vgl. Reichstein et al. 2023.
251 | Vgl. AA 2020.
252 | Vgl. Siemens 2023.
253 | Vgl. wilo 2023.

Literatur

AA 2021
Auswärtiges Amt: *Digitalisierung im Auswärtigen Amt. Unsere Strategie bis 2027*, 2021.

acatech 2020
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *European Public Sphere. Gestaltung der digitalen Souveränität Europas* (acatech IMPULS), München 2020.

acatech 2021
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Digitale Souveränität. Status quo und Handlungsfelder* (acatech IMPULS), München 2021.

acatech 2022
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Cybersicherheit. Status quo und zukünftige Herausforderungen* (acatech IMPULS), München 2022.

acatech 2023a
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Innovationspotenziale KI-basierter Robotik* (acatech IMPULS), München 2023.

acatech 2023b
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Lernende Regulatorik als Innovationstreiber. Anregungen zur Ausgestaltung des Reallabore-Gesetztes*, München 2023.

acatech 2024
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *„Lost in Translation?". Ansätze zur Entfesselung gesellschaftlicher und ökonomischer Potenziale der Biotechnologie* (acatech IMPULS), München 2024.

Accenture 2023a
Accenture: *Beispiele für ambitionierte quantifizierbare Visionen, die Transformation mit KI zur Folge haben*, 2023.

Accenture 2023b
Accenture: *Innovate or Fade. European businesses need to address the technology deficit to turn the tide*, 2023. URL: https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/accenture-com/document-2/Innovate-Or-Fade-Infographic-FINAL-2.pdf [Stand: 08.08.2023].

Allen 2019
Allen, G. C.: *Understanding China's AI Strategy. Clues to Chinese Strategic Thinking on Artificial Intelligence and National Security*, 2019.

Amazon Web Services, Inc. 2023
Amazon Web Services, Inc.: *GPU versus CPU - Unterschied zwischen Verarbeitungseinheiten, 2023.* URL: https://aws.amazon.com/de/compare/the-difference-between-gpus-cpus/ [Stand: 10.11.2023].

Bailey 2021
Bailey, B.: *Software-Hardware Co-Design Becomes Real,* 2021. URL: https://semiengineering.com/software-hardware-co-design-becomes-real/ [Stand: 30.11.2023].

BAMF 2020
Bundesamt für Migration und Flüchtlinge: *Anwerbung und Förderung von außereuropäischen Startups auf Bundes- und Landesebene*, 2020.

Barenkamp 2023
Barenkamp, M.: „KI-basierte Anomalieerkennung als Abwehrmechanismus bei Cyberangriffen". In: *Wirtschaftsinformatik & Management*, 2023.

Barton/Pöppelbuß 2022
Barton, M.-C./Pöppelbuß, J.: „Prinzipien für die ethische Nutzung künstlicher Intelligenz". In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik,* 59: 2, 2022, S. 468–481.

BDLI 2021
Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e. V.: *Das Future Combat Air System*, 2021.

Beirat für Forschungsmigration 2023
Beirat für Forschungsmigration: *Diskussionspapier des Beirats für Forschungsmigration 01/2023. Anwerbung und Förderung von Start-up-Gründungen durch Drittstaatsangehörige in Deutschland*, 2023.

Bertelsmann Stiftung 2022
Bertelsmann Stiftung: *Was Deutschland über Algorithmen und Künstliche Intelligenz weiß und denkt. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage: Update 2022*, 2022.

Bertelsmann Stiftung 2023
Bertelsmann Stiftung: *Deutschland im internationalen Wettbewerb um Talente. Eine durchwachsene Bilanz*, 2023.

Bertuzzi 2023a
Bertuzzi, L.: „KI-Experte: EU vernachlässigt Investitionen, priorisiert Regularien". In: *EURACTIV*, 08.11.2023.

Bertuzzi 2023b
Bertuzzi, L.: „EU's AI Act Negotiations Hit the Brakes Over Foundation Models". In: *EURACTIV*, 10.11.2023.

Bertuzzi 2023c
Bertuzzi, L.: „AI Act: EU policymakers Nail Down Rules on AI Models, Butt Heads on Law Enforcement". In: *EURACTIV*, *07.12.2023.*

Bitkom e. V. 2022a
Bitkom e. V.: *Deutschland zum führenden Standort für Rechenzentren in Europa machen. Position zur Legislaturperiode 2021-2025*, 2022.

Bitkom e. V. 2022b
Bitkom e. V.: *Rechenzentren in Deutschland. Aktuelle Marktentwicklungen*, 2022.

Bitkom e. V. 2023
Bitkom e. V.: *Deutsche Wirtschaft drückt bei Künstlicher Intelligenz aufs Tempo*, 2023. URL: https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-Wirtschaft-drueckt-bei-Kuenstlicher-Intelligenz-aufs-Tempo [Stand: 06.11.2023].

BMBF 2021
Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Hoch- und Höchstleistungsrechnen*, 2021. URL: https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/supercomputing/supercomputing_node.html [Stand: 31.07.2023].

BMBF 2023a
Bundesministerium für Bildung und Forschung: *BMBF-Aktionsplan Künstliche Intelligenz. Neue Herausforderungen chancenorientiert angehen*, 2023.

BMBF 2023b
Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Zukunftsstrategie Forschung und Innovation*, *2023*.

BMBF 2023c
Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Förderung von vier KI-Servicezentren gestartet*, *2023.* URL: https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/11/foerderung-von-4-ki-zentren-gestartet.html [Stand: 06.11.2023].

BMBF 2023d
Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Stark-Watzinger: „KI-Standort Deutschland wird noch attraktiver"*, 2023. URL: https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/06/50-millionen-foerderung-fuer-ki-kompetenzzentren.html [Stand: 06.11.2023].

BMI 2023
Bundesministerium des Innern und für Heimat: *Entwurf eines Gesetzes zur Weiterentwicklung der Fachkräfteeinwanderung*, 2023.

BMVI 2017
Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur: *Bericht der Ethik-Kommission. Automatisiertes und vernetztes Fahren*, 2017.

BMWi 2021
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *Herausforderungen beim Einsatz von Künstlicher Intelligenz. Ergebnisse einer Befragung von jungen und mittelständischen Unternehmen in Deutschland*, 2021.

BMWK 2021
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: *IPCEI on Next Generation Cloud Infrastructure and Services. 12 EU Member States Join Forces to Create a Common Cloud and Edge Infrastructure and its Associated Smart Services for the Future,* 2021. URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Artikel/Industry/ipcei-cis.html [Stand: 11.09.2023].

BMWK 2023a
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: *Das Ökosystem für KI-Startups in Deutschland. Vermarktung, Finanzierung, Fachkräfte und Vernetzung in Unternehmensgründungen im Bereich Künstliche Intelligenz*, 2023.

BMWK 2023b
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: *IPCEI im Bereich Mikroelektronik und European Chips Act. Europäische Maßnahmen zur Stärkung des Mikroelektronik-Standorts Deutschland und Europa*, 2023.

Bomke 2023
Bomke, L.: „Neue KI-Initiative der EU: Warum von der Leyens Supercomputer kaum helfen". In: *Handelsblatt*, 15.09.2023.

Book/Demling 2023
Book, S./Demling, A.: „Abwanderung von KI-Experten ins Ausland", Deutschlands Intelligenzverlust". In: *Spiegel+*, 03.09.2023.

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit 2022
Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit: *Wirtschaftlichkeit der Abwärmenutzung aus Rechenzentren in Deutschland. Hintergrundpapier*, *2022*.

Bradford 2020
Bradford, A.: *The Brussels Effect: How the European Union Rules the World*, New York: Oxford University Press 2020.

Bundesverband Deutsche Startups e. V. 2021
Bundesverband Deutsche Startups e. V.: *Startups und Künstliche Intelligenz. Innovation trifft Verantwortung*, 2021.

Bundesverband Deutsche Startups e. V. et al. 2023
Bundesverband Deutsche Startups e. V./PwC Deutschland/netSTART: *Deutscher Startup Monitor 2023. Eine neue Zeit*, 2023.

Centre for the Governance of AI 2022
Centre for the Governance of AI: *The Brussels Effect and Artifical Intelligence. How EU Regulation Will Impact the Global AI Market*, 2022.

connect professional 2022
connect professional: *Cloud treibt Rechenzentrumswachstum: Hohe Strompreise sind einer der größten Standortnachteile*, 2022. URL: https://www.connect-professional.de/datacenter-verkabelung/hohe-strompreise-sind-einer-der-groessten-standortnachteile.193763.html [Stand: 22.11.2023].

Cornell Tech 2020
Cornell Tech: *Runway Startup Postdocs*, 2020. URL: https://tech.cornell.edu/programs/phd/startup-postdocs/ [Stand: 03.11.2023].

Deloitte 2020
Deloitte: *Talent and Workforce Effects in the Age of AI. Insights from Deloitte's State of AI in the Enterprise, 2nd edition survey*, 2020.

Deloitte/AOK Plus 2022
Deloitte/AOK Plus: *Künstliche Intelligenz im Gesundheitssektor. Chane für echte Mehrwerte*, Düsseldorf, 2022.

Der Spiegel 2023a
Der Spiegel: *Künstliche Intelligenz: So stark hängen die USA Europa bei KI-Investments ab*, 2023. URL: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/kuenstliche-intelligenz-usa-haengen-europa-bei-investitionen-in-ki-start-ups-ab-a-70cdf844-142d-421a-8946-7835419b6bef [Stand: 12.07.2023].

Der Spiegel 2023b
Der Spiegel: *Umstrittene Datenanalysefirma: US-Außenministerium vergibt Großauftrag an Palantir*, 2023. URL: https://www.spiegel.de/netzwelt/web/palantir-us-aussenministerium-vergibt-grossauftrag-an-datenanalysefirma-a-48f652d1-849b-4614-8ae2-f5b5857bba39 [Stand: 02.11.2023].

Deutsche Bundesregierung 2018
Deutsche Bundesregierung: *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung*, 2018.

Deutscher Bundestag 2023
Deutscher Bundestag: *Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Anke Domscheit-Berg, Dr. Petra Sitte, Nicole Gohlke, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. Einsatz Künstlicher Intelligenz im Geschäftsbereich der Bundesregierung*, 2023.

Deutscher Ethikrat 2023
Deutscher Ethikrat: *Mensch und Maschine – Herausforderungen durch Künstliche Intelligenz*, Stellungnahme, 2023.

Deutschlandfunk 2022
Deutschlandfunk: *Energiebedarf der Digitalisierung- Droht der Stromkollaps durchs Internet?*, 2022. URL: https://www.deutschlandfunk.de/stromverbrauch-digitalisierung-internet-bitcoin-rechenzentren-abwaerme-100.html [Stand: 30.11.2023].

Direction générale du Trésor, France 2023
Direction générale du Trésor, France: *Financing the Fourth Industrial Revolution. The Tibi Initiative*, 2023. URL: https://www.tresor.economie.gouv.fr/banque-assurance-finance/financing-the-fourth-industrial-revolution [Stand: 11.12.2023].

EFI 2022
Expertenkommission Forschung und Innovation: *Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022*, 2022.

ELLIS Society 2023
ELLIS Society: *AI Foundation Models: A Roadmap for Europe*, 2023. URL: https://ellis.eu/news/ai-foundation-models-a-roadmap-for-europe [Stand: 06.12.2023].

Engler et al. 2021
Engler, A./Renda, A./Kerry, C. F./Meltzer, J. P./Fanni, R.: *Strengthening International Cooperation on AI*, 2021.

Engler 2022
Engler, A.: *The EU AI Act Will Have Global Impact, but a Limited Brussels Effect,* 2022.

EU-KOM 2019
Europäische Kommission: *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Schaffung von Vertrauen in eine auf den Menschen ausgerichtete künstliche Intelligenz*, 2019.

EU-KOM 2021
Europäische Kommission: *Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für Künstliche Intelligenz (Gesetz über Künstliche Intelligenz) und zur Änderung bestimmter Rechtsakte der Union*, 2021.

EuroHPC JU 2021
EuroHPC Joint Undertaking: *Decision of the Governing Board of the EuroHPC Joint Undertaking No 25/2021. Amendment of the Access Policy to the Union´s Share on the Access Time to the Pre-exascale and Petascale Supercomputers*, 2021.

EuroHPC JU 2023a
EuroHPC Joint Undertaking: *Decision of the Governing Board of the EuroHPC Joint Undertaking No 03/2023. Amending the Joint Undertaking's Work Programme and Budget for the Year 2023*, 2023.

EuroHPC JU 2023b
EuroHPC Joint Undertaking: *The European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU)*, 2023. URL: https://eurohpc-ju.europa.eu/about/discover-eurohpc-ju_en [Stand 12.12.2023].

Europäische Investitionsbank 2023
Europäische Investitionsbank: *Frankreich: SiPearl – Erstes Closing der Series A für energieeffizienten HPC-Mikroprozessor Rhea bei 90 Millionen Euro, 2023.* URL: https://www.eib.org/de/press/all/2023-171-sipearl-1er-closing-de-la-serie-a-avec-90-meur-de-financements-pour-lancer-rhea-le-microprocesseur-basse-consommation-dedie-au-hpc1 [Stand: 11.12.2023].

Europäisches Migrationsnetzwerk 2019
Europäisches Migrationsnetzwerk: *Einreiseverfahren für Startups und innovative Unternehmen in der EU*, 2019.

EY 2023
Ernest & Young GmbH: *Künstliche Intelligenz am Arbeitsplatz*, 2023.

Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum 2017
Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum: *Autonome Systeme - Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft*, 2017.

Fedral Budget IQ 2023
Fedral Budget IQ: *R&D in IT and Artificial Intelligence: Resources and Focus Areas*, 2023. URL: https://federalbudgetiq.com/insights/rd-in-it-and-artificial-intelligence-resources-and-focus-areas/ [Stand: 22.04.2024].

Fipeco 2023
Fipeco: *Les dépenses publiques en faveur de la recherche*, 2023. URL: https://www.fipeco.fr/fiche/Les-d%C3%A9penses-publiques-en-faveur-de-la-recherche [Stand: 30.11.2023].

Fokuhl et al. 2023
Fokuhl, J./Holzki, L./Klöckner, J./Volkery, C.: „„AI Act": Nach 22 Stunden vertagen sich die erschöpften Verhandler". In: *Handelsblatt*, 07.12.2023.

Forschungszentrum Jülich GmbH 2023
Forschungszentrum Jülich GmbH: *Jülich Supercomputing Centre (JSC)*, 2023. URL: https://www.fz-juelich.de/de/ias/jsc [Stand: 03.11.2023].

Fraunhofer IAIS 2023a
Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme: *Foundation Models im Unternehmenseinsatz*, 2023. URL: https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/big-data-analytics-and-intelligence/innovation-briefing-foundation-models.html [Stand: 25.10.2023].

Fraunhofer IAIS 2023b
Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme: *Analyse von Geschäftsdokumenten und Prozessen mit KI*, 2023. URL: https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/cognitive-business-optimization/analyse-geschaeftsdokumente-prozesse-mit-ki.html [Stand: 03.11.2023].

Fraunhofer IAO 2021
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation: *Menschzentrierte KI-Anwendungen in der Produktion. Praxiserfahrungen und Leitfaden zu betrieblichen Einführungsstrategien*, 2021.

Freitag et al. 2021
Freitag, C./Berners-Lee, M./Widdicks, K./Knowles, B./Blair, G. S./Friday, A.: „The Real Climate and Transformative Impact of ICT: A Critique of Estimates, Trends, and Regulations". In: *Patterns*, 2021: 2, 2021.

G7 Hiroshima Summit 2023
G7 Hiroshima Summit: *Hiroshima Process International Code of Conduct for Orgnizations Developing Advanced AI Systems*, 2023.

Gal/Aviv 2020
Gal, M. S./Aviv, O.: „The Competitive Effects of the GDPR". In: *Journal of Competition Law & Economics*, 16: 3, 2020, S. 349–391.

Gauß-Allianz 2023
Gauß-Allianz: *Gauss Centre for Supercomputing (GCS) e.V. - HPC in Deutschland*, 2023. URL: https://gauss-allianz.de/de/profile/Gauss%20Centre%20for%20Supercomputing%28GCS%29 [Stand: 03.11.2023].

GFZ Potsdam 2012
GeoForschungsZentrum Potsdam: *Tsunami Early Warning and Mitigation*, 2012. URL: https://www.gfz-potsdam.de/presse/infothek/mediathek/bilder/tsunami [Stand: 07.03.2023].

Goldman Sachs 2023
Goldman Sachs: *The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth*, 2023.

Greis 2021
Greis, Y.: „MeluXina offiziell eingeweiht". In: *Tageblatt*, 08.06.2021.

Hans Böckler Stiftung 2023
Hans Böckler Stiftung: *Künstliche Intelligenz, Large Language Models, ChatGPT und die Arbeitswelt der Zukunft. Working Paper Forschungsförderung*, 2023.

Heidelberg.de 2023
Heidelberg.de: *KI-Bürgerassistenz Lumi*, 2023. URL: https://www.heidelberg.de/Digitale-Stadt/startseite/projekte/ki-buergerassistenz+lumi.html [Stand: 11.12.2023].

heise online 2023
heise online: *Förderprogramm „vernichtet": Bundesregierung will bei Quantencomputern sparen*, 2023. URL: https://www.heise.de/news/Foerderprogramm-vernichtet-Bundesregierung-will-bei-Quantencomputern-sparen-9221375.html [Stand: 11.12.2023].

Henning 2023
Henning, M.: „Von der Leyen kündigt Supercomputer-Initiative an". In: *Tagesspiegel Background Digitalisierung & KI*, 14.09.2023.

HIDA 2023
Helmholtz Information & Data Science Academy: *Unsere Schools – Helmholtz Information & Data Science Academy*, 2023. URL: https://www.helmholtz-hida.de/schulen/unsere-schools/ [Stand: 28.11.2023].

Hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intelligenz 2018
Hochrangige Expertengruppe für Künstliche Intelligenz: *Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI*, 2018.

Hutchinson 2023
Hutchinson, P.: „KI „made in Germany": Kluft zwischen Anspruch und Realität". In: *Tagesspiegel Background*, 11.08.2023.

I.M.U. 2022
Institut für Mitbestimmung und Unternehmensführung: *KI verstehen, bewerten und begrenzen. Portrait über den Einsatz von Systemen der künstlichen Intelligenz bei der IBM Central Holding GmbH*, 2022.

Intel 2023
Intel: *Was sind Rechenzentrum GPUs und warum werden sie verwendet? – Intel*, 2023. URL: https://www.intel.de/content/www/de/de/products/docs/discrete-gpus/data-center-gpu/what-is-data-center-gpu.html [Stand: 03.11.2023].

ITZBund 2022
Informationstechnikzentrum Bund: *Selbstlernende KI (Künstliche Intelligenz)-Methoden in der Verwaltung. KI auch in der Bundesverwaltung gefragt*, 2022. URL: https://www.itzbund.de/DE/digitalemission/trendstechnologien/kuenstlicheintelligenz/kuenstlicheintelligenz.html [Stand: 28.02.2023].

IW 2021
Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.: *Wie KMU Künstliche Intelligenz nutzen. IW-Kurzbericht 81/2021*, Köln 2021.

IW 2023a
Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.: *KI und der Arbeitsmarkt: Eine Analyse der Beschäftigungseffekte. Ein Überblick über aktuelle empirische Befunde*, 2023.

IW 2023b
Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.: *Wechseln von Digitalisierung betroffene Beschäftigte häufiger den Betrieb oder in Arbeitslosigkeit? IW-Trends*, 2023.

IW Consult 2023
IW Consult: *Der digitale Faktor – Wie Deutschland von intelligenten Technologien profitiert. Gutachten im Auftrag von Google Germany*, 2023.

KfW Research 2021
KfW Research: *Europäischer CO_2-Grenzausgleich – Handelsbarriere oder Chance für den globalen Klimaschutz?*, 2021.

KfW Research 2023a
KfW Research: *German Venture Capital Barometer Q1 2023. VC-Geschäftsklima bleibt leicht verbessert auf sehr niedrigem Niveau*, 2023.

KfW Research 2023b
KfW Research: *German Venture Capital Barometer Q2 2023. VC-Geschäftsklima steigt erneut an, großer Optimismus birgt Rückschlagpotenzial*, 2023.

Khalaf 2023
Khalaf, R.: „Funding for European Technology Companies Plunges by Nearly Half". In: *Financial Times*, 28.11.2023.

Khan/Casello 2023
Khan, M. S./Casello, J.: „Why Postdocs Need Entrepreneurship Training". In: *Nature*, 2023.

Kharpal 2023
Kharpal, A.: *France Makes High-Profile Push to be the A.I. Hub of Europe Setting Up Challenge to U.S., China*, 2023. URL: https://www.cnbc.com/2023/06/19/france-makes-push-to-be-europes-ai-hub-setting-up-us-challenge-.html [Stand: 11.12.2023].

KI Bundesverband e. V. 2021
KI Bundesverband e. V.: *Vorschlag des KI Bundesverbandes zur Einführung eines ‚KI-Vouchers'*, 2021.

KI Bundesverband e. V. 2023a
KI Bundesverband e. V.: *Große KI-Modelle für Deutschland. Machbarkeitsstudie 2023*, 2023.

KI Bundesverband e. V. 2023b
KI Bundesverband e. V.: *KI-Startups und Wissenschaft*, 2023.

KIOX 2015
Korea Industrial Complex Corporation: *Industrial Complex Clusters in Korea: Achievements and Challenges*, 2015.

Klein 2020
Klein, T.: „Luxemburger Supercomputer: Motor der digitalen Wirtschaft". In: *Luxemburger Wort*, 29.09.2020.

Konrad Adenauer Stiftung 2023
Konrad Adenauer Stiftung: *Visa für Visionäre. Startup-Visa als Instrument von Wirtschafts-, Innovations- und Einwanderungspolitik*, 2023.

Lakestar et al. 2023
Lakestar/Walden Catalyst/Dealroom: *The 2023 European Deep Tech Report*, 2023.

Lampon et al. 2023
Lampon, S./Taylor, J./Woollett, G./Renken, S.: *Nature Postdocs Survey 2023*, 2023.

Le Sénat 2020
Le Sénat: *2040, l'odyssée du SCAF. Le système de combat aérien du futur*, 2020. URL: https://www.senat.fr/rap/r19-642-3/r19-642-3_mono.html [Stand: 30.11.2023].

Lomas 2023
Lomas, N.: „Google to Work with Europe on Stop-Gap 'AI Pact'". In: *TechCrunch*, 24.05.2023.

LRZ 2023
Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften: *Energie und Wärme made by LRZ*, 2023. URL: https://www.lrz.de/presse/ereignisse/2023-05-15-Stromsparen/ [Stand: 22.11.2023].

Luccioni et al. 2022
Luccioni, A. S./Viguier, S./Ligozat, A.-L.: *Estimating the Carbon Footprint of BLOOM, a 176B Parameter Language Model*, 2022.

Luitse/Denkena 2021
Luitse, D./Denkena, W.: „The Great Transformer: Examining the Role of Large Language Models in the Political Economy of AI". In: *Big Data & Society*, 8: 2, 2021, 205395172110477.

Luminator Technology Group 2023
Luminator Technology Group: *Künstliche Intelligenz im Personennahverkehr*, 2023. URL: https://luminator.com/de/unternehmen/news/k%C3%BCnstliche-intelligenz-im-personennahverkehr.html [Stand: 07.02.2023].

Maslej et al. 2023
Maslej, N./Fattorini, L./Brynjolfsson, E./Etchemendy, J./Ligett, K. et al.: *The AI Index 2023 Annual Report*, 2023.

McKinsey & Company 2023a
McKinsey & Company: *Generative KI: Potenzial zur Lösung des Fachkräftemangels in Deutschland*, 2023. URL: https://www.mckinsey.de/news/presse/wie-genai-die-arbeitswelt-in-deutschland-veraendert [Stand: 27.11.2023].

McKinsey & Company 2023b
McKinsey & Company: *The Economic Potential of Generative AI. The next productivity frontier*, 2023.

McKinsey & Company 2023c
McKinsey & Company: *The State of AI in 2023: Generative AI's Breakout Year*, 2023.

MeMo:KI 2022
Meinungsmonitor Künstliche Intelligenz: *Künstliche Intelligenz in der Arbeitswelt. Wie nimmt die Bevölkerung den Einfluss von Künstlicher Intelligenz auf die Zukunft der Arbeitswelt wahr?*,2022.

MeMo:KI 2023
Meinungsmonitor Künstliche Intelligenz: *Dashboard des Meinungsmonitor Künstliche Intelligenz*, 2023. URL: https://www.cais-research.de/forschung/memoki/memoki-bevoelkerungsbefragung/ [Stand: 06.11.2023].

Meta Defense 2023
Meta Defense: *L'Allemagne invite IBM pour l'intelligence artificielle du SCAF*, 2023. URL: https://meta-defense.fr/2023/09/01/intelligence-artificielle-scaf-ibm/ [Stand: 30.11.2023].

Miethke 2022
Miethke, N.: „Die Bilanz von Cloud&Heat nach zehn Jahren". In: *Sächsische Zeitung*, 08.01.2022.

Ministère de l'Économie et des Finances, France 2023
Ministère de l'Économie et des Finances, France: *La stratégie nationale pour l'intelligence artificielle*, 2023. URL: https://www.economie.gouv.fr/strategie-nationale-intelligence-artificielle [Stand: 01.12.2023].

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche 2023
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche: état de l›Enseignement supérieur, de la Recherche et de l›Innovation en France n° 16. *Recherche & Innovation*, 2023. URL: https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/FR/T923/l_effort_de_recherche_et_developpement_en_france/ [Stand: 30.11.2023].

Ministry of Science and ICT 2019
Ministry of Science and ICT: *Naional Strategy for Artificial Inteligence. Toward AI World Leader beyond IT*, 2019. URL: https://doc.msit.go.kr/SynapDocViewServer/viewer/doc.html?key=28fb747ee180436e8ac5ec8f94794d8f&convType=img&convLocale=ko_KR&contextPath=/SynapDocViewServer [Stand: 03.08.2023].

Ministry of Science and ICT 2022
Ministry of Science and ICT: *Korea to Come up with Roadmap of Digital ROK, Realizing the New York Initiative*, 2022.

MISSION KI 2023
Nationale Initiative für Künstliche Intelligenz und Datenökonomie: *Mission KI – AI Made In Germany*, 2023. URL: https://mission-ki.de/ [Stand: 28.11.2023].

Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute 2023
Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute: *Creation and Development of Human Resources in the Era of AI. Implications for Japan from Domestic and International Examples*, 2023.

MPG 2023
Max-Planck Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.: *Startseite – Max Planck Schools*, 2023. URL: https://www.maxplanckschools.org/de [Stand: 28.11.2023].

Nationaal Cyber Security Centrum 2022
Nationaal Cyber Security Centrum: *Cloud Act Memo*, 2022. URL: https://www.ncsc.nl/documenten/publicaties/2022/augustus/16/cloud-act-memo [Stand: 01.12.2023].

NExT e. V. 2022
Netzwerk Experten für die digitale Transformation der Verwaltung e. V.: *Umsetzung der KI-Verordnung der EU in Deutschland*, 2022.

NPM 2021
Nationale Plattform Zukunft der Mobilität: *Autonomes Fahren als Baustein einer inter- und multimodalen Mobilität. AG3 - Siebter Zwischenbericht*, 2021.

Nvidia 2009
Nvidia: *CPU vs GPU: What's the Difference?*, 2009. URL: https://blogs.nvidia.com/blog/2009/12/16/whats-the-difference-between-a-cpu-and-a-gpu/ [Stand: 10.11.2023].

OECD 2023
OECD: *OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market*, 2023. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/08785bba-en/index.html?itemId=/content/publication/08785bba-en [Stand: 16.11.2023].

OpenAI 2023
OpenAI: *Frontier Model Forum Updates*, 2023. URL: https://openai.com/blog/frontier-model-forum-updates [Stand: 02.11.2023].

PLS 2021
Plattform Lernende Systeme: *Kritikalität von KI-Systemen in ihren jeweiligen Anwendungskontexten. Ein notwendiger, aber nicht hinreichender Baustein für Vertrauenswürdigkeit*, München 2021.

PLS 2022
Plattform Lernende Systeme: *KI-Geschäftsmodelle für die Gesundheit. Innovation stärken, Finanzierung gestalten*, München 2022.

PLS 2023a
Plattform Lernende Systeme: *Große Sprachmodelle. Grundlagen, Potenziale und Herausforderungen für die Forschung*, München 2023.

PLS 2023b
Plattform Lernende Systeme: *Große Sprachmodelle entwickeln und anwenden. Ansätze für ein souveränes Vorgehen*, München 2023.

PLS 2023c
Plattform Lernende Systeme: *Mit KI zu mehr Teilhabe in der Arbeitswelt. Potenziale, Einsatzmöglichkeiten und Herausforderungen*, München 2023.

PLS 2023d
Plattform Lernende Systeme: *Förderprogramme*, 2023. URL: https://www.plattform-lernende-systeme.de/foerderungki.html [Stand: 02.08.2023].

PLS 2023e
Plattform Lernende Systeme: *KI im Betrieb einsetzen: Hier finden Sie Unterstützung*, 2023. URL: https://www.plattform-lernende-systeme.de/unterstuetzung.html [Stand: 03.08.2023].

PLS 2023f
Plattform Lernende Systeme: *KI-Landkarte für Deutschland*, 2023. URL: https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-in-deutschland.html [Stand: 03.08.2023].

Portulans Institute 2023
Portulans Institute: *Network Readiness Index 2023. Trust in a Network Society: A Crisis of the Digital Age?*, 2023.

Regierung Japan 2022
Regierung Japan: *AI Strategy 2022*, 2022.

Reichstein et al. 2023
Reichstein, M./Akata, Z./Denzler, J./Schölkopf, B.: *Intelligenter Kausaler Zwilling Erde – für Umweltresilienz und Frühwarnung*, 2023.

ROS Discourse 2023
ROS Discourse: *Looking Inside ROScribe and the Idea of LLM-Based Robotic Platform*, 2023. URL: https://discourse.ros.org/t/looking-inside-roscribe-and-the-idea-of-llm-based-robotic-platform/34298/1 [Stand: 16.11.2023].

RWTH Aachen 2023
RWTH Aachen: *KI: Starkes Signal aus Aachen nach Berlin*, 2023. URL: https://www.rwth-aachen.de/cms/root/die-rwth/Aktuell/Pressemitteilungen/Oktober/~bdvawz/KI-Starkes-Signal-aus-Aachen-nach-Berli/ [Stand: 03.11.2023].

Sachse/Freytag 2023
Sachse, M./Freytag, B.: „Amazon kündigt europäische Cloud an". In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ)*, 25.10.2023.

Schmidthäussler 2023
Schmidthäussler, D.: „3,5 Milliarden Euro für KI – aber ohne abgestimmte Strategie". In: *Table Berlin*, 17.09.2023.

Sequoia 2023
Sequoia: *A Talented Home for A*, 2023. URL: https://atlas.sequoiacap.com/a-talented-home-for-ai/ [Stand: 31.07.2023].

SFI 2018
Science Foundation Ireland: *SFI ERC Development Programme FAQs*, 2018. URL: https://www.sfi.ie/funding/funding-calls/sfi-erc-development-programme/6-ERC-Development-Programme-FAQs-fixed-links.pdf [Stand: 03.11.2023].

SICOS BW GmbH 2023
SICOS BW GmbH: *Höchstleistungsrechnen / High Performance Computing*, 2023. URL: https://www.sicos-bw.de/hoechstleistungsrechnen/ [Stand: 10.11.2023].

Siemens 2023
Siemens: *Nachhaltigkeit und Komfort in kommerziellen Gebäuden dank der künstlichen Intelligenz*, 2023.

Sifted 2023
Sifted: *'EU's AI Act Could Kill Our Company,' Says Mistral's Cédric O*, 2023. URL: https://sifted.eu/articles/eu-ai-act-kill-mistral-cedric-o [Stand: 02.11.2023].

Sovereign Tech Fund 2023
Sovereign Tech Fund: *Sovereign Tech Fund*, 2023. URL: https://sovereigntechfund.de/de/ [Stand: 01.08.2023].

Specht 2023
Specht, F.: „Arbeitgeber wollen Innovationskraft mit speziellen Start-up-Visa stärken". In: *Handelsblatt*, 08.05.2023.

SPRIN-D 2023
Bundesagentur für Sprunginnovationen: *Beitrag zu einer KI-Strategie für Deutschland,* Version 1.4 vom 02. November 2023, 2023.

Statista 2023a
Statista: *Sachsen ist Deutschlands Halbleiter-Hochburg*, 2023. URL: https://de.statista.com/infografik/29916/anzahl-halbleiter-fabriken-in-deutschland/ [Stand: 31.07.2023].

Statista 2023b
Statista: *Total Value of Venture Capital Investments in Europe in 2022, by Country*, 2023. URL: https://www.statista.com/statistics/879080/value-of-investments-by-venture-capital-europe/ [Stand: 11.12.2023].

Statista 2023c
Statista: *Welches europäische Land exportiert die meisten Halbleiter?*, 2023. URL: https://de.statista.com/infografik/26805/europaeische-laender-mit-dem-hoechsten-exporthandelswert-fuer-integrierte-schaltkreise/ [Stand: 09.11.2023].

Stiftung Neue Verantwortung 2022
Stiftung Neue Verantwortung: *Deutschland als KI-Standort: Destination oder Drehscheibe? Empirische Untersuchung der Karrierepfade von KI-Doktorand:innen an deutschen Universitäten*, 2022.

Tagesschau 2023a
Tagesschau: *Verschläft Deutschland die KI-Entwicklung?*, 2023. URL: https://www.tagesschau.de/inland/innenpolitik/ki-strategie-bundesregierung-101.html [Stand: 03.11.2023].

Tagesschau 2023b
Tagesschau: *Tech-Firmen sagen verantwortungsvollen Umgang mit KI zu*, 2023. URL: https://www.tagesschau.de/wirtschaft/digitales/ki-unternehmen-regeln-100.html [Stand: 02.11.2023].

Techopedia Deutschland 2023a
Techopedia Deutschland: *Generative KI*, 2023. URL: https://www.techopedia.com/de/definition/generative-ki [Stand: 25.10.2023].

Techopedia Deutschland 2023b
Techopedia Deutschland: *Large Language Model (LLM)*, 2023. URL: https://www.techopedia.com/de/definition/large-language-model-llm [Stand: 25.10.2023].

TechTarget 2023
TechTarget: *Foundation Models Explained: Everything You Need to Know*, 2023. URL: https://www.techtarget.com/whatis/feature/Foundation-models-explained-Everything-you-need-to-know [Stand: 25.10.2023].

The Decoder 2022
The Decoder: *Alpha One: Europas schnellstes kommerzielles KI-Rechenzentrum*, 2022. URL: https://the-decoder.de/alpha-one-europas-schnellstes-kommerzielles-ki-rechenzentrum/ [Stand: 03.11.2023].

The Economist 2023
The Economist: *Could AI Transform Science Itself*, 2023. URL: https://www.economist.com/science-and-technology/2023/09/13/could-ai-transform-science-itself [Stand: 21.09.2023].

The White House 2023
The White House: *Executive Order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence*, 2023.

Thiel 2019
Thiel, M.: „„Meluxina" unter den 25 schnellsten Supercomputern". In: *Luxemburger Wort*, 2019, 14.06.2019.

Toh/Tausche 2023
Toh, M./Tausche, K.: *US Escalates Tech Battle by Cutting China off from AI Chips*, 2023. URL: https://edition.cnn.com/2023/10/18/tech/us-china-chip-export-curbs-intl-hnk/index.html [Stand: 01.12.2023].

Tortoise 2023
Tortoise: *The Global AI Index*, 2023. URL: https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai/ [Stand: 03.11.2023].

UK Department for Science, Innovation and Technology 2023
UK Department for Science, Innovation and Technology: *A Pro-Innovation Approach to AI Regulation. Policy Paper*, 2023.

UNESCO 2023
United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*, 2023.

United Nations 2023
United Nations: *Secretary-General's Advisory Body Members – Artificial Intelligence*, 2023. URL: https://www.un.org/sg/en/content/sg/personnel-appointments/2023-10-26/secretary-generals-advisory-body-members-artificial-intelligence [Stand: 02.11.2023].

US National Science & Technology Council 2019
US National Science & Technology Council: *The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan: 2019 Update*, 2019.

van der Aalst et al. 2023
van der Aalst, W./Brock, O./Chakraborty, S./Dayan, P./Geffner, H. et al.: *Sieben Empfehlungen zur Künstlichen Intelligenz (KI) an die Deutsche Bundesregierung*, 2023.

Volpicelli 2023
Volpicelli, G.: „Power Grab by France, Germany and Italy Threatens to Kill EU's AI Bill". In: *POLITICO*, 20.11.2023.

Voß 2023a
Voß, O.: „Wo stecken die KI-Milliarden?". In: *Tagesspiegel Background*, 30.05.2023.

Voß 2023b
Voß, O.: „Welche KI-Strategie verfolgt die Ampel?". In: *Tagesspiegel Background*, 29.08.2023.

Voß 2023c
Voß, O.: „Umstrittener Vier-Milliarden-Deal mit Oracle". In: *Tagesspiegel Background*, 05.09.2023.

Voß 2023d
Voß, O.: „Was können die Supercomputer für KI leisten?". In: *Tagesspiegel Background Digitalisierung & KI*, 17.10.2023.

wilo 2023
wilo: *KI in der Gebäudetechnik – sicher und datenschutzkonform*, 2023. URL: https://wilo.com/de/de/News-Blog/Rund-um-die-Wilo-Welt/Blog/KI-in-der-Geb%C3%A4udetechnik-%E2%80%93-sicher-und-datenschutzkonform_17472.html [Stand: 24.02.2023].

Wissenschaftsrat 2020
Wissenschaftsrat: *Perspektiven der Informatik in Deutschland*, Köln, 2020.

Wörner/Rauch 2022
Wörner, J./Rauch, G.: *Sollten deutsche Hochschulen zu militärischen Zwecken forschen dürfen?*, 2022. URL: https://www.forschung-und-lehre.de/forschung/sollten-deutsche-hochschulen-auch-zu-militaerischen-zwecken-forschen-duerfen-5093 [Stand: 01.12.2023].

Yahoo 2023
Yahoo: *Sunak to Push for UK 'Science Superpower' Status Under New Plan*, 2023. URL: https://uk.news.yahoo.com/sunak-push-uk-science-superpower-000100375.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAACibO3YOV3_x02ykjop8PM7CDFg1aollGpiSYSzciAc3siqPYWarqvdQP_A0WurPQDCXuzlq2dE6D8iOEPmHZYDzFc9vPYcGwNZv36-jsBVmj1wK40RCPgq8CUru4lMqLd8TIqtvr7t99Lvt_FZBDOoajQq_dPIWVLfNNynpVdqv [Stand: 30.11.2023].

YouGov 2023
YouGov: *KI – Chance oder Bedrohung? Aktuelle YouGov-Umfrage in Kooperation mit Statista zum Thema Künstliche Intelligenz*,2023. URL: https://yougov.de/technology/articles/45716-ki-chance-oder-bedrohung [Stand: 06.11.2023].

Über acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech berät Politik und Gesellschaft, unterstützt die innovationspolitische Willensbildung und vertritt die Technikwissenschaften international. Ihren von Bund und Ländern erteilten Beratungsauftrag erfüllt die Akademie unabhängig, wissenschaftsbasiert und gemeinwohlorientiert. acatech verdeutlicht Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen und setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Wohlstand, Wohlfahrt und Lebensqualität erwachsen. acatech bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Die Mitglieder der Akademie sind herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Ingenieur- und den Naturwissenschaften, der Medizin sowie aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Senatorinnen und Senatoren sind Persönlichkeiten aus technologieorientierten Unternehmen und Vereinigungen sowie den großen Wissenschaftsorganisationen. Neben dem acatech FORUM in München als Hauptsitz unterhält acatech Büros in Berlin und Brüssel.

Weitere Informationen unter www.acatech.de

Autoren:

Prof. Dr. Henning Kagermann
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4
80333 München

Florian Süssenguth
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4
80333 München

Prof. Dr. Thomas Weber
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4
80333 München

Reihenherausgeber:

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2024

Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0)89/52 03 09-0

Hauptstadtbüro
Georgenstraße 25
10117 Berlin
T +49 (0)30/2 06 30 96-0

Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel | Belgien
T +32 (0)2/2 13 81-80

info@acatech.de
www.acatech.de
acatech @ X | LinkedIn | Instagram

Geschäftsführendes Gremium des Präsidiums: Prof. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Prof. Dr. Ursula Gather, Dr. Stefan Oschmann, Manfred Rauhmeier, Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner

Registergericht AG München, VR 20 20 21
Vorstand i.S.v. § 26 BGB: Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier

Empfohlene Zitierweise:
Kagermann, H./Süssenguth, F./Weber, Th.: *Souveräne Antworten – Anwendung und Entwicklung generativer Künstlicher Intelligenz in Deutschland* (acatech IMPULS), München 2024. DOI: https://doi.org/10.48669/aca_2024-9

ISSN 2702-7627

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften • 2024

Koordination: Lars Hofius, Elisa Reker-Gluhic
Lektorat: Lektorat Berlin
Layout-Konzeption: Groothuis, Hamburg
Titelfoto: shutterstuck/TheKong
Konvertierung und Satz: aweberdesign.de, Berlin

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf www.acatech.de

Generative Künstliche Intelligenz (KI) hat das Potenzial zur Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen, wie etwa zur Bekämpfung des Klimawandels oder des Fachkräftemangels, beizutragen. Mit der Verabschiedung der KI-Verordnung im Mai 2024 hat die Europäische Union die erste umfassende KI-Regulatorik beschlossen und damit eine internationale Vorreiterrolle eingenommen. In der Entwicklung und auch der Anwendung entsprechender Modelle fallen Deutschland und auch die Europäische Union jedoch hinter andere Standorte zurück und drohen in einseitige Abhängigkeiten zu geraten. Die Ambition Deutschlands und der EU muss es allerding sein, auch in diesem Feld eine Spitzenposition zu vertreten.

Kurzfristig müssen die Potenziale der generativen KI zur Produktivitätssteigerung nutzbar gemacht werden. Zugleich müssen eigene Kompetenzen und Infrastrukturen ausgebaut werden, um langfristige Abhängigkeiten zu verhindern. Dieser acatech IMPULS beschreibt, basierend auf einem für die Sitzung des Zukunftsrats des Bundeskanzlers im Januar 2024 erstellten Dossier, die Elemente einer zweigleisigen KI-Strategie zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und der technologischen Souveränität in Deutschland.