



# Unsere forschungspolitischen Empfehlungen zur »**Zukunftsstrategie Forschung und Innovation**«

---

**Mission 4: Digitale und technologische Souveränität Deutschlands  
und Europas sichern und Potenziale der Digitalisierung nutzen**

# Im Überblick

## Die Ausgangslage

Der Innovationsstandort Deutschland befindet sich mitten in einer Zeit historischer Herausforderungen: die Klimakrise, geopolitische Machtverschiebungen, internationale Systemwettbewerbe und die Digitalisierung. In diesen Zeiten muss Deutschland seine Innovationsfähigkeit sichern, die richtigen Weichen für resiliente Wertschöpfungsketten stellen und sich als Forschungs- und Wirtschaftsstandort neu erfinden. Dies gelingt nur als gemeinsame Kraftanstrengung, wenn Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft an einem Strang ziehen.

Die Bundesregierung hat mit der »Zukunftsstrategie Forschung und Innovation« ein übergreifendes forschungs- und innovationspolitisches Konzept für den Hightech-Standort Deutschland vorgelegt. Die Fraunhofer-Gesellschaft begrüßt die Zukunftsstrategie und die Vielzahl an richtigen Zielen, die darin verankert sind. Diese sind wichtig für Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit. Gleichzeitig decken sie sich mit den Impact-Zielen und strategischen Forschungsfeldern, welche die Fraunhofer-Gesellschaft in den vergangenen Jahren definiert hat. Die Zukunftsstrategie zielt darauf ab, die Transformation in Richtung Nachhaltigkeit voranzutreiben, die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit sicherzustellen und über technologische Souveränität selbstbestimmt die Zukunft gestalten zu können.

## Unser Blick auf die Mission 4

Die Fraunhofer-Gesellschaft begrüßt die Grundausrichtung der Mission 4. Sie fokussiert zentrale Innovationsfelder und zeigt entscheidende Herausforderungen bei der Entwicklung und Anwendung digitaler Technologien auf dem Wege zu einer erfolgreichen Digitalisierung von Gesellschaft, Staat, Forschung und Wirtschaft. Die nachhaltige und resiliente Transformation aller Branchen sichert die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland. Von besonderer Bedeutung sind hierbei digitale Geschäftsmodelle, die klassische produktzentrierte Geschäftsmodelle weiterentwickeln. Auch IuK-Technologien liefern einen entscheidenden Beitrag zu einem »Grand Plan« für Deutschland und lösen gesellschafts- und systemrelevante Herausforderungen.

Aus unserer Sicht sollten einige Stellschrauben zur digitalen und technologischen Souveränität geschärft bzw. ergänzt werden.

Bei der Umsetzung der Mission 4 kommt es entscheidend auf den Aufbau eines Innovations- und Datenökosystems an: Datenkompetenz und -governance sind die Grundlage aller Digitalisierungsbemühungen. Entscheidend ist daher der Aufbau einer Datenökonomie, die sowohl digitale Infrastruktur als auch die Verfügbarkeit und Auffindbarkeit von Daten nach den FAIR-Prinzipien beinhaltet. Angesichts der geopolitischen Weltlage sollte Deutschland alle wesentlichen Digitalisierungs- und Produktionsschlüsseltechnologien selbst beherrschen, diese zur Stärkung der Souveränität einsetzen und zukünftige Standards und Plattformen mitgestalten.



## Unsere wichtigsten Empfehlungen im Fokus

- Es bedarf eines aktiven **Staats**, der als »**First Mover**« bei Daten- und Digitalvorhaben vorangeht und Potenziale durch Vernetzung über Ländergrenzen hinweg hebt.
- Der hohe **Bedarf an Fachkräften** im IT-Bereich muss strukturiert und höchster Priorität in Abstimmung mit Forschung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft gedeckt werden.
- Etablierung von flächendeckenden und international **skalierenden Dateninfrastrukturen** durch die Verbreitung von Datenraumstandards und die Befähigung von Unternehmen zur Teilnahme an Datenräumen.
- Entwicklung von **generativen KI-Modellen**, um die digitale Souveränität zu stärken.
- Aufbau eines **Industrial-Metaverse-Innovations-ökosystems** durch Bereitstellung von Open-Source-Software und die Realisierung einer Metaverse-Normierungs-Roadmap.
- Konsequentes **Cybersicherheitsmanagement** durch die Einführung von Zero-Trust-Konzepten und einer Meldepflicht bei Sicherheitslücken.
- Gezielter Ausbau länderübergreifender Zusammenarbeit bei der Förderung von **Quantentechnologien** in Form von bi- und trilateralen Kooperationen.
- Vernetzung der Aktivitäten und Fördermaßnahmen rund um die **Chipentwicklung** auf EU- und Landesebene (nationale Co-Finanzierung im EU Chips Act).
- Stärkerer Fokus auf **nachhaltige Produktionstechnologien** als Schlüssel zur technologischen Souveränität durch ressortübergreifende Förderung der Energiesouveränität von Fabriken und Bio-Cyber-Physischen Systemen.

# Unsere forschungspolitischen Empfehlungen

## » Im Fokus: Digitale Transformation beschleunigen

Die digitale Transformation der Wirtschaft bietet große Wettbewerbspotenziale für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Digitale Dienste und Geschäftsmodelle ermöglichen die Weiterentwicklung herkömmlich produktzentrierter Geschäftsmodelle zu hybriden Produkt-Service-Plattformen. Die Wertschöpfungsmechanik ändert sich vom linearen Geschäftsmodell hin zu mehrseitigen Märkten, die von Service- und Datenanbietern sowie Plattformbetreibern gemeinsam bedient werden. Daten spielen dabei eine strategische Rolle als zentrale Ressource für KI-Anwendungen und digitale Dienste. In verschiedenen Branchen entstehen Datenökosysteme, in denen gemeinsam Innovationen geschaffen werden. Diese Datenökosysteme benötigen dezentrale Datenräume, also Datenintegrationsarchitekturen, die den Austausch und das Teilen von Daten ohne zentrale Datenerhaltung ermöglichen.

Trotz der großen Bedeutung, die Datenräumen beim Teilen von Daten und als Innovationsmultiplikatoren zukommt, beteiligen sich in Deutschland nur rund 3 Prozent<sup>1</sup> der Unternehmen aktiv an Datenräumen. Auf lange Sicht entstehen aus dieser Zurückhaltung gravierende Nachteile für den Hightech-Standort Deutschland. Große Hürden, welche die Beteiligung an Datenräumen/Datenökosystemen im Weg stehen, sind oft fehlende Standards und fehlendes Vertrauen zwischen den beteiligten Akteuren. Mit Catena-X, Manufacturing-X sowie dem Mobility Data Space wurden bereits erste wichtige Datenräume als Blaupause für die Weiterentwicklung des Ökosystems geschaffen. Folgende politische Initiativen sind nun erforderlich, damit Deutschland seiner angestrebten digitalökonomischen Führungsrolle gerecht wird:

- Förderung der **Forschung zu Datenräumen und Datenökosystemen mit klarem Fokus auf Dateninfrastrukturen** – und nicht auf Einzelkomponenten und Use Cases, welche bislang im Mittelpunkt der Förderung stehen. So wie es für einen funktionierenden Güter- und Individualverkehr ein gut ausgebautes Straßennetz erfordert, ist eine hochskalierte Dateninfrastruktur unabdinglich für Digitale Innovationen. Diese Forderung gilt v. a. für öffentliche Förderprogramme mit Datenbezug wie das wichtige digitalpolitische EU-Cloud-Projekt, das „Important Project of Common European Interest »Next Generation Cloud Infrastructure and Services« (IPEI-CIS). Beim IPCEI-CIS kommt es jetzt besonders auf eine hohe Geschwindigkeit in den politischen Prozessen und Gremien auf nationaler sowie europäischer Ebene an, damit die Akzeptanz bei den beteiligten Industriepartnern nicht nachlässt.
- **Unterstützung von Open-Source-Entwicklungsarbeiten und internationaler Standardisierung:** Dateninfrastrukturen sollten interoperabel konzipiert sein. Um Daten teilbar zu machen, müssen Datenräume standardisiert und miteinander kompatibel sein, d. h. »dieselbe Sprache« sprechen. Der Bund muss Anreizsysteme schaffen und das Engagement stärker in Förderprogrammen berücksichtigen, damit Unternehmen und Forschungseinrichtungen an **Standardisierungsgremien** teilnehmen. Bislang sind auch Aktivitäten und »Contributions« in **Open-Source-Software-Communitys** nicht Bestandteil von Zuwendungen.
- **Schnelle und bürokratiearme Umsetzung des Data Acts in Deutschland** zur Wahrung der Datensouveränität der Nutzenden unter Berücksichtigung technischer Lösungen für föderierte Dateninfrastrukturen im Sinne der Data Spaces. Folgendes sollte bei der Umsetzung im **Fokus** stehen:
  - 1. Sicherstellung der Interoperabilität** des Datenaustauschs.
  - 2. Vermeidung von Engstellen**, welche durch zentrale Architekturen entstehen und Risiken wie Fehleranfälligkeit, Performanceschwankungen und unklare Besitzverhältnisse bergen.
  - 3. Vereinfachter und unbürokratischer Zugang** für Unternehmen und öffentliche Einrichtungen zur Beteiligung an **Datenräumen**.

<sup>1</sup> [Bitkom 2022](#): Deutsche Unternehmen öffnen sich der Datenökonomie

## » Im Fokus: Große KI-Modelle fördern

Künstliche Intelligenz (KI) ist eine Schlüsseltechnologie der digitalisierten Produktions- und Wertschöpfungsprozesse moderner Industriegesellschaften. Ihre Chancen und Risiken zukunftsicher zu bewerten und die Gesetzgebung adäquat weiterzuentwickeln, ist eine zentrale Herausforderung liberaler Demokratien. Deutschland und Europa müssen zeigen, dass eine nachhaltige Wertschöpfung durch KI in einem lebenden und sich weiterentwickelnden Rechtsrahmen, der von unserem Wertekanon geprägt ist, realisierbar ist.

Der Markteintritt generativer KI-Systeme, die auf Basis großer Sprach-Modelle eigenständig und kreativ neue Inhalte generieren, verschärft das Risiko der Abhängigkeit von außereuropäischen IT-Anbietern und deren "Spielregeln". Etablierte Industriezweige erwarten enorme Produktivitätsfortschritte, neue Anwendungsfelder werden rasch entstehen. Deutschland und Europa können diese Entwicklung nur dann zum Vorteil ihrer Volkswirtschaften nutzen, wenn sie die Wertschöpfungskette von Daten in Modellen hin zu Anwendungssystemen eigenständig und unabhängig von Dritten verstehen und implementieren – sprich: digital souverän bleiben.

Dies gilt insbesondere für den Einsatz generativer KI in vertraulichen bzw. missionskritischen Anwendungen, darunter Verteidigung, Autonomes Fahren oder die Entwicklung von Medikamenten. Daher sollte Deutschland – in enger Abstimmung mit seinen europäischen Partnern und der Wirtschaft – KI-Forschung mit Fokus »Generative KI« nachdrücklich fördern und die Anwendungsentwicklung sowie den Transfer beschleunigen, z. B. durch eine umfangreiche Weiterbildung in Unternehmen und der Verwaltung.

- Um die digitale Souveränität und Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, ist die Entwicklung von **großen generativen KI-Modellen** (proprietär und offen) in Deutschland und Europa unverzichtbar. Durch offene Systeme können Unternehmen eigene generative KI-Lösungen entwickeln und einsetzen. Für das Trainieren großer Sprachmodelle (Large Language Models, kurz: LLM) müssen eigene **leistungsfähige Recheninfrastrukturen** (zentral und dezentral) aufgebaut werden. Hierzu bedarf es staatlicher Investitionen in Forschungsinfrastruktur (z. B. dedizierte KI-Rechenzentren) und Steueranreize für Unternehmen. Für die Implementierung dieser Modelle in Anwendungen sind staatlich geförderte Pilotprojekte hilfreich.
- Um KI nicht-diskriminierend und ethisch vertretbar auch bei personenbezogenen oder sicherheitskritischen Anwendungen einzusetzen, sollen **Verfahren zur Verifizier- und Erklärbarkeit von KI-generierten Lösungen** gefördert werden. Diese können die Basis für einen notwendigen einschlägigen Rechtsrahmen bilden.
- Die Leistungsfähigkeit von KI-Modellen wird wesentlich von der Qualität der Trainingsdaten bestimmt. Hierzu bedarf es einer **Multistakeholder-Initiative** aus Politik, angewandter Forschung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft, wobei die Politik als »First Mover« agieren muss. Die Initiative sollte hochwertige Datensätze aus Forschung, Wirtschaft und öffentlichen Daten erschließen und deren Qualität auf Grundlage verbindlicher und einheitlicher Qualitätssicherungsverfahren gewährleisten – mit dem Ziel, wesentliche Wettbewerbsvorteile zu sichern.
- Um datengetriebene Innovationen zu stärken, ist eine schnelle **Einführung des Forschungsdatengesetzes** erforderlich. Im Mittelpunkt sollte ein niederschwelliger Zugang zu Daten, ein Anreiz zum Austausch und zur Zusammenführung von Daten und ein Geschäftsmodell zur Bewertung und Abrechnung von datenbasiertem Mehrwert stehen.

## » Im Fokus: Digitale Zwillinge für industrielle virtuelle Welten ausbauen

Digitale Zwillinge sind virtuelle Abbilder physischer Objekte und realer Prozesse. Sie existieren auf der Mikroebene (z. B. Materialstrukturen von Werkstoffen oder chemischen Wirkstoffen) oder auf der Makroebene (z. B. Digitale Zwillinge von Bauteilen, Anlagen, Fabrikabläufen, städtischen Infrastrukturen und »Human Twins« in der medizinischen Versorgung). Sie sind zentraler technischer Baustein eines Industrial Metaverse und damit eine weitere Industrie 4.0-Evolutionsstufe. Das Potenzial ist enorm: Beispielsweise können Verkehrsinfrastrukturen gezielter instandgehalten werden oder Avatare im Metaverse eingesetzt werden, um die Montage in der Fabrik oder die Qualifizierung von Krankenhauspersonal zu erleichtern.

Derzeit formiert sich das Innovationsökosystem. In verschiedenen Querschnittstechnologien wie Extended Reality, 3D-Daten oder Simulationsmodellen gibt es in Deutschland viele kleinere Topakteure. Herausforderungen bei Digitalen Zwillingen im Industrial Metaverse betreffen die Bereitstellung von Daten über den gesamten Lebenszyklus, die Anreicherung des Digitalen Zwillings mit Berechnungsmodellen (um seine operationellen Zustände und Verhaltensweisen verstehen bzw. vorherzusagen zu können) sowie die angemessene Synchronisation zwischen Digitalem Zwilling und dessen Asset.

Um das volle Innovationspotenzial nutzen zu können, müssen am Standort Deutschland passende Rahmenbedingungen geschaffen und technologische Entwicklungen aktiv und chancenorientiert vorangetrieben werden. Konkret erforderlich sind:

- der **Aufbau eines Industrial-Metaverse-Innovations-ökosystems** – mit Fokus auf Vernetzung der Technologie- und Anwendungsakteure: Der **industrielle Mittelstand** muss Digitale Zwillinge so einfach wie möglich erstellen und handhaben können, z. B. durch die Bereitstellung von Open-Source-Software für das Management Digitaler Zwillinge. Er benötigt in der Breite Anreize zum Experimentieren mit verschiedenen Metaverse-Technologien in seiner jeweiligen Domäne, beispielsweise durch den Aufbau applikationsspezifischer Transferzentren (bspw. im Rahmen der DATI).
- **Forschungsförderung zur technischen Optimierung** Digitaler Zwillinge inkl. Unterstützung der Champions in den o. g. Querschnittstechnologien, z. B. bei der Verbesserung von 3D-Modellen, bei der Erhöhung der Nutzendenfreundlichkeit und bei der Integration von IT-Sicherheitsaspekten. Besonderer Bedarf besteht bei der Realisierung sog. selbstbewusster Digitaler Zwillinge, die aktuelle Situationen verstehen, ihr Verhalten optimieren und in unstrukturierten Umgebungen ohne menschliches Eingreifen robust auf Veränderungen reagieren können.
- **Normen und Standards:** Es muss eine breite standardisierte Daten- und Kommunikationsinfrastruktur für Digitale Zwillingssysteme etabliert werden. Dies betrifft die Konzeption von Metadatenmodellen, die Standardisierung aller Bausteine und (Programmier-)Schnittstellen sowie die Interoperabilität verschiedener Digital-Twin-Standards. Dazu sollen branchenübergreifende Standardisierungsaktivitäten auf internationaler Ebene in einer **Metaverse-Normierungsroadmap** zusammengeführt werden. Aufschlagpunkte sind Datenrauminfrastrukturen wie Catena-X und Manufacturing-X sowie Standardisierungsaktivitäten zu Digitaltechnologien bei Normierungsorganisationen wie DIN/ISO, DKE/IEC, W3C, OGC, OPC oder CEN/ CENELEC.
- **Förderung von Software als wertschöpfendem Sektor in Deutschland**, beispielsweise durch die Etablierung von Software- und auch KI-Engineering – als gleichberechtigte Disziplin in Forschung und Lehre (neben Elektrotechnik und Maschinenbau) – sowie durch den Aufbau eines Talentpools und entsprechender Kompetenzen (z. B. durch ein Schulungs- und Anwendungsprogramm, damit industrielle Anwendende Methoden des Software Engineering gewinnbringend in industriellen virtuellen Welten nutzen können).
- **Forschungsprogramme** für domänenspezifische Digitale Zwillinge wie etwa »MaterialDigital« **und steuerliche Anreizsysteme**, welche die Erforschung und Entwicklung von Materialien und deren Bearbeitungsverfahren erheblich beschleunigen und deren Einsatz für Unternehmen attraktiver machen. Auf diese Weise können für die Energie- und Ressourcenwende dringend notwendige Materialinnovationen schneller im Markt eingesetzt werden. Knappe und umweltschädliche Materialien, die heute noch unerlässlich in der wirtschaftlichen Produktion sind, können effizienter simuliert und ersetzt werden.

## » Im Fokus: Cybersicherheit und -resilienz stärken

Aus der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung unserer Lebensbereiche ergeben sich neue Bedrohungen im digitalen Raum. Cyberkriminalität ist bereits heute tägliche Realität, wenn beispielsweise durch Hacken personenbezogene Daten entwendet werden, mit Trojanern Smartphones von Journalist\*innen ausspionieren werden oder Hacken als Instrument in Kriegen dient. Die Anzahl an cyberkriminellen Vorfällen nimmt stetig zu, während die Aufklärungsquote niedrig bleibt. Laut einer Bitkom-Studie<sup>2</sup> entsteht Deutschland jährlich ein Schaden von über 200 Mrd. € aufgrund von Cyberangriffen; Ransomware-Angriffe stellen dabei die größte Bedrohung dar.

Die Verbesserung der Cybersicherheit und -resilienz in Deutschland erfordert eine ganzheitliche Herangehensweise, die verschiedene Bereiche der Politik, Privatwirtschaft sowie Gesellschaft und Forschung umfasst. Besonders relevant ist aus Sicht der Fraunhofer-Gesellschaft Folgendes:

- Der **Cybersicherheitsstrategie der Bundesregierung** fehlt es noch immer an konkreten Zielen und Prioritäten, die in einem festgelegten Zeitraum erreicht werden müssen. Eine effektive Umsetzung der Strategie kann nur gelingen, wenn die in ihr definierten Ziele regelmäßig evaluiert und angepasst werden. Hierfür schlagen wir die Einrichtung eines **externen Begleitgremiums** vor, welches mit Expert\*innen aus angewandter Forschung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft besetzt wird.
- **Zero-Trust-Konzepte** müssen verpflichtend für Behörden eingeführt werden, u. a. mit 2 Faktor-Authentisierung und Netzsegmentierung. Dies bedeutet auch die Stärkung von **Verschlüsselungstechnologien** – eine Schwächung aktueller Verschlüsselungsverfahren darf nicht erfolgen! – und aktiver Cyberabwehr, darunter die automatisierte Reaktion auf Cyberangriffe, sowie Datenschutz. Auch sollte die Förderung von Aktivitäten zur belastbaren Attribution von Cyberangriffen gestärkt werden.
- **Sicherheitslücken** müssen verpflichtend gemeldet und umgehend geschlossen werden; sie dürfen nicht für Hacking-Aktivitäten gehortet werden. Dafür sollte eine **Softwarehaftung** eingeführt werden, um Softwareanbieter auf hohe Softwarequalität und die zeitnahe Bereitstellung von Sicherheitspatches zu verpflichten. Bieten Softwareanbieter zum Ende des Softwarelebenszyklus keine Sicherheitspatches mehr an, sollte die Software Open Source werden, damit diese von der Community weiter gepflegt werden kann.
- **Quellcodeoffenheit und Cybersicherheit** müssen konsequenter als bisher zusammengedacht werden. Die Politik muss hier nicht nur als Unterstützerin und Reguliererin sichtbar, sondern auch als Vorbild aktiver werden. Deshalb muss das Informationsfreiheitsgesetz zu einem **Transparenzgesetz** weiterentwickelt werden, welches einen Rechtsanspruch auf Offene Daten beinhaltet. Zudem benötigt es eine stärkere Förderung von **Open Source-Anwendungen** – besonders in Behörden. Dies kann mithilfe von Open-Source-basierten, vertrauenswürdigen Lösungen in Soft- oder Hardware wie z. B. RISC-V-Mikrocontrollen, gelingen.
- Kritische Infrastrukturen (KRITIS) werden physisch und digital angegriffen. Um ihre Resilienz umfassend zu stärken, ist ein »**All-Gefahrenansatz**« erforderlich, der im geplanten **KRITIS-Dachgesetz** umgesetzt werden soll. Der bisherige Gesetzesentwurf wird diesem Ansatz noch nicht gerecht.
- **Zusammenarbeit fördern** – Der Austausch zwischen verschiedenen Stakeholdern aus Politik, Wirtschaft, Gesellschaft und Forschung sollte gefördert werden, z.B. durch den **Aufbau von Testlaboren und Zertifizierungsstellen**. Insbesondere die Zusammenarbeit mit europäischen Partnern sowie den in der Cybersicherheit führenden Nationen wie Israel und den USA muss gestärkt und ausgebaut werden.
- Eine zentrale Herausforderung der Cybersicherheit und -resilienz sind **fehlende Fachkräfte**. Deutschland sollte entsprechend in die Ausbildung von Cybersicherheitsexpert\*innen und -fachkräften investieren und Anreize schaffen, um Talente in diesem Bereich zu fördern und zu halten. Im öffentlichen Bereich (TVöD) bedarf es adäquater Gehälter für IT- und Cybersicherheitspersonal.

<sup>2</sup> Bitkom 2022

## » Im Fokus: Quantentechnologien in die Anwendung bringen

Die Leistungsfähigkeit und Sicherheit von IT-Infrastrukturen sind zentrale Standortfaktoren und Grundpfeiler für eine souveräne digitale Gesellschaft. Der Bedarf an Rechenleistung sowie der Umfang des Datenverkehrs und die Komplexität (verteilter) Anwendungen werden weiter steigen. Dies führt dazu, dass etablierte Rechenarchitekturen in absehbarer Zeit an ihre Grenzen stoßen werden. Quantentechnologien bieten das Potential, diesen Herausforderungen zu begegnen und ein neues Leistungsniveau bei der Sensorik sowie bei der Datenverarbeitung, -übertragung und -sicherheit zu erreichen.

Deutschland hat dieses Potenzial früh erkannt und durch umfangreiche Investitionen in den vergangenen Jahren ein vielversprechendes Ökosystem aus herausragender Forschung sowie aufstrebenden Start-Ups gefördert. Dennoch besteht die Gefahr, dass Deutschland diesen Vorteil wieder verliert. Um das aufgebaute und weiter aufzubauende Quantenökosystem zukunftsfest zu gestalten und einen konsequenten Transfer hin zur industriellen Wertschöpfung zu gewährleisten, ist ein konzertiertes mittel- und langfristiges Zusammenwirken von Forschung, Wirtschaft und Politik notwendig:

- Um das volle Potenzial der **Quantentechnologien** möglichst schnell und effektiv zu nutzen, ist **Kooperation auf europäischer Ebene** unabdingbar. Es ist eine gezielte politische Förderung von **bi- bzw. trilateralen Kooperationsformaten** erforderlich, da diese eine große Chance für möglichst agile und zielgerichtete Forschungsvorhaben darstellen.
- Quantentechnologien bieten völlig neue Möglichkeiten für die **Sicherheit** verteilter Rechen- bzw. Datenspeichersysteme (secure distributed data storage, distributed blind quantum computing) sowie eine nicht verfälschbare Zeitsynchronisation mit bisher unerreichter Genauigkeit (quantum clock synchronization). Hierfür müssen die Entwicklung und der Aufbau eines **Quantennetzes** auf Bundesebene stärker gefördert werden. Dieses setzt sich aus einem äußerst verlustarmen Glasfasernetzwerk (mit entsprechender Repeater-technologie) in Kombination mit einem angepassten und angebundenen Satellitennetz (UpLink-Infrastruktur) zusammen und ermöglicht perspektivisch Quantenteleportation.
- Im **Quantencomputing** werden aktuell verschiedene Hardwareansätze in **Technologiehubs** gefördert. Es bedarf einer **mittelfristigen Fortsetzung** dieser breiten Förderung bei stetiger Evaluierung der Leistungsfähigkeit der Konzepte hinsichtlich des Mehrwerts für die Anwendung.
- Um vielversprechende **Quantencomputing-Use Cases** in verschiedenen Wirtschaftszweigen zu untersuchen und die Vorteile von Quantencomputern zu quantifizieren, muss die **anwendungsorientierte Softwareentwicklung** (Programmierframeworks, Algorithmen, Fehlerprotokolle etc.) zusammen mit der Industrie erfolgen. Hierzu wird empfohlen, – national und in Kooperation mit europäischen Initiativen – **förderte und leistungsfähige Hardwareplattformen** auszubauen, die für Wissenschaft und Industrie möglichst unkompliziert und preisgünstig verfügbar sind.
- Das **hybride Quantencomputing** in Kombination mit HPC-Systemen bzw. Systeme, die verschiedene Quantentechnologien miteinander kombinieren und das Co-Design von Hard- und Softwareentwicklung sollten neben dem reinen Quantencomputing noch zielgerichteter gefördert werden.
- Mit Bezug auf die Markteinführung hat die **Quantensensorik** bereits heute industrielle Bedeutung. Daher sollten durch diesen vielversprechenden Ansatz ermöglichte **Synergien im Bereich IuK-Technologien** konsequent genutzt und in Förderformaten berücksichtigt werden.
- **Internationale Standards und Normen** sollten insbesondere auf europäischer Ebene aktiv vorangetrieben werden, um Wettbewerbsvorteile für Deutschland und die EU zu erzielen.
- Der Mangel an **spezialisierten Fachkräften** in den Quantentechnologien gefährdet Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit. Der Aufbau von Nachwuchsgruppen, die akademische und anwendungsorientierte Forschungsschwerpunkte verbinden, kann dem wirksam begegnen.

## » Im Fokus: Mikrochipentwicklung voranbringen

Hochentwickelte und energieeffiziente Mikrochips sind die technologische Basis der Digitalisierung und daher von strategischer Bedeutung für den Hightech-Standort Deutschland sowie eine Chance für die Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschaft. Deutschland verfügt über eine herausragende Position in der Forschung, liegt jedoch bei der Chipproduktion weit hinter den asiatischen Wettbewerbern zurück. Begleitend zum EU Chips Act der Europäischen Kommission haben große Chiphersteller wie Intel und TSMC den Aufbau neuer Fabs angekündigt, aber auch bestehende Fabs in Deutschland werden deutlich erweitert. Darüber hinaus soll der Chips Act die Wettbewerbsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit Europas in den Bereichen Halbleitertechnologien und -anwendungen stärken als auch die digitale Transformation unterstützen.

Ein wichtiger Aspekt, um langfristig Arbeitsplätze zu schaffen und »Intellectual Property« (IP) in Deutschland und Europa zu halten, ist die Stärkung des Chipökosystems entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dies reicht von Start-Ups über Scale-Ups, Spin-Offs und KMUs bis hin zu etablierten weltweit agierenden Unternehmen. Innerhalb dieses Ökosystems können Forschungsergebnisse in die Produktreife überführt werden, wodurch die IP im hiesigen Wirtschaftssystem gehalten wird und so zu einem nachhaltigen Wachstum des Ökosystems beiträgt. Nur durch die Stärkung lokaler Unternehmen können Subventionen langfristig zu Wachstum und der Unabhängigkeit von Lieferketten führen. Insbesondere im Markt der Hochleistungsprozessoren sind die Eintrittsbarrieren durch die starke ausländische Konkurrenz extrem hoch.

Bei der Stärkung des Chipökosystems kommt der Entwicklungsphase, dem Chipdesign, als wichtigem Teil in der Halbleiter-Wertschöpfungskette eine besondere Bedeutung zu. Diese macht über 30 Prozent des gesamten Halbleitermarktwerts aus. Der europäische Anteil am Designmarkt wird allgemein auf etwa 7 Prozent geschätzt. Dieser Markt ist stark fragmentiert und besteht aus einer großen Anzahl kleiner Fabless-Unternehmen (ohne eigene Chipproduktion), die kaum wachsen und sich auf ausgereifte Technologien oder die Entwicklung von IP-Komponenten konzentrieren. Hohe Eintrittsbarrieren, ein massiver Bedarf an Fachkräften (350.000 bis 2030) und der fehlende Zugang zu Risikokapital erschweren das Wachstum in Europa.<sup>3</sup>

Der Ausbau der Forschungskapazitäten im Rahmen des EU Chips Acts sollte durch flankierende politische Maßnahmen unterstützt werden:

- Unterstützung der Aktivitäten auf dem Gebiet der **Aus- und Weiterbildung** auf allen Ausbildungslevels zur Absicherung des Fachkräftebedarfs in den geplanten Fab-Erweiterungen durch eine übergreifende Koordination der Länderaktivitäten.
- Das **Mikrochipökosystem** muss langfristig gestärkt werden. Dazu bedarf es mehr politischer Aufmerksamkeit samt Initiativen, um **hochinnovative wissenschaftsbasierte junge Unternehmen** (Start-Ups, Scale-Ups und Spin Offs) stärken und mit der vorhandenen Industrie vernetzen zu können. Vor allem fehlt es in Deutschland an einer ausreichenden **Finanzierung (Venture Capital)** von Projekten, die sich am Übergang zur nächsten Stufe in der Entwicklung (Technology Readiness Level (TRL) 4) und zur Anwendung (TRL 7) befinden. Darüber hinaus würden **Innovations-/Fördergutscheinen** (wie bspw. in Baden-Württemberg) auf Bundesebene eine stärkere Vernetzung der Akteure ermöglichen. Auch bedarf es Maßnahmen, um langfristig eine konkurrenzfähige Industrie entstehen zu lassen und IP sowie Arbeitsplätze zu erhalten. Dazu könnte eine gezielte **Förderung von lokal entwickelten Technologien** zählen (bspw. mithilfe von Ausschreibungen). Diese erfolgreiche Innovationsförderung hat sich bereits in den USA etabliert.
- Aufbau einer **vernetzten Chipdesign-Infrastruktur**, insbesondere für Startups, KMUs, Universitäten und Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAWs), aber auch für Systemhäuser und Schulungseinrichtungen, durch die Unterstützung deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen bei der Beteiligung an der EU-Designplattform. Ziel dabei ist es, die Chipentwicklung zu beschleunigen und die Zeit bis zur Markteinführung drastisch zu verkürzen.
- Bessere **Vernetzung der Aktivitäten rund um Chipentwicklung**: Viele Programme zur Chipentwicklung laufen nebeneinander, ohne miteinander verzahnt zu sein. Aktivitäten in den Bundesländern, z. B. im Bereich Design mit dem Bayerischen Chip-Design-Center, der CHIPS.NRW-Initiative, können in Abstimmung mit den Aktivitäten im Rahmen der Designinitiative Mikroelektronik Deutschland und den Designplattform-Aktivitäten auf EU-Ebene eine deutlich höhere Wirksamkeit erzielen. Dies kann beispielweise durch eine **Koordinationsstelle** gelingen, in der Akteure der unterschiedlichen föderalen Ebenen sowie aus angewandter Forschung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft vertreten sind.

<sup>3</sup> [PwC Strategy& 2023](#)



## » Im Fokus: Produktionstechnologien souverän und nachhaltig gestalten

Deutschland hat großen Aufholbedarf bei der technologischen Souveränität. So hat Deutschland im European Sovereignty Index<sup>4</sup> vom Juni 2022 bei der Technologiesouveränität schlechte 5,3 von 10 Punkten erreicht. Auch bestehen für Deutschland insbesondere bei den Nachhaltigkeitszielen (Sustainable Development Goals, SDGs) »Nachhaltig produzieren und konsumieren« (SDG 12) sowie »Klimaschutz« (SDG 13) große Herausforderungen, die es zu meistern gilt.<sup>5</sup> Um diese Aufholjagd erfolgreich anzugehen, kommt dem »Advanced Manufacturing« als einer der Schlüsseltechnologien (Key enabling technologies, KETs) für die technologische Souveränität Europas<sup>6</sup> eine besonders hohe Bedeutung zu. Daneben muss die Stärkung der individuellen Souveränität, d. h. des Rechts und der Kompetenzen der Einzelperson, mit den modernen Produktionstechnologien umzugehen und sie zu nutzen, stärker in den Fokus politischer Diskussionen gerückt werden, als dies bisher der Fall war.

Klimaneutrale und klimapositive sowie kreislauff geeignete und energieflexible Produktionstechnologien müssen unter Einbeziehung des gesamten Wertschöpfungsnetzes noch stärker in den Fokus der Politik, Wirtschaft, Gesellschaft und Forschung gerückt werden. Dabei spielen nicht nur bahnbrechende Produktionstechnologien eine entscheidende Rolle, sondern auch Fabrikoptimierungen sowie energieflexible Produktionssysteme. Zusammen mit einer Neuauslegung der Energiesysteme tragen diese zur Sicherstellung einer nachhaltigen Produktion und der Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern bei.

Die biologische Transformation von Technologie und Industrie schafft nachhaltige, disruptive Innovationen sowie neue, wirtschaftlich attraktive Konzepte zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen. Besonders bio-cyber-physische Systeme eröffnen im Zusammenspiel von Biotechnologie, Maschinenbau, Produktions- und Informationstechnik neue Innovationsräume, die es ermöglichen Produktions- und Wertschöpfungsprozesse flexibel an die Anforderungen im Kontext der Nachhaltigkeit anzupassen. Daher ist es notwendig, die biologische Transformation der Industrie komplementär zur digitalen Transformation zu betrachten und Materialien, Strukturen, Prozesse und Organismen der Natur durch die systematische Anwendung von Wissen aus der Biologie in die Technik zu integrieren.

Um den Produktionsstandort Deutschland souverän und nachhaltig aufzustellen und dafür das Potenzial der bio-cyber-physischen Systeme zu nutzen, bedarf es folgender Maßnahmen:

- Um die **Energiesouveränität von Fabriken** zu stärken, sollten energieflexible Produktionstechnologien bei neu ausgeschriebenen Förderprogrammen stärker berücksichtigt und in den Fokus der Förderprogramme gerückt werden. Für die schrittweise Umsetzung einer nachhaltigen Energieversorgung und -nutzung ist ein durch den Staat moderierter Austausch zwischen den relevanten Stakeholdern für ein aktives Energiemanagement zur energieträgerübergreifenden Steuerung und Regelung aller Energieflüsse in der Fabrik und in Deutschland erforderlich – hier ist der Staat als Koordinator und aktiver Akteur gefragt.
- Damit Deutschland zum Vorreiter bei der **Biologisierung der Produktionstechnologien** als Treiber souveräner und nachhaltiger industrieller Wertschöpfung der Zukunft wird, ist es notwendig, dass der Staat seiner Rolle als »First Mover« gerecht wird. Neben einer verstetigten, ressortübergreifenden Forschungsförderung bedarf es verstärkter begleitender regulatorischer Maßnahmen, die einer ethischen Bewertung unterliegen sollten – hierzu regen wir die Einrichtung einer **Enquete-Kommission** im Deutschen Bundestag an. Zusätzlich bedarf es einer ressortübergreifenden, ganzheitlichen Strategie, die alle Technologiereifegrade berücksichtigt und die Zusammenarbeit der Ressorts und Programmbereiche strukturiert, um den Transfer der Ergebnisse in die Fabriken zu beschleunigen.
- Für die **Einbeziehung arbeitspsychologischer und arbeitsorganisatorischer Kompetenzen bei der Robotik, der Mensch-Werkzeugmaschinen-Roboter-Kollaboration und bei autonomen Produktionssystemen** (soziale Aspekte der Nachhaltigkeit) ist ein interdisziplinäres Forschungsprogramm zur Zusammenarbeit der relevanten Kompetenzträger aus Sozial- und Ingenieur-Wissenschaften, Industrie (Arbeitgeber- und Arbeitnehmerorganisationen) und regionalen Innovationsberatungen erforderlich. Das beschleunigt nicht nur die Entwicklung soziotechnischer Produktionssysteme, sondern auch die Akzeptanz in den bisher zögerlichen KMU.

4 [European Council on Foreign Relations](#) 2022

5 Sachs J. D. et al. 2023, [Visualisierung](#)

6 [Europäisches Parlament](#) 2021

## Die Fraunhofer-Gesellschaft

---

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Etwa 30 800 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von rund 3,0 Mrd. €. Davon fallen 2,6 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.

## Kontakt

---

### Herausgeber

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e. V.  
Hansastraße 27 c, 80686 München  
<https://www.fraunhofer.de>

### Ansprechpersonen

Dr. Dietmar Laß  
Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie, Geschäftsstelle  
Telefon: +49 30 7261 566 41  
E-Mail: [dietmar.lass@iuk.fraunhofer.de](mailto:dietmar.lass@iuk.fraunhofer.de)

Pierre Prasuhn  
Fraunhofer-Zentrale, Abteilung Wissenschaftspolitik  
Telefon: +49 30 688 3759-1607  
E-Mail: [pierre.prasuhn@zv.fraunhofer.de](mailto:pierre.prasuhn@zv.fraunhofer.de)