

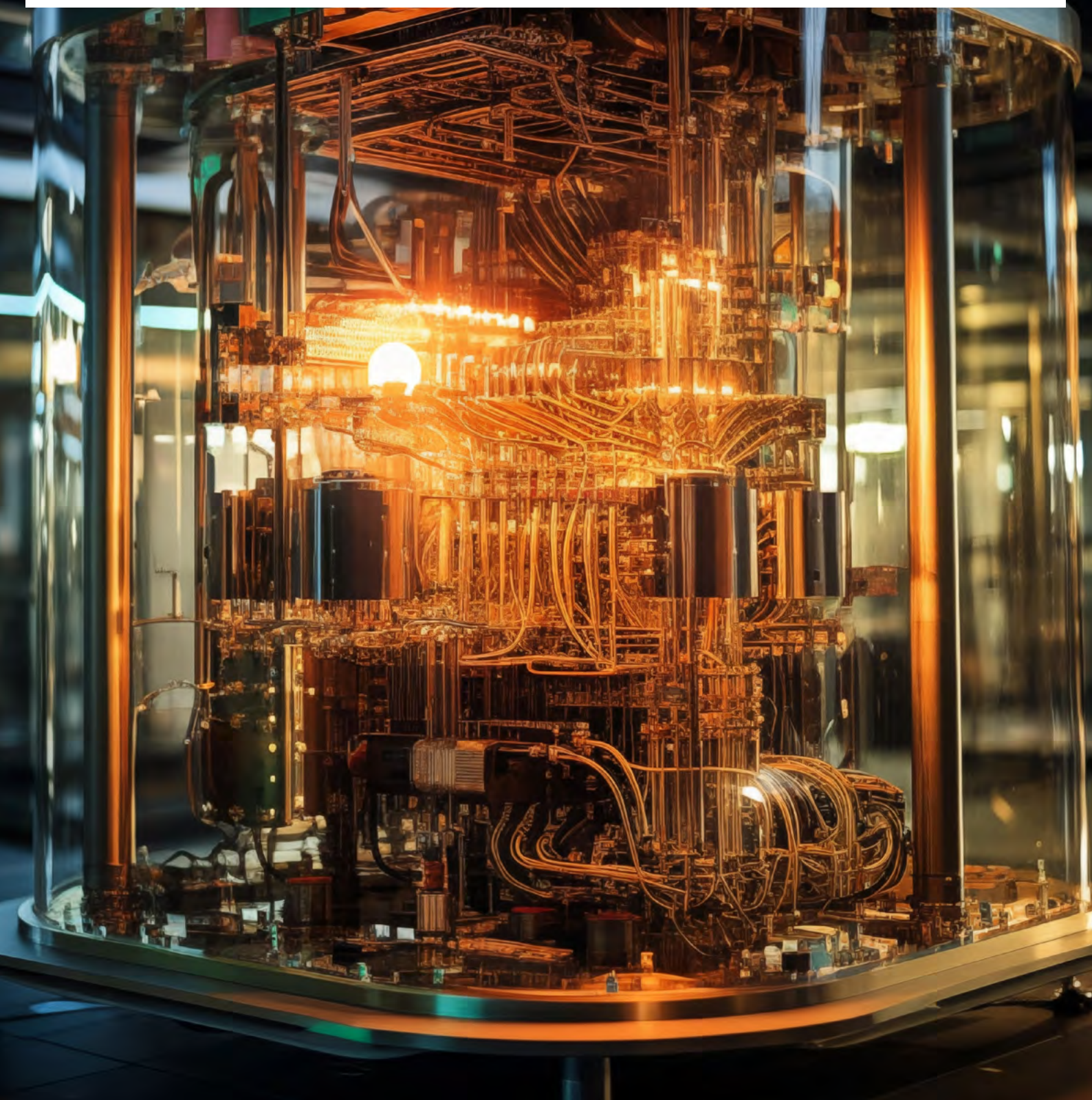


Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



# Technologisch souverän in Deutschland und Europa

Rahmenprogramm: „Forschung und Innovation für Technologische Souveränität 2030  
(FITS2030)“



## Textboxen

<b>Box 1: Was sind Schlüsseltechnologien?</b> .....	<b>5</b>
<b>Box 2: Was ist technologische Souveränität?</b> .....	<b>6</b>
<b>Box 3: Der Rat für technologische Souveränität</b> .....	<b>9</b>
<b>Box 4: Die Zukunftsstrategie Forschung und Innovation der Bundesregierung</b> .....	<b>10</b>
<b>Box 5: Förderung von Biotechnologien durch das BMBF</b> .....	<b>11</b>
<b>Box 6: Zehn Fördererfolge des BMBF zu digitalen und industriellen Schlüsseltechnologien</b> .....	<b>13</b>
<b>Box 7: Technologiefrüherkennung und Technologiekonvergenzen</b> .....	<b>14</b>
<b>Box 8: Die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI)</b> .....	<b>15</b>
<b>Box 9: Die Deutsche Agentur für Transfer und Innovation (DATI)</b> .....	<b>25</b>
<b>Box 10: Forschungssicherheit in der Zusammenarbeit mit Drittstaaten</b> .....	<b>31</b>
<b>Box 11: Nationales Priorisierungsverfahren für Forschungsinfrastrukturen</b> .....	<b>35</b>

# Inhaltsverzeichnis

---

1.	Kurzfassung	2
2.	Einführung	4
2.1	Technologische Souveränität stärken, einseitige Abhängigkeiten vermeiden.....	5
2.2	Deutschlands Position im globalen Technologiewettbewerb festigen.....	6
2.3	Weichen stellen und priorisieren.....	9
3.	Unser Leitbild: die technologische Basis für morgen sicherstellen	12
3.1	Digitale Schlüsseltechnologien.....	15
3.2	Industrielle Schlüsseltechnologien.....	20
3.3	Technologietransfer und Innovationsprozesse beschleunigen.....	23
3.4	Querschnittsaufgaben lösen .....	27
4.	Operative Umsetzung	33
4.1	Technologische Souveränität als Leitmotiv der Fachprogramme etablieren.....	34
4.2	Institutionelle und Projektförderung synergetisch verzahnen .....	34
4.3	Gesellschaftlicher Diskurs und das FITS-Forum.....	35
	Impressum	37

# 1. Kurzfassung

Mit dem vorliegenden Rahmenprogramm „Forschung und Innovation für Technologische Souveränität“ (FITS2030) stellt das BMBF die bestehenden Förderansätze auf eine neue Grundlage. Das Rahmenprogramm ist ein zentraler Anker der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation der Bundesregierung. Sie setzt ihre Mission 4 („Digitale und technologische Souveränität Deutschlands und Europas sichern und Potenziale der Digitalisierung nutzen“) und damit Ziele im Bereich der digitalen und technologischen Souveränität konsequent im Geschäftsbereich des BMBF um. Das BMBF will in zentralen Schlüsseltechnologien Deep-Tech-Innovationsökosysteme fördern und schaffen, die die gesamte Klaviatur des Wissenschafts- und Innovationssystems von der Grundlagenforschung bis zum Transfer in Innovationen geballt in den Blick nehmen. Während Deutschland in der Grundlagenforschung bereits gut aufgestellt ist, stärkt das BMBF mit diesem Ansatz insbesondere auch weitere Bestandteile von gesunden, innovativen Ökosystemen wie der Anwerbung, Ausbildung und Mobilisierung von Fachkräften und den Transfer von Forschungsergebnissen in die anwendungsorientierte Entwicklung, in Patente, marktfähige Innovationen und Gründungen „Made in Germany“. Neue Leuchttürme wie Forschungsfabriken, Transferbrücken, die Deutsche Agentur für Transfer und Innovation (DATI) sowie die neuen Freiheiten der Agentur für Sprunginnovationen (SPRIND) sollen die Anwendung von Forschungsergebnissen in Deutschland auf eine neue Stufe heben.

FITS2030 ist die Antwort des BMBF auf **eine große Welle bereits erreichter und weiter zu erwartender technologischer Durchbrüche** in Schlüsseltechnologien wie der Künstlichen Intelligenz, den Quantentechnologien oder innovativen Materialien und anderen.<sup>1</sup>

Das wirtschaftliche Potenzial von **Künstlicher Intelligenz** (KI) ist riesig und vielfältig. Repetitive

Aufgaben können automatisiert, Entscheidungsfindungen und Geschäftsprozesse verbessert werden. Innovationen können nicht nur bestehende Branchen transformieren, sondern auch völlig neue Branchen schaffen.<sup>2</sup> Zugleich revolutioniert KI die Forschung selbst.

Auch die **Quantentechnologien** bieten ein beeindruckendes Marktpotenzial.<sup>3</sup> Dies basiert vor allem auf der erwarteten exponentiellen Steigerung der Rechenleistung im Vergleich zu klassischen Computern. Die Technologie kann komplexe Probleme in Bereichen wie der Finanzmodellierung, Klimaforschung und Medikamentenentwicklung lösen, die für klassische Computer unzugänglich sind.

**Innovative Materialien** schaffen die Grundlage für eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft und sind für eine technologisch souveräne, ressourcensparende Volkswirtschaft unerlässlich. Wer hier in Forschung und Entwicklung investiert, kann riesige Wettbewerbsvorteile und Umsätze erzielen und Abhängigkeiten reduzieren. Batterietechnologien für ein nachhaltig elektrifiziertes Energie- und Mobilitätssystem demonstrieren die Hebelwirkung von Materialinnovationen.

Im **internationalen Vergleich** stehen Deutschland und die Europäische Union (EU) noch gut da. Auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene wird die Forschung zu Schlüsseltechnologien bereits auf vielfältige Weise gefördert. Doch andere Wirtschaftsräume investieren deutlich mehr und verfolgen in ihrer strategischen Förder- und Ansiedlungspolitik gezielt eine Stärkung ihrer Technologieführerschaft. Beispiele hierfür sind ambitionierte Pläne wie „Made in China 2025“, der US-amerikanische „Chips and

<sup>1</sup> Die aktuelle Liste der vom BMBF geförderten Schlüsseltechnologien finden Sie in **Kapitel 2** „Einführung“.

<sup>2</sup> [whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/08/16/fact-sheet-one-year-in-president-bidens-inflation-reduction-act-is-driving-historic-climate-action-and-investing-in-america-to-create-good-paying-jobs-and-reduce-costs](https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/08/16/fact-sheet-one-year-in-president-bidens-inflation-reduction-act-is-driving-historic-climate-action-and-investing-in-america-to-create-good-paying-jobs-and-reduce-costs)

<sup>3</sup> [mckinsey.com/de/news/presse/quantum-technology-monitor-2024](https://www.mckinsey.com/de/news/presse/quantum-technology-monitor-2024)

Science Act“ mit einer Finanzausstattung in Höhe von 250 Mrd. US-Dollar für technologische Forschung und Entwicklung oder der US-amerikanische Inflation Reduction Act mit rund 370 Mrd. Dollar.

Für ausgewählte Technologiebereiche deuten sich bereits jetzt gravierende Folgen an: In zentralen Technologiefeldern wie Quantentechnologien und KI steigt die Anzahl an Publikationen und Patenten in Deutschland zwar in absoluten Zahlen an. Aufgrund der höheren Dynamik in Ländern wie China oder den USA hat jedoch der relative Anteil deutscher Publikationen und Patente in den letzten zehn Jahren dramatisch abgenommen. So sank z. B. der Anteil der Top 20 % zitierten Publikationen im Bereich KI in Deutschland von 6 % auf 3 %, während der Anteil chinesischer Publikationen im gleichen Zeitraum von 9 % auf 25 % anstieg. Diese Entwicklung birgt ein erhebliches Risiko für die technologische Souveränität Deutschlands und der EU.

Deutschland kann und darf sich daher auf den aktuellen positiven Bewertungen und Rankings nicht ausruhen. Der Anspruch muss bleiben, auch künftig Weltmarktführer bei innovativen Produkten zu sein wie z. B. Computerprogramme, Werkzeugmaschinen oder Elektromobilität.

Da einseitige Abhängigkeiten gerade bei digitalen Schlüsseltechnologien problematisch sind, ist das BMBF hier besonders aufmerksam. Doch auch die industriellen Schlüsseltechnologien, bei denen Deutschland traditionell stark ist, müssen in die Zukunft überführt werden. Anspruch muss es sein, bei digitalen Technologien und industriellen Technologien wie den Werkzeugmaschinen oder der Elektromobilität, unter den Weltmarktführern zu sein.

Ein besonderer Mehrwert von FITS2030 ist die Entwicklung technologieübergreifender Lösungen für ausgewählte Querschnittsfragen. Deutschland wird im internationalen Wettbewerb langfristig nur dann Bestand haben können, wenn es ausreichend **wissenschaftlichen Nachwuchs, Fachkräfte und Gründungsberete** hervorbringt, die den technologischen Wandel des 21. Jahrhunderts mitgestalten können.

Entwicklungsbegleitende **Normung und Standardisierung** sind wirksame Hebel, um Innovationen schneller zu skalieren, zu kommerzialisieren und wichtige technologische Anforderungen wie die Sicherung von Freiheitsrechten, Verbraucher-, Daten- oder Klimaschutz in technologischen Entwicklungspfaden zu implementieren. In der BMBF-Förderung sollen der Kompetenzaufbau und die Mitwirkung von Forschenden in Normungs- und Standardisierungsgremien verbessert werden.

Ein wichtiger Pfeiler ist die synergetische Verzahnung der unterschiedlichen Förderansätze in Deutschland. Dazu gehören die **institutionelle Grundlagenforschung**, die technologische Projektförderung genauso wie die Transferinitiativen SPRIND und DATI.

Auch die Stärkung der **europäischen und internationalen Zusammenarbeit** bei der Erforschung und Entwicklung von Schlüsseltechnologien ist ein zentrales Element dieses Rahmenprogramms. Das Ziel der EU, sich als eigenständiger globaler Akteur in ausgewählten Technologiebereichen „Made in Europe“ zu behaupten, erfordert ein gemeinschaftliches europäisches strategisches Handeln. Der EU Chips Act, AI Act sowie weitere zentrale Bereiche im Kontext der europäischen Forschungsförderung sind Wegmarken dieser Politik. Diesen Weg müssen die Europäische Kommission und die EU-Mitgliedstaaten weitergehen. Ziel ist es mit den besten Forschungspartnern weltweit zusammenzuarbeiten und dabei eigene Souveränitätsinteressen im Blick zu behalten. Der nächste wichtige Meilenstein wird der mehrjährige Finanzrahmen der EU für die Jahre 2028–2034 sein und mit ihm darin entscheidende Förderprogramme wie das 10. EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation. Deutschland als technologisch führende Nation in Europa muss dabei mit einer eigenen Programmatik zur technologischen Souveränität mutig vorangehen.



## 2. Einführung

Neue, wirkmächtige Schlüsseltechnologien werden in den kommenden Jahren alle Bereiche unseres Lebens durchdringen. Sie sind mit enormen Chancen für Fortschritt auf den Feldern der Gesundheit, Energie, Ernährung und nachhaltiger Entwicklung verbunden. Die zum Teil exponentielle technologische Entwicklung schafft, die Voraussetzungen für grundlegend neue Formen der Arbeit und Wertschöpfung.

Der künftige Wohlstand Deutschlands und der Europäischen Union (EU) baut maßgeblich auf der Teilhabe an diesen weltweiten Entwicklungen auf, die sich in den Bereichen der künstlichen Intelligenz (KI), dem

Engineering von Daten, der Mikroelektronik, neuen Materialien, den Kommunikations- und Quantentechnologien sowie in neuen Produktionstechnologien/Industrie 4.0 vollziehen. Eine breite Basis an Kompetenzen auf diesen Technologiefeldern ist eine Bedingung für Innovationen und somit für eine starke Wirtschaft und hochwertige Arbeitsplätze. Sie schafft Voraussetzungen zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen wie die umfassende Dekarbonisierung, die Digitalisierung und den demografischen Wandel. Die Nutzung von Schlüsseltechnologien im Dienst und zum Wohl der Menschen ist eine zentrale politische Gestaltungsaufgabe.

### Box 1: Was sind Schlüsseltechnologien?

Schlüsseltechnologien sind nicht einheitlich definiert. Im Englischen werden sie bisweilen auch als general purpose technologies oder als critical technologies bezeichnet. Nach der Definition der Expertenkommission Forschung und Innovation<sup>4</sup> zeichnen sich Schlüsseltechnologien durch drei Merkmale aus:

1. Hohes Potenzial für Leistungssteigerungen bei einer Schlüsseltechnologie selbst und bei ihren Anwendungsbereichen:

**Beispiel:** KI-Systeme verdoppeln ihre Leistungsfähigkeit derzeit im Durchschnitt alle drei Monate. Die Rechenleistung von Mikrochips verdoppelte sich bislang alle zwei Jahre (sog. Moore'sches Gesetz). Ein Quantencomputer wird jedoch voraussichtlich schon in wenigen Jahren auf ausgewählten Einsatzfeldern bis zu 100 Millionen Mal schneller sein als ein herkömmlicher PC.

2. Breite Anwendbarkeit in einer Vielzahl von Technologiebereichen oder Branchen

**Beispiel:** Die Transformation der Automobilindustrie in Richtung der Software Defined Vehicles und der

Elektromobilität steht beispielhaft für die breite Durchdringung der deutschen Industrie durch digitale und industrielle Schlüsseltechnologien. Ihre Integration wird entscheidend für die Zukunftsfähigkeit der deutschen Industrie sein.

3. Starke, nicht ersetzbare Komplementarität zu einer Vielzahl anderer Technologien

**Beispiel:** Innovative Materialien prägen die Funktionalität nahezu aller Gegenstände unserer Umgebung vom batteriegetriebenen Rasenmäher bis zu allen Arten digitaler Werkzeuge.

Damit entstehen auch große Potenziale an den Schnittstellen der Schlüsseltechnologien; sie potenzieren sich in ihren Ergebnissen. So ist die künstliche Intelligenz ein Werkzeug, um die Effektivität und Effizienz unterschiedlichster Wissenschaftsdisziplinen sprunghaft zu steigern. Fortschritte in der KI sind wiederum ohne die Entwicklung der Rechenleistung modernster Supercomputer auf der Grundlage höchstintegrierter Mikroelektronik nicht denkbar. Schlüsseltechnologien sind forschungsintensiv und durch einen hohen Bedarf an Kapital in Entwicklung und Anwendung gekennzeichnet.

Eine technologieoffene Forschungs- und Innovationspolitik, die in Wissenschaft und Wirtschaft vorurteilsfrei unterschiedliche Wege des technologischen Wandels erkundet, braucht eine breite Kompetenzgrundlage in allen zentralen Schlüsseltechnologien.

## 2.1 Technologische Souveränität stärken, einseitige Abhängigkeiten vermeiden

Deutschland ist in komplexe internationale Wissenschafts-, Technologie- und Wertschöpfungsnetzwerke eingebunden. Als High-Tech-Handelsnation ist es besonders auf stabile Lieferketten und sichere Außenhandelsbedingungen angewiesen. Wie fragil internationale Beziehungen sein können, hat spätestens die Covid-19-Pandemie verdeutlicht. Auch der russische Angriffskrieg auf die Ukraine hat Deutschland

eindringlich die Konsequenzen einseitiger Abhängigkeiten von anderen Staaten oder von marktbeherrschenden Unternehmen im Ausland vor Augen geführt. Forschungs- und innovationspolitisch ist daher klar: Deutschland und Europa müssen auch künftig in der Lage sein, die Entwicklung und Anwendung von Technologien international auf Augenhöhe und im Sinne unserer freiheitlich-demokratischen Werte mitzugestalten. Um beispielsweise in sicherheitskritischen Technologien nicht fremdbestimmt zu werden, müssen Deutschland und die EU in diesem Jahrzehnt mit technologieorientierter Forschung und Innovation im weltweiten Vergleich ein zentraler Akteur in der Gestaltung von Schlüsseltechnologien bleiben. Es bedarf des Erhalts und des Ausbaus technologischer Souveränität. Dies stärkt nicht nur die Wettbewerbsfähigkeit und gesellschaftliche Resilienz, sondern auch die Verteidigungsfähigkeit Deutschlands und der EU.

<sup>4</sup> EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2022): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022

## Box 2: Was ist technologische Souveränität?

„Technologische Souveränität ist die Fähigkeit, jederzeit Zugang zu denjenigen Schlüsseltechnologien garantieren zu können, die zur Umsetzung gesellschaftlicher Prioritäten und Bedürfnisse notwendig sind. Dies umfasst die Verwendung und Weiterentwicklung von Technologien und Produkten unter Berücksichtigung der verfügbaren Ressourcen und notwendigen Dienstleistungen, Lücken sichtbar zu machen und wenn möglich zu schließen, und Standards auf den globalen Märkten mitzubestimmen.

Technologische Souveränität kann dabei auch erfordern, Schlüsseltechnologien und technologiebasierte Innovationen in Europa eigenständig zu entwickeln und

eigene Produktionskapazitäten innerhalb der Wertschöpfungsnetze aufzubauen, wenn dies zum Erhalt der staatlichen Handlungsfähigkeit oder zur Vermeidung einseitiger Abhängigkeiten – unter Berücksichtigung sich verändernder geopolitischer Randbedingungen – notwendig ist. Das setzt die Fähigkeit voraus, alle relevanten technologischen Entwicklungs- und Herstellungsprozesse verstehen und bewerten zu können, und hat den Anspruch, gleichberechtigt mit strategisch wichtigen Partnern zusammenzuarbeiten.“

Definition des Rates für technologische Souveränität (2023)

Gemäß der Definition des Rates für technologische Souveränität begreift das BMBF digitale und technologische Souveränität als die Fähigkeit, Schlüsseltechnologien zu verstehen und zu beherrschen, sie in Anwendungen und Innovationen zu überführen und auch eine kritische Masse eigener Produktionskapazitäten sowie die erforderliche Fachkräftebasis aufzubauen, wenn dies zum Erhalt der Handlungsfähigkeit oder zur Vermeidung einseitiger Abhängigkeiten notwendig ist. Technologische Souveränität umfasst auch die Fähigkeit, Anforderungen an Technologien, Produkte und Dienstleistungen entsprechend freiheitlich-demokratischer Werte zu formulieren sowie Standards auf den globalen Märkten mitzubestimmen. Dazu gehört es auch den Aufbau und die Weiterentwicklung von digitalen Kompetenzen sowie einer insgesamt offenen und vertrauensvollen Datenkultur voranzutreiben. Darüber hinaus müssen Anforderungen zur Forschungssicherheit in internationalen FuE-Kooperationen verstärkt beachtet werden.

Da Deutschland oder die EU digitale und technologische Souveränität nicht in allen Technologiebereichen gleichermaßen erreichen können, geht es auch um eine Strategie, die gegenseitigen Abhängigkeiten in Balance zu halten. Es gilt Basiskompetenzen und fokussierte technologische Spezialisierungen zu optimieren. Technologische Souveränität bedeutet also nicht Rückzug oder Autarkie, sondern vielmehr eine kompetente und informierte Kooperation auf Augenhöhe, die einen jederzeitigen Zugang zu Schlüsselkomponenten sicherstellt, sich den Risiken ungewollter

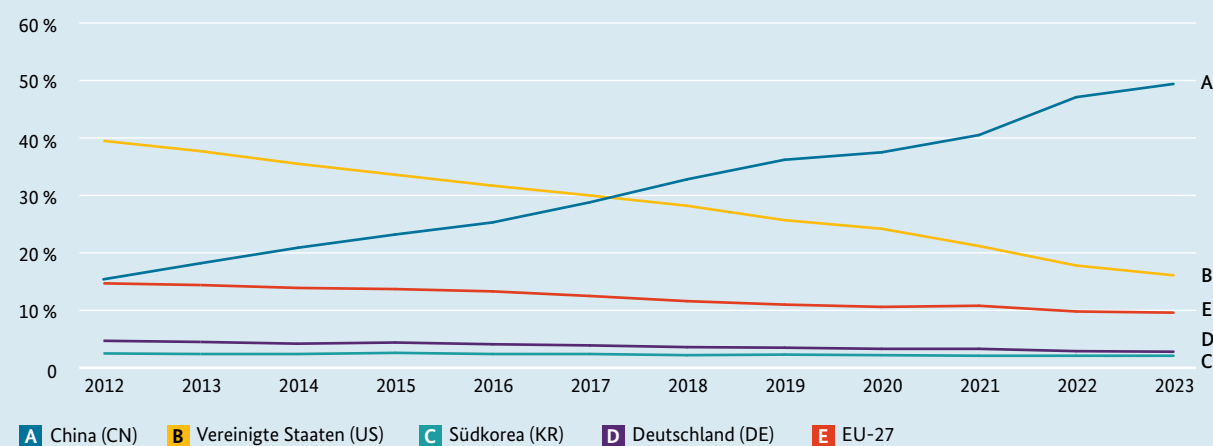
Know-how-Abflüsse bewusst ist und diese reduziert. Das Konzept der technologischen Souveränität Deutschlands versteht sich als Beitrag zu einem eng vernetzten, arbeitsteiligen und prosperierenden europäischen Innovations- und Wirtschaftsraum. Sie stellt die offenen weltweiten Wirtschafts- und Wissenschaftsbeziehungen Deutschlands nicht in Frage. Arbeitsteilung, Vernetzung und multilaterale Kooperation sind zentrale Bausteine für die Fähigkeit Deutschlands und Europas, globale Entwicklungen nach eigenen Vorstellungen und Interessen unter Wahrung freiheitlich-demokratischer Werte mitzugestalten.

## 2.2 Deutschlands Position im globalen Technologiewettbewerb festigen

Die technologische Souveränität Deutschlands und Europas muss in einem immer härteren Wettbewerb um Wissen, Kompetenzen und hierauf basierenden dominierenden Geschäftsmodellen errungen werden. Der Science, Research and Innovation Performance Report der EU (SRIP) 2022<sup>5</sup> stellt fest, dass die EU im globalen Vergleich über alle Wissenschafts- und Technologiefelder hinweg zwar nach wie vor ein „FuE-Powerhouse“ ist: Die EU produziert zwar etwa 10 Prozent des weltweiten wissenschaftlichen und technologischen Outputs – bei nur 7 Prozent der Weltbevölkerung. Die Position der EU und der USA

<sup>5</sup> [research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/support-policy-making/support-national-research-and-innovation-policy-making/srip-report\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/support-policy-making/support-national-research-and-innovation-policy-making/srip-report_en)

**Grafik 1: Anteile der Top-20 %-zitierten Publikationen relevanter Forschungsinstitutionen mit Schlüsseltechnologiebezug**



Quelle: Prognos (2024): Eigene Berechnungen auf Basis von OpenAlex, Stand Juni 2024

haben sich allerdings im globalen Technologiewettlauf in den letzten Jahren stark zugunsten Chinas verschoben. So ist China heute weltweit führend, was das Volumen hochwertiger wissenschaftlicher Veröffentlichungen angeht (s. **Grafik 1**). Sowohl die USA als auch China bauen ihre nationalen FuE-Investitionen mit hoher Dynamik aus. Deutschland und Europa fallen dagegen zurück.

Innerhalb Europas ist Deutschland grundsätzlich gut positioniert. Im von der EU beauftragten Sovereignty-Index<sup>6</sup> der Mitgliedsstaaten belegte Deutschland im Jahr 2022 zwar insgesamt den ersten Platz, fiel im Ranking zu Technologien jedoch auf Platz 11 zurück und lag damit nur knapp über dem EU-Durchschnitt. Als größte und leistungsstärkste Volkswirtschaft der EU stand Deutschland bei seinem Beitrag zur europäischen Wirtschaftssouveränität nur an fünfter Stelle. Ursache hierfür seien insbesondere Deutschlands Abhängigkeiten von Russland und China.

Im Globalen Innovationsindex (GII) 2024<sup>7</sup> der World Intellectual Property Organization (WIPO) liegt Deutschland im Jahr 2024 nach wie vor unter den Top 10 der insgesamt 133 betrachteten Volkswirtschaften. Dabei schnitt Deutschland in den Bereichen Humanvermögen und Forschung sowie kreative Outputs (jeweils Rang 5) weiterhin gut ab. Rückstände

ergaben sich in den Dimensionen „Business Sophistication“, Institutionen (jeweils Rang 19) und vor allem bei Infrastrukturen, wo Deutschland nur auf den Rang 27 kam.

Führende deutsche Wirtschaftsforschungsinstitute stufen im Innovationsindikator die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands auf dem Feld der Schlüsseltechnologien auf Platz 7 unter einer Gruppe von 35 führenden Wirtschaftsnationen ein. Sie analysieren hierzu ein breites Set von Wissenschafts- und Technologieindikatoren. Auch hier hat Deutschland in den vergangenen Jahren an Rangplätzen verloren; die Investitionsdynamik in Schlüsseltechnologien ist in anderen Teilen der Welt höher.

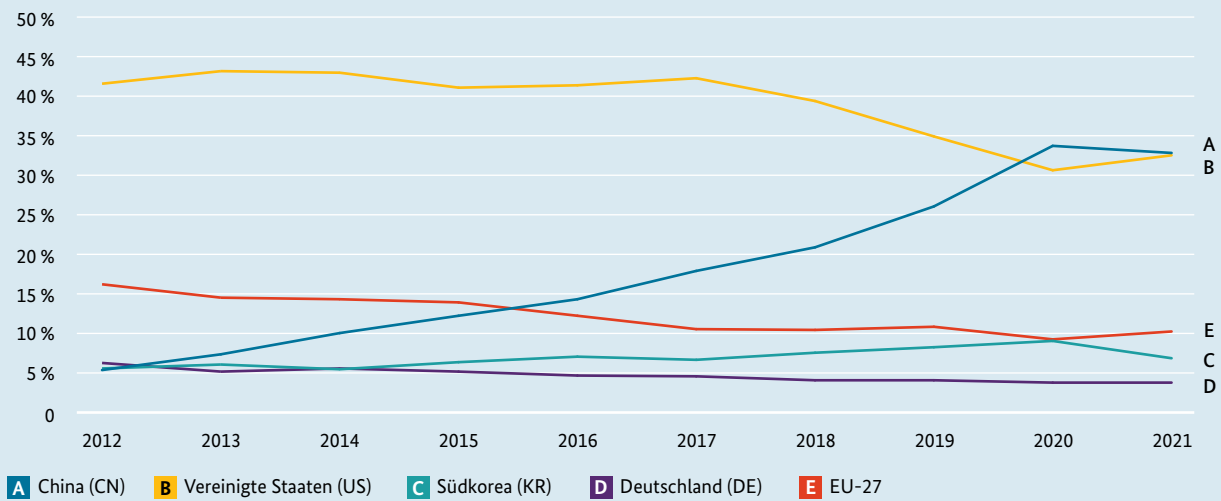
Berechnungen im Auftrag des BMBF zeigen in den letzten zehn Jahren für zentrale Innovationsindikatoren im Bereich Schlüsseltechnologien<sup>8</sup> einen negativen Trend für die Position Deutschlands und der EU im globalen Wissenschafts- und Innovationswettbewerb. So sank der Anteil Deutschlands an den wichtigsten weltweiten Publikationen zu Schlüsseltechnologien von 4,7 Prozent im Jahr 2012 auf 2,8 Prozent im Jahr 2023 (EU-27: von 14,7 auf 9,6 Prozent; s. **Grafik 1**)

<sup>6</sup> [ecfr.eu/special/sovereignty-index](https://ecfr.eu/special/sovereignty-index)

<sup>7</sup> [Global Innovation Index 2024 \(wipo.int\)](https://www.wipo.int/global-innovation-index-2024)

<sup>8</sup> Für diese Berechnungen wurden Publikationen, Patente und Handelsüter für folgende Technologiefelder herangezogen: Advanced Manufacturing, Cybersicherheitstechnologien, Datentechnologien, Energiespeicherung, Kommunikationstechnologien, Künstliche Intelligenz, Mikroelektronik, Nanotechnologie, Neue Materialien, Photonik, Quantentechnologien, Robotik.

**Grafik 2: Anteile der Top-20%-zitierten PCT-Patente mit Schlüsseltechnologiebezug ausgewählter Länder von 2012 bis 2021**



Quelle: Prognos (2024): Eigene Berechnungen auf Basis von Patstat, Stand Juni 2024

sowie bei den wichtigsten Patenten von 6,3 Prozent im Jahr 2012 auf 3,8 Prozent im Jahr 2021 (EU-27: von 16,3 auf 10,3 Prozent; s. **Grafik 2**). Diese relativen Verluste (bis zu 40 Prozent) betreffen auch andere Wissenschaftsräume wie die USA und sind vor allem auf den zeitgleichen Bedeutungsgewinn der Leistungen des chinesischen Innovationssystems zurückzuführen. Beim Blick auf den Außenhandel mit physischen Handelsgütern ist ein geringerer Rückgang beim Anteil Deutschlands an den weltweiten Exporten mit Schlüsseltechnologiebezug von 5,7 Prozent (2012) auf 4,7 Prozent (2022) zu beobachten (s. **Grafik 3**).

All dies zeigt die Notwendigkeit einer Stärkung von Schlüsseltechnologien und die darauf aufbauenden Innovationen. Deutschland ist weiterhin international konkurrenzfähig, insbesondere gemeinsam mit den EU-Partnern. Diese Position muss jedoch gesichert und ausgebaut werden, um den Anschluss an stark wachsende Nationen und zukunftsrelevante Technologiefelder nicht zu verpassen.

Die Gefahr besteht, denn noch nie haben weltweit Nationalstaaten nach Analysen des Rates für technologische Souveränität<sup>9</sup> so viel in die Förderung von

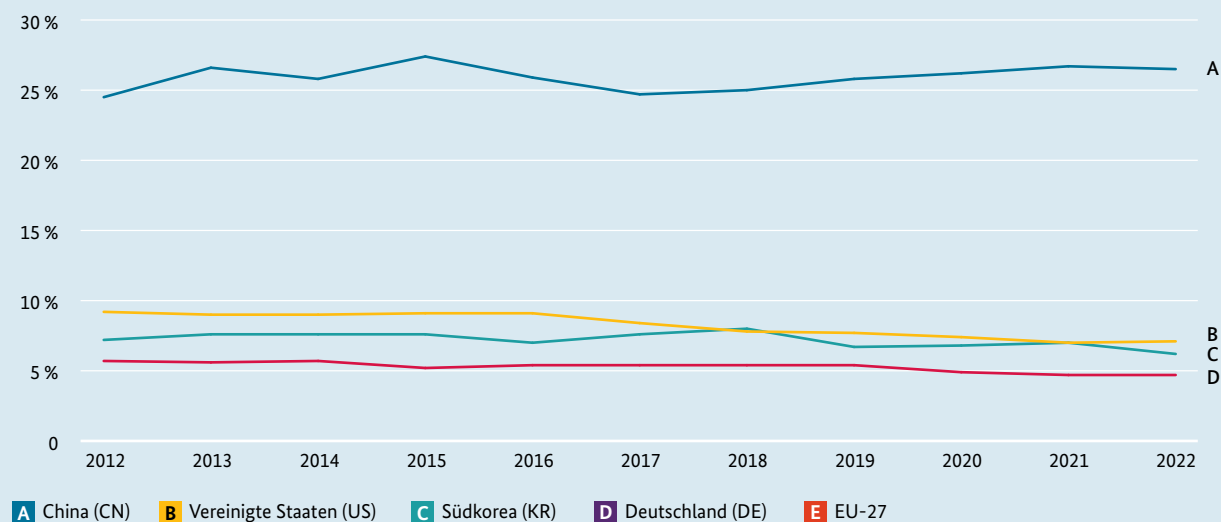
Schlüsseltechnologien investiert. Die Schnittmenge der als Schlüsseltechnologien angesehenen Technologiefelder ist dabei sehr groß. Zahlreiche Länder haben in den letzten zwei Jahren große Programme zur Förderung dieser Technologien aufgelegt. In all diesen Initiativen gehen vielfältige Interventionen der Forschungs- und Entwicklungsförderung, der Industriepolitik, der Subventionierung von Ansiedlungen und der Gestaltung von Rahmenbedingungen ineinander über und sind kaum zu trennen.

Insbesondere die chinesische Forschungs- und Innovationspolitik zielt auf eine weltweite Dominanz zentraler Schlüsseltechnologien in den kommenden Jahrzehnten. Das chinesische Investitionsprogramm „Made in China 2025“ zielt beispielsweise darauf, die Innovationsfähigkeit sowie die industriellen Produktionskapazitäten von zehn inländischen Kernbranchen im Land, darunter der Informationstechnologie und der Energieversorgung, bis 2049 deutlich zu stärken. Ein hohes Wachstum bei Publikationen, Patenten und Welthandelsanteilen zu Schlüsseltechnologien unterstreicht den Erfolg dieser Strategie.

Zum Symbol des weltweiten Ringens um technologische Vorherrschaft sind Halbleiter geworden. Die USA haben sich verpflichtet, in den nächsten zehn Jahren 280 Milliarden US-Dollar in die Chip-Herstellung und Forschung zu investieren, während

<sup>9</sup> Rat für technologische Souveränität (2024): Schlüsseltechnologien im Fokus – Der Wettlauf um industrie- und technologiepolitische Führung: „Technologische Souveränität“ im internationalen Vergleich

**Grafik 3: Anteile an weltweiten Exporten von physischen Gütern mit Schlüsseltechnologiebezug ausgewählter Länder von 2012 bis 2023**



Quelle: Prognos (2024): Eigene Berechnungen auf Basis von Comtrade, Stand Juni 2024

China Subventionen in Höhe von 145 Milliarden US-Dollar bereitstellt und die EU ihr eigenes Gesetz zur Förderung der Chip-Produktion in Europa in Höhe von 43 Milliarden Euro erlassen hat.

## 2.3 Weichen stellen und priorisieren

Die Sicherung technologischer Souveränität ist ein übergreifendes Ziel der gesamten Bundesregierung. Sie umfasst unterschiedliche Bereiche von der Bildungs- und Forschungspolitik über die Bereitstellung der erforderlichen Infrastruktur und Daseinsvorsorge, die Gesundheits-, Klima- und Umweltpolitik bis hin zu finanz- und industriepolitischen Maßnahmen. Bildungs- und forschungspolitische Lösungsbeiträge liegen zuvorderst in der Verantwortung des BMBF.

### Box 3: Der Rat für technologische Souveränität

Zur Unterstützung seiner forschungs- und innovationspolitischen Arbeit hat das BMBF Ende 2021 den Rat für technologische Souveränität berufen. Er setzt sich zusammen aus Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft, deren Fachkenntnisse das Spektrum der Schlüsseltechnologien abdecken.

Der Rat für technologische Souveränität berät das BMBF bei der technologieübergreifenden Vorausschau und bei der Identifizierung von Technologiefeldern von langfristiger strategischer Bedeutung. Er analysiert dazu das Potenzial von Wissenschaft und Wirtschaft in verschiedenen Technologiefeldern sowie Wechselwirkungen der

Technologien untereinander. Auf dieser Basis erarbeiten die Ratsmitglieder Handlungsempfehlungen für das BMBF, die eine nachhaltige Stärkung der relevantesten Technologien, der Querschnittsthemen und eine Sicherung der technologischen Souveränität Deutschlands und Europas anstreben. Der Rat für technologische Souveränität wurde bei der Erarbeitung des vorliegenden Rahmenprogramms mehrfach eingebunden und hat das BMBF mit wertvollen Hinweisen unterstützt.

Weitere Informationen und Veröffentlichungen des Rats unter [bmbf.de/rat4ts](https://www.bmbf.de/rat4ts).

### Box 4: Die Zukunftsstrategie Forschung und Innovation der Bundesregierung

Die Zukunftsstrategie ist die ressortübergreifende Dachstrategie der Bundesregierung für Forschung und Innovation. Die Umsetzung der sechs Missionen der Zukunftsstrategie werden von ressortübergreifenden Missionsteams koordiniert. Jedem Missionsteam der Zukunftsstrategie werden drei Missionspatinnen und Missionspaten aus dem Forum #Zukunftsstrategie zur Seite gestellt. Vertreter des Rates für technologische Souveränität sind darin eingebunden.

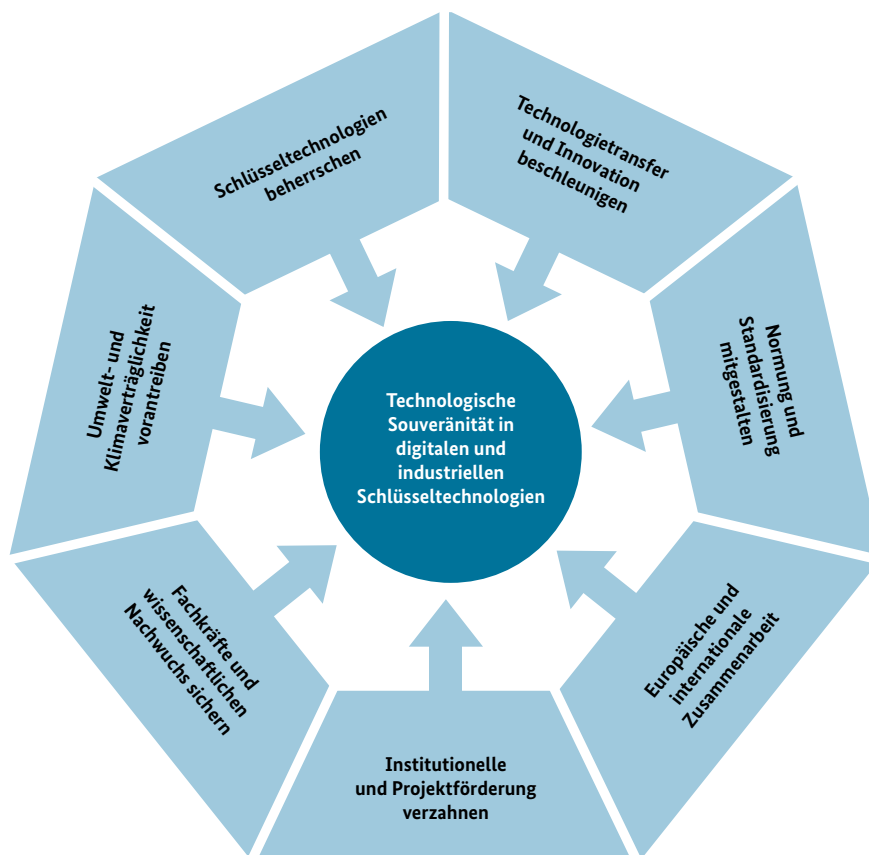
Das Forum #Zukunftsstrategie bildet das zentrale, unabhängige Beratungsgremium der Zukunftsstrategie. Es umfasst über zwanzig Persönlichkeiten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft.

Das vorliegende Rahmenprogramm setzt vor allem die Ziele der Mission 4 „Digitale und technologische Souveränität Deutschlands und Europas sichern und Potenziale der Digitalisierung nutzen“ um.

Weil technologische Souveränität so relevant für den zukünftigen Wohlstand und die Sicherheit Deutschlands sowie zur Bewältigung globaler Herausforderungen ist, hat sie die Bundesregierung unter der Federführung des BMBF als herausgehobenen Bestandteil der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation in

Mission 4 „Digitale und technologische Souveränität Deutschlands und Europas sichern und Potenziale der Digitalisierung nutzen“ verankert. Dies geht mit dem klaren Anspruch und Ziel einher, dass Deutschland und die EU in ausgewählten Technologiefeldern politisch und technologisch souverän agieren können.

**Grafik 4: Zielbereiche des BMBF-Rahmenprogramms Forschung und Innovation für Technologische Souveränität (FITS2030)**



**Mit dem vorliegenden Rahmenprogramm „Forschung und Innovation für Technologische Souveränität“, das einen Handlungsauftrag bis zunächst 2030 formuliert, konkretisiert das BMBF die Mission 4 der Zukunftsstrategie in seinem Zuständigkeitsbereich.** Jenseits von FITS2030 tragen auch andere Missionen der Zukunftsstrategie – umgesetzt in entsprechenden Rahmen- und Forschungsprogrammen- zur Stärkung der technologischen Souveränität bei (s. beispielhaft **Box 5**). Im Zentrum der BMBF-Aktivitäten zur Stärkung der digitalen und technologischen Souveränität Deutschlands und der EU steht die Förderung von innovativen und exzellent vernetzten Deep-Tech-Innovationsökosystemen. FITS2030 bündelt Maßnahmen der Forschungsförderung, die Förderung von Ökosystem-Infrastrukturen, die Unterstützung der Innovationsfähigkeit und die Stärkung des Nachwuchses in digitalen und industriellen Schlüsseltechnologien – also Künstliche Intelligenz und Software-Engineering, Mikroelektronik und Höchstleistungsrechnen, Kommunikationssysteme und Cybersicherheit,

Quantentechnologien und Photonik sowie Material- und Batterietechnologien, Robotik und Industrie 4.0. Diese Auswahl an Schlüsseltechnologien folgt der Mission 4 der Zukunftsstrategie. Zu allen Themen wurden individuelle Fachprogramme vorgelegt. Maßnahmen der themenoffenen Innovationsförderung – bspw. der Validierungsförderung, der Agentur für Sprunginnovationen oder der Transferbrücken – und stark interdisziplinäre Anwendungen digitaler und industrieller Schlüsseltechnologien – bspw. in der zivilen Sicherheitsforschung – gehen über die genannten Schlüsseltechnologien teilweise hinaus (s. **Kapitel 3.3**). Und nicht zuletzt soll die Bearbeitung von Querschnittsthemen (s. **Kapitel 3.4**) Lösungen entwickeln, die auch für andere Technologiebereiche von Nutzen sein können. **Grafik 4** visualisiert die verschiedenen Zielbereiche von FITS2030.

#### **Box 5: Förderung von Biotechnologien durch das BMBF**

Die Biotechnologie ist eine Schlüsseltechnologie gemäß der Definition in **Box 1**. Sie ist in den Missionen 1 und 3 der Zukunftsstrategie verankert und verspricht wesentliche Beiträge zur Lösung gesamtgesellschaftlicher Probleme wie Klimawandel, Ernährungssicherung und Gesundheit und ist ein zentraler Baustein für den Übergang von der fossilen Wirtschaft zu einer ressourceneffizienten, klimaschonenden Kreislaufwirtschaft. Biotechnologische Anwendungen sind stark forschungsgetrieben und erfordern kontinuierliche Investitionen in die Erforschung und Entwicklung innovativer und zukunftsweisender Lösungen. Das Technologiefeld profitiert dabei von der fortschreitenden Digitalisierung, der Nutzung großer Datenmengen und dem Einsatz von

KI-Methoden. Das BMBF fördert die Biotechnologien methodenoffen und in ihrer gesamten Bandbreite, ob weiße, rote oder grüne Biotechnologie. Dies reicht von der Wirkstoffforschung über die Produktion biogener Kraftstoffe bis hin zu neuen genomischen Verfahren und Züchtungstechniken für die Pflanzen der Zukunft. Die Zukunftsstrategie Forschung und Innovation und die Nationale Bioökonomiestrategie der Bundesregierung schaffen dafür den Rahmen.

#### **Weitere Informationen:**

[go-bio.de](https://www.go-bio.de),  
[biooekonomie.de](https://www.biooekonomie.de)



### 3. Unser Leitbild: die technologische Basis für morgen sicherstellen

Technologieentwicklung auf internationalem Spitzenniveau ist wie ein Marathonlauf. Die Aktivitäten des BMBF sind in technologiespezifischen Fachprogrammen zusammengefasst. Im Kontext der Förderung von Schlüsseltechnologien wurden bereits in den vergangenen Jahren bahnbrechende Innovationen entwickelt, die erfolgreich ihren Weg in den Markt

und gesellschaftlich wichtige Anwendungen gefunden haben (Box 6). Das Ziel der Forschungs- und Innovationspolitik des BMBF ist der langfristige Aus- und Aufbau von Spitzenforschung und Spitzenkompetenzen zu Schlüsseltechnologien auf weltweit führendem Niveau sowie der Transfer von Inventionen in die Anwendung.

## Box 6: Zehn Fördererfolge des BMBF zu digitalen und industriellen Schlüsseltechnologien

**Software für die Industrie:** ARAMiS, ein BMBF-gefördertes Konsortium aus renommierten Forschungseinrichtungen, führenden Industrieunternehmen sowie Software- und Toolherstellern, entwickelte ein Planungs- und Steuerungssystem für Anwendungen in der Automobil- und der Luftfahrtbranche sowie für Industrie 4.0. Die Software ist in zahlreichen Produkten weltweit zu finden. [aramis2.org](http://aramis2.org)

**EUV-Lithographie:** Langjährige BMBF-Förderung ermöglichte den Durchbruch der sog. Extrem-Ultraviolett-Lithographie, der entscheidenden Technologie zur Herstellung modernster Chips für Computer oder Handys.

**Team 1 – 2020 | Deutscher Zukunftspreis (deutscher-zukunftspreis.de)**

**Quantencomputer im Höchstleistungsrechenzentrum:** Im Juni 2024 wurde am Leibniz-Rechenzentrum LRZ in Garching erstmals ein Quantenprozessor mit einem Höchstleistungsrechner verbunden – ein Meilenstein für das Quantencomputing in Europa. Den Prozessor entwickelte das BMBF-geförderte finnisch-deutsche Start-up IQM Quantum Computers.

[quantentechnologien.de/forschung/foerderung/quantencomputer-demonstrationsaufbauten/q-exa.html](http://quantentechnologien.de/forschung/foerderung/quantencomputer-demonstrationsaufbauten/q-exa.html)

**Glasbauteile aus dem 3D-Drucker:** Eine Nachwuchsgruppe entwickelte das Material „Glassomer“, mit dem filigrane und transparente Bauteile aus Glas erstmals mittels massenproduktionstauglichen Spritzgussverfahren und 3D-Druck hergestellt werden können. Das Verfahren wird für Fotolinsen, Brillengläser sowie in der Chipherstellung und Medizintechnik erfolgreich angewendet. [glassomer.com](http://glassomer.com)

**Emissionsärmere Betonherstellung:** Im Rahmen von KMU-innovativ konnte im Projekt „UltraBePro“ erstmals in der Baubranche die physikalische Aktivierung der Erhärtungsreaktion von Zement durch Ultraschall auf eine industrielle Produktion hochskaliert werden. Beim Bau des Instandhaltungswerks für ICE4-Züge in Cottbus wurde eine CO<sub>2</sub>-Reduktion von 30% bestätigt.

[sonocrete.com](http://sonocrete.com)

**Körperscanner zur Sicherheitskontrolle:** Forschende entwickelten unter Einbezug von Sicherheitskräften einen berührungslosen Ganzkörperscanner, der durch den Einsatz ungefährlicher Millimeterwellen-Technologie die Personenkontrolle in Sicherheitsschleusen schneller, effektiver und komfortabler gestaltet. Er kommt an Flughäfen in Deutschland, Europa und weltweit zum Einsatz. [sifo.de/qpass](http://sifo.de/qpass)

**Autonomes Fahren:** UnicarAgil, ein BMBF-gefördertes Konsortium deutscher Spitzenforschung, entwickelte komplett neue Fahrzeugstrukturen, innovative Sensorik und Software. Damit wurde eine Basis für die Entwicklung fahrerloser Fahrzeuge in der deutschen Auto-Branche geschaffen.

**UNICARagil – Startseite**

**Eine App, die Leben rettet:** Rettungsstellen können über die KATRETTTER-App freiwillige Ersthelfende aktiv um Mithilfe bei einem Notfall (z. B. Herzstillstand) bitten, wenn diese sich in unmittelbarer Nähe zum Einsatzort befinden. In den ersten zwei Jahren seit Einführung der App wurden allein in Berlin fast 2000 Patientinnen und Patienten vor Eintreffen des Rettungsdienstes durch Ersthelfende reanimiert, die über KATRETTTER aktiviert wurden.

[sifo.de/ensure](http://sifo.de/ensure)

**Innovatives Lichtblattmikroskop:** Aus den BMBF-Projekten „3D Super Resolution“ und „nanoSPIM: Schonende hochauflösende Fluoreszenzmikroskopie lebender Zellen mit frei einstellbarem Lichtblatt“ entwickelte die Carl Zeiss Microscopy GmbH aus Jena ein Mikroskop, mit dem man erstmals lebende Zellen schädigungsfrei über Tage hinweg live und in 3D beobachten kann.

[deutscher-zukunftspreis.de/de/bundespraesident-verleiht-deutschen-zukunftspreis-2022](http://deutscher-zukunftspreis.de/de/bundespraesident-verleiht-deutschen-zukunftspreis-2022)

**mRNA-Technologie:** Im „Spitzencluster für Individualisierte ImmunIntervention (Ci3)“ (2012–2017) profitierte das Unternehmen BioNTech aus Mainz bereits frühzeitig von der gezielten Einbindung in die BMBF-Förderung. Heute zählt BioNTech zu den global führenden Unternehmen in der Krebs-Immuntherapie sowie Impfstoffentwicklung und ist Partner der nächsten Generation regionaler Innovationsnetzwerke.

**Cluster für Individualisierte ImmunIntervention (Ci3) – BMBF**

Die Fachprogramme der Forschungs- und Innovationsförderung lassen sich vom Gedanken innovativer Ökosysteme leiten. Deep-Tech-Innovationsökosysteme decken die gesamte Innovationskette von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung in Forschungsfabriken und Experimentierräumen ab. Ihre Aufgabe ist, auf Forschungs- und Innovationsfelder im Ganzen zu schauen und jene Initiativen zu starten, welche Potenziale heben, Defizite begrenzen, institutionelle oder regulative Rigiditäten überwinden und Hemmnisse abbauen. Das wichtigste Instrument ist dabei die vorwettbewerbliche Projektförderung in transdisziplinären Konsortien, um Forschende mit Anwendern zu vernetzen. Aber auch der Aufbau von Infrastrukturen, Angebote an Startup-Inkubatoren, die Mitgestaltung von Technologie-Regulierung, Austauschprogramme für Studierende und andere Werkzeuge finden Unterstützung. Die Maßnahmen bauen auf der

leistungsfähigen grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung von Hochschulen und außeruniversitärer Forschung (MPG, HGF, WGL, FhG) in Deutschland auf. Die Ansatzpunkte der Fachprogramme verändern sich: In einer frühen, sehr grundlagennahen Phase einer Technologie kann es in erster Linie um wissenschaftliche Exzellenz gehen; in einer späteren Phase um eine möglichst schnelle Diffusion von Erkenntnissen in Wirtschaft und Gesellschaft.

Da technologische Souveränität nur mit mehr Forschenden in der Spitze als auch Anwenderinnen und Anwendern in der Breite gelingen kann, sind die Fachkräftegewinnung und -ausbildung sowie die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses integraler Bestandteil der Förderung.

### Box 7: Technologiefrüherkennung und Technologiekonvergenzen

Um Orientierungswissen auszubauen, hat das BMBF seinen übergreifenden Foresight-Prozess neu aufgestellt und fokussiert diesen auf Schlüsseltechnologien. Der Prozess umfasst sowohl ein kontinuierliches Technologie-Monitoring als auch die Nutzung datenbasierter Analysen zur frühzeitigen Identifikation von Trends oder Konvergenzentwicklungen im Bereich der Schlüsseltechnologien. So sollen evidenzbasierte Informationen für das Setzen von neuen Prioritäten bereitgestellt werden. Der BMBF-weite und technologieübergreifende Foresight-Prozess wird durch technologiespezifische Vorausschauaktivitäten innerhalb der Fachprogramme ergänzt. Im Diskurs mit dem Rat für technologische Souveränität und unter Berücksichtigung internationaler Referenzempfehlungen wie dem Framework for Anticipatory Governance of Emerging Technologies der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) sollen Chancen und Risiken für Deutschland und Europa eruiert werden.

Ein derartiger Trend ist die Biologisierung der Technik. Der an der Schnittstelle zwischen Biologie, den Werkstoffwissenschaften und den Produktions- und Informationstechnologien aufkommende Zukunftstrend beinhaltet die Übertragung biologischen Wissens bzw. biologischer Prinzipien auf technische Systeme. Die Technik beschreibt, wie das Potenzial natürlicher Prozesse und der Natur selbst für Ressourcen, Verfahren, Prozesse oder Prinzipien in der industriellen Anwendung genutzt werden kann.<sup>10</sup> Effizientere Materialsynthesen und sich selbst reparierende oder adaptierende Materialien sind nur einige der künftigen Anwendungen. Die Biologisierung der Technik ist der Wegbereiter einer biointelligenten Wertschöpfung, einer faszinierenden Symbiose biologischer und technischer Systeme mit Informationssystemen – mit der letztendlich die Konvergenz von Bio-, Hard-, und Software angestrebt wird.

<sup>10</sup> Acatech (2019): Materialforschung: Impulsgeber Natur. Innovationspotenzial biologisch inspirierter Materialien und Werkstoffe

### Box 8: Die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI)

Zur Verbesserung der Zugänglichkeit und der Qualität von Forschungsdaten in Deutschland fördert das BMBF gemeinsam mit den Ländern zunächst bis 2028 den Aufbau und Betrieb der NFDI. In der NFDI werden wertvolle Datenbestände von Wissenschaft und Forschung für das gesamte deutsche Wissenschaftssystem systematisch erschlossen, vernetzt und nachhaltig sowie qualitativ nutzbar gemacht. Hierbei finden auch die sogenannten FAIR-Prinzipien Anwendung, nach denen Daten auffindbar, zugänglich, interoperabel und wiederwertbar zur Verfügung gestellt werden sollen. In

26 Fachkonsortien und einem Konsortialverbund, der Basisdienste für alle Konsortien entwickeln soll, arbeiten mehr als 400 Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Datenzentren oder Forschungsmuseen an dem Aufbau der NFDI. Die Aktivitäten werden durch die Geschäftsstelle des gemeinnützigen Vereins Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) e. V. mit Sitz in Karlsruhe koordiniert. Die NFDI ist auch am Aufbau der European Open Science Cloud beteiligt, dem europaweiten Verbund von Infrastrukturen, die den Zugang zu Forschungsdaten und Diensten ermöglichen.

## 3.1 Digitale Schlüsseltechnologien

Digitale Schlüsseltechnologien sind die Werkzeuge für die Welt von morgen. Sie sind die Grundlage für zahlreiche Anwendungen und Produkte, die das Leben der Menschen weltweit in einem immer rascheren Tempo im Alltag verändern und erleichtern. In einer modernen Gesellschaft kann digital und technologisch souveränes, selbstbestimmtes Handeln als Ganzes nur gelingen, wenn Kompetenzen aufgebaut und die Basis dafür in den einzelnen Technologiefeldern gelegt wird. Ein großer Anteil der aktuellen Schlüsseltechnologien liegt im Bereich des Digitalen. Hard- und Software sowie digitale Infrastrukturen, wie Großrechner und Datenökonomie, sind gemeinsam zu adressieren. Dabei sind die Grenzen zwischen einzelnen digitalen Technologiefeldern fließend, zunehmend auch zu industriellen und weiteren Schlüsseltechno-

logien. Das Hauptaugenmerk liegt auf den Deep-Tech-Aspekten von Digitalität wie bspw. im Bereich der Quantentechnologien, Mikrochips und KI-Algorithmen. Einzelne Verfahren und Wissensfelder, in denen Deutschland führend ist, werden dabei gezielt in die Förderung integriert.

### 3.1.1 Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) ist eine Schlüsseltechnologie, die weltweit die Wirtschaft und Gesellschaften verändert. Das BMBF ist seit vielen Jahren Treiber der KI-Entwicklung in Deutschland und Europa. Die Forschungsförderung im Bereich KI reicht über 50 Jahre zurück; das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) wurde bereits 1988 gegründet. Mit der KI-Strategie der Bundesregierung und deren Fortschreibung werden wichtige Initiativen in den Bereichen Forschung, „Köpfe“ und Kompetenzen,





Infrastrukturen und Transfer vorangetrieben. Dadurch wird auf Jahre hinaus eine exzellente Basis für die KI-Forschung und die Ausbildung von KI-Fachkräften in Deutschland geschaffen. Da es Deutschland an starken KI-Unternehmen fehlt, kommt es ganz besonders auf ein KI-Ökosystem an, um den Anschluss nicht zu verlieren.<sup>11</sup> Leuchttürme sind insbesondere die KI-Kompetenzzentren, die KI-Servicezentren, 150 neu geschaffene und besetzte KI-Professuren, über 40 KI-Nachwuchsforschungsgruppen sowie Anwendungshubs in den Bereichen Produktion, Gesundheit und Kreislaufwirtschaft.

Mit dem KI-Aktionsplan setzt das BMBF in den kommenden Jahren neue Impulse vor dem Hintergrund der hochdynamischen technologischen Entwicklung und neuen Herausforderungen, die sich beispielsweise aus dem AI Act ergeben. Drei Bereiche stehen dabei im Fokus: Erstens werden die zentralen Elemente für die KI-Entwicklung und -Nutzung gezielt weiter gestärkt. Dies umfasst den Ausbau und die Zugänglichkeit der Daten- und Rechnerinfrastruktur ebenso wie den Kompetenzaufbau und die Ausbildung von KI-Fachkräften sowie einer exzellenten Forschungsbasis an der technologischen Leistungsgrenze. Zweitens soll noch gezielter der europäische Schulterschluss zu KI gesucht und dazu die Abstimmung innerhalb des Europäischen Forschungsraums forciert werden. Drittens liegt ein Augenmerk auf der Beschleunigung der Umsetzung von KI in konkreten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Nutzen: Dies umfasst sowohl den Transfer in Anwendungsfelder wie Robotik, Klimaforschung, Gesundheit sowie berufliche und akademische Bildung als auch die gezielte Förderung von KI-Start-ups und des KIEinsatzes im Mittelstand.

#### Weitere Informationen:

[softwaresysteme.dlr-pt.de/de/kuenstliche-intelligenz.php](https://softwaresysteme.dlr-pt.de/de/kuenstliche-intelligenz.php)

### 3.1.2 Software-Engineering

Software bestimmt den Funktionsumfang und damit die Leistungsfähigkeit heutiger Technologieprodukte und macht in vielen Branchen den größten Anteil der Wertschöpfung aus. Gerade sicherheitskritische Systeme und Infrastrukturen erfordern zuverlässige Software. Für technologische Souveränität sind Kompetenzen zur Herstellung und Bewertung leistungsfähiger Software-Systeme unabdingbar. Software-Unternehmen gibt es in Deutschland jedoch nur wenige, häufig werden hierzulande Entwicklungen durch die Nutzerindustrie selbst vorangetrieben. Insgesamt dominieren außereuropäische Akteure das Feld: im Jahr 2022 bestritten US-Unternehmen weltweit etwa drei Viertel aller globalen FuE-Ausgaben im Softwarebereich.<sup>12</sup> In diesem kompetitiven Umfeld hat das BMBF durch seine Forschungsförderung Grundlagen dafür geschaffen, Software in Deutschland mit zeitgemäßen Methoden und ebenso effizienten wie zuverlässigen Software-Entwicklungswerkzeugen zu entwickeln. Das V-Modell XT – als grundlegende Softwareentwicklungsmethodik und Vorgehensmodell für IT-Entwicklungsprojekte der Bundesrepublik Deutschland – geht auf Forschungen zurück, die vom BMBF gefördert wurden. Die Anwendungsfelder reichen von eingebetteten Systemen für Industrie 4.0 und das Internet der Dinge bis zum Höchstleistungsrechnen. Gefördert werden zudem die Open-Source-Community (via Software Sprint) sowie die Kompetenzentwicklung (über den Software-Campus).

Die Entwicklung von Kompetenzen im Software-Engineering, die Unterstützung von Open-Source-Ansätzen sowie die Weiterentwicklung von Methoden und Werkzeugen sind auch die zentralen Säulen der Forschungsförderung bis 2030. Ein Augenmerk liegt dabei auf neuen Herausforderungen, die sich aus der wachsenden Komplexität von Systemen, etwa aufgrund der fortschreitenden Vernetzung (sog.

11 ifo Schnelldienst 04/2024: Innovationen in Deutschland und der EU – Weg der Stärke?, S.21

12 ifo Schnelldienst 04/2024: Innovationen in Deutschland und der EU – Weg der Stärke?, S.9



„Systems of Systems“) oder deren Adaptivität, etwa durch KI ergeben. Das BMBF wird hierzu die etablierten Formate wie den Software-Campus und den Software-Sprint fortsetzen und ausbauen, den Transfer von Methoden, Werkzeugen und Kompetenzen in wichtige Anwendungsfelder sowie in kleine und mittlere Unternehmen weiter vorantreiben und seinen Strategieprozess mit Blick auf neue Herausforderungen und Lösungsansätze forcieren.

**Weitere Informationen:**  
[softwaresysteme.dlr-pt.de](https://softwaresysteme.dlr-pt.de)

### 3.1.3 Mikroelektronik

Mikroelektronik ist ein Treiber der Digitalisierung und notwendig für unterschiedlichste Anwendungen von autonomen Fahrzeugen, über intelligente Produktion und Medizintechnik bis hin zu Telekommunikation und Energietechnik. Im internationalen Vergleich ist Deutschland lediglich in Teilgebieten, wie Elektronik für Industrie und Automobil, in einer Spitzenposition.<sup>13</sup> Mit einem Anteil von ca. 3 Prozent an der weltweiten Chip-Produktion ist Deutschland bislang nur ein nachrangiger Standort. Durch die Ansiedlungen neuer Chip-Fabriken in Deutschland und Europa bieten sich aber bis zum Jahr 2030 neue Chancen für einen substantiellen Zugewinn an technologischer Souveränität.

Bis zum Jahr 2030 wird das BMBF die Chancen des EU Chips Acts nutzen, die Kompetenzen im Chip-Design in Deutschland erheblich ausbauen und die Fachkräftebasis in der Mikroelektronik gezielt stärken.

Durch europäische Vorhaben und Pilotlinien im Rahmen des EU Chips Acts wird das BMBF den Transfer „from lab to fab“ deutlich ausbauen. Das BMBF legt mit seiner Design-Initiative einen Schwerpunkt auf ein lebendiges Open-Source-Ökosystem für das Chip-Design. Durch die Initiative werden auch Hochschulen und Studierende an das Thema herangeführt.

Im Rahmen eines großen Fachkräfte-Vorhabens schafft das BMBF neue Inhalte und Formate zur Aus- und Weiterbildung, die auch von einem Zugang zu den Infrastrukturen der Forschungsfabrik Mikroelektronik profitieren.

**Weitere Informationen:**  
[elektronikforschung.de](https://elektronikforschung.de)

### 3.1.4 High-Performance-Computing

High-Performance-Computing ist ein integraler Bestandteil zahlreicher Forschungsfelder: zum Beispiel in der Energieforschung, den Material- und Lebenswissenschaften, der Klimaforschung oder auch der KI-Forschung. High-Performance-Computing (HPC) ist ein kritischer Faktor für den Erfolg des Wissenschafts- und Forschungsstandorts Deutschland. Im internationalen Vergleich verfügt Deutschland über gute Zugänge zu performanten Höchstleistungsrechnern, jedoch entwickelt sich das Feld sehr dynamisch.<sup>14</sup>

Das BMBF fördert im Programm „Hoch- und Höchstleistungsrechnen für das digitale Zeitalter“ deshalb langfristig Ausbau, Betrieb und Vernetzung des High-Performance Computing vor allem im Gauss Centre for Supercomputing (GCS) und im Nationalen Hochleistungsrechnen (NHR). Dies schafft die Voraussetzungen für nachhaltige und leistungsfähige Datentechnologien, -anwendungen und wissenschaftliche Innovationen. Mit der Förderung des NHR stellt das BMBF – gemeinsam mit den Ländern – flächendeckend und bedarfsgerecht Rechenkapazitäten für wissenschaftliche Forschung an Hochschulen bereit.

Auch im Jahr 2030 soll Deutschland führender Standort in Europa für das High-Performance Computing sein; sowohl bei den Rechenkapazitäten als auch bei den Kompetenzen zur Nutzung von Supercomputern. Das BMBF wird, auch im Verbund mit der europäischen Initiative EuroHPC, die Rechenkapazitäten des GCS bis in den Exascale-Bereich ausbauen. Ein Schwerpunkt



wird dabei auf Rechnern liegen, die auch für rechenintensive KI-Anwendungen wie das Training von großen Sprachmodellen geeignet sind. Ebenso wird das BMBF weitere Angebote zum Kompetenzerwerb für die effektive und effiziente Nutzung der Supercomputer für Anwenderinnen und Anwender schaffen.

**Weitere Informationen:**

[gauss-centre.eu](https://gauss-centre.eu), [nhr-verein.de](https://nhr-verein.de)

### 3.1.5 Kommunikationssysteme

Kommunikationssysteme sind das Nervensystem einer hypervernetzten Gesellschaft. Sie durchdringen alle Lebensbereiche und sämtliche Technologiefelder und sind ein maßgeblicher Innovationstreiber sowie wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Digitalisierung. Deutschland und Europa sind im Bereich der Mobilfunktechnologien und faseroptischen Technologien gut aufgestellt.<sup>15</sup> Die Durchsetzung wesentlicher gesellschaftlicher Prioritäten – wie die Souveränität, Nachhaltigkeit und Vertrauenswürdigkeit – setzt jedoch ein immer tieferes Verständnis von Kommunikationstechnologien voraus.

Bis zum Jahr 2030 soll mithilfe der BMBF-Förderung ein starkes deutsches und europäisches Innovationsökosystem für künftige Kommunikationstechnologien aufgebaut werden. Bestehende Abhängigkeiten in den Lieferketten für elektronische Komponenten und Geräte, etwa im Bereich kritischer Infrastrukturen, sollen dadurch reduziert werden. Zudem soll in Kooperation mit internationalen Wertepartnern eine gemeinsame Ausgestaltung relevanter Technologiestandards erreicht werden.

Aktueller Förderschwerpunkt des BMBF ist die Erforschung, Entwicklung und Vorbereitung der kommenden 6. Generation des Mobilfunks (6G). Dabei ist absehbar, dass 6G-Mobilfunk den Umgang mit Daten verändern wird – etwa beim vertrauenswürdigen Austausch von Daten, der verteilten Datenverarbeitung in KI-Systemen oder der sicheren Anbindung und

Steuerung von intelligenten robotischen Systemen. Ab 2025 fokussiert das BMBF mit einer 6G-Roadmap den Transfer von Forschungsergebnissen in gesellschaftlich relevante Anwendungen und die wirtschaftliche Verwertung sowie die wertorientierte Mitgestaltung eines globalen 6G-Standards.

**Weitere Informationen:**

[forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/forschung/kommunikationssysteme](https://forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/forschung/kommunikationssysteme)

### 3.1.6 Cybersicherheit

Über 200 Milliarden Euro Schaden entstehen laut Bitkom der deutschen Wirtschaft jedes Jahr aufgrund von Cyberangriffen.<sup>16</sup> Entwicklungen in Technologiebereichen wie Künstlicher Intelligenz oder Quantencomputing bringen neben großen Chancen weiteres Bedrohungspotenzial durch Cyberangriffe mit sich. Forschung zur Cybersicherheit ist ein wesentlicher Schlüssel, um die digitale Zukunft in Deutschland frei und selbstbestimmt zu gestalten, demokratische Strukturen zu erhalten und europäische Werte zu stärken.

Ziel des BMBF bis zum Ende der Dekade ist es, dass Deutschland die sichere digitale Welt nach freiheitlich-demokratischen Wertvorstellungen maßgeblich mitgestaltet sowie durch grundlegende und disruptive Innovationen eine höhere Immunität und Resilienz gegenüber Cyberbedrohungen erreicht.

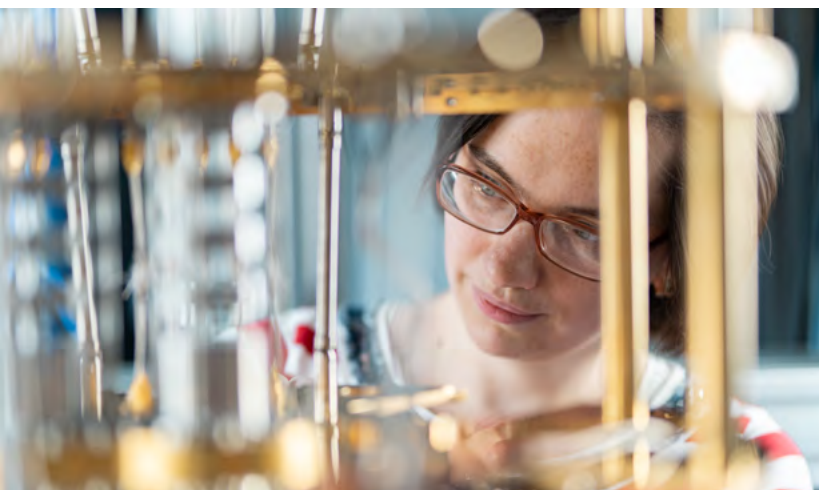
Die Förderung des BMBF wird dazu beitragen, kritische Infrastrukturen abzusichern, KI-Systeme sicher und nachvollziehbar zu gestalten, vertrauliche Kommunikation im Quantenzeitalter zu ermöglichen, Privatheit und Datenschutz zu gewährleisten sowie Cyberangriffe, digitale Manipulation und Desinformation effektiv und effizient abzuwehren. Flankiert wird dies von Gründungsinkubatoren und einer Gründungsförderung, mit deren Hilfe die Forschungsergebnisse schneller in den Markt gebracht werden sollen.

15 [bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/5/31677\\_Souveraen\\_Digital\\_Vernetzt.pdf](https://bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/5/31677_Souveraen_Digital_Vernetzt.pdf)

16 [bitkom.org/Presse/Presseinformation/Organisierte-Kriminalitaet-greift-verstaerkt-deutsche-Wirtschaft-an](https://bitkom.org/Presse/Presseinformation/Organisierte-Kriminalitaet-greift-verstaerkt-deutsche-Wirtschaft-an)

**Weitere Informationen:**

[forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/forschung/it-sicherheit](https://forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/forschung/it-sicherheit)

**3.1.7 Quantentechnologien**

Quantentechnologien sind ein Zukunftsfeld mit disruptivem Potenzial und weltweit hoher Dynamik. Quantencomputing, Quantenkommunikation und Quantensensorik eröffnen zahlreiche neue Chancen für Wirtschaft und Gesellschaft. Deutschland ist hier im internationalen Wettbewerb gut aufgestellt<sup>17</sup> – mit weltweit anerkannter Spitzenforschung und einer innovativen Akteurslandschaft, die sich auf der Basis einer starken Förderung der Bundesregierung in den letzten Jahren entwickelt hat.

Bis zum Jahr 2030 wird das BMBF dazu beitragen, Deutschland und Europa in den Quantentechnologien zu weltweit führenden Innovationsräumen zu machen. Ziele sind eine international führende Position bei der Entwicklung und Nutzung von Quantencomputern und Quantensensoren sowie der Aufbau einer leistungsfähigen Infrastruktur für die sichere Kommunikation.

Mit seinen Förderinitiativen treibt das BMBF bis Ende des Jahrzehnts den Aufbau von Quantencomputern und deren Nutzung voran. Maßnahmen adressieren die technologischen Grundlagen sowie Infrastrukturen für die Pilotfertigung und Anwendungen von Quantencomputern in den Feldern Simulation, Optimierung oder maschinelles Lernen. In der Quantensensorik fördert das BMBF Leuchtturmanwendungen in der Medizintechnik, der Produktion und der Logistik, um

der breiten industriellen Nutzung den Weg zu bereiten. In der Quantenkommunikation zielen die BMBF-Maßnahmen auf Technologien und Gesamtnetzarchitekturen für sichere Kommunikationssysteme. Dedizierte Maßnahmen für Start-ups, zur Förderung von Talenten und zur internationalen Kooperation mit Wertepartnern unterstützen den Auf- und Ausbau starker Innovationsökosysteme mit Forschung und Industrie.

**Weitere Informationen:**

[quantentechnologien.de](https://quantentechnologien.de)

**3.1.8 Photonik**

Deutschland gehört in der Photonik zur internationalen Spitzengruppe. Rund tausend deutsche Photonik-Unternehmen mit mehr als 190.000 Beschäftigten erzielten im Jahr 2022 einen Umsatz von über 50 Milliarden Euro bei einer Exportquote von 73 Prozent.<sup>18</sup> Dieser Erfolg resultiert aus der engen Kooperation zwischen Wissenschaft, forschenden Unternehmen und Anwendern.

Ziel der BMBF-Förderung bis zum Jahr 2030 ist es, diese Kooperation weiter zu stärken und die Spitzenposition Deutschlands in der Photonik zu erhalten und auszubauen. Es gilt, die Transformation zur integrierten und digitalen Photonik erfolgreich zu gestalten, neue forschungsintensive Leitmärkte zu erschließen und den Zugang zu Materialplattformen und Fertigungskapazitäten sicherzustellen.

Fördermaßnahmen bis 2030 fokussieren auf die Hochintegration photonischer Systeme und Anwendungen in der automatisierten Produktion, der Medizintechnik, der Umweltsensorik und in autonomen Systemen. Die Erforschung und Entwicklung von Höchstleistungs-Lasern zielt auf die Erzeugung hochenergetischer Strahlung für die Analytik und perspektivisch auch auf Strahlquellen für die Fusionsforschung. Zudem fördert das BMBF die Photonik als wichtige Basistechnologie für die Quantentechnologien. Flankierend stärkt das BMBF Forschungsinfrastrukturen und baut im „Photonics Valley Jena“ das Leibniz-Zentrum für Photonik in der Infektionsforschung LPI auf.

**Weitere Informationen:**

[photonikforschung.de](https://photonikforschung.de)

17 Steady progress in approaching quantum advantage | McKinsey

18 SPECTARIS: „2023/2024 Trend Report Photonics“



## 3.2 Industrielle Schlüsseltechnologien

Industrie und Gesellschaft stehen vor einer doppelten Transformation hin zu einer gut vernetzten, hochdigitalisierten sowie gleichzeitig klimaneutralen Wirtschafts- und Lebensweise. In der Industrie nehmen materialbasierte Technologien und die daraus hervorgehenden Anwendungen Schlüsselrollen ein, sie bedingen einander oder bilden starke Synergien. Fortgeschrittene Materialien versprechen künftig großes Potenzial bei der Substitution kritischer Rohstoffe und der Senkung des Primärrohstoffbedarfs und führen zu leistungsfähigeren Produkten, beispielsweise in der Batterieproduktion. Material- und Prozessinnovationen profitieren gleichermaßen von digitalen Schlüsseltechnologien. Maschinenlesbare Daten, die den gesamten Lebenszyklus von Produkten und Anlagen beschreiben und in Form eines digitalen Zwillings abbilden, sind die Grundlage kreislauffähiger Wertschöpfung und Ausgangspunkt für digitale Produktpässe.

Daten werden zur strategischen Ressource, um Produkte, Prozesse, Geschäftsmodelle und Wertschöpfungssysteme neu zu gestalten. Vernetzte Datenräume schaffen eine neue Qualität der Wertschöpfung und revolutionieren etablierte industrielle Strukturen. Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung sind dabei Datenschutz und -qualität, Sicherheit und ethische Aspekte sowie die Sicherstellung der Datensouveränität beim Austausch von Daten. Diese Herausforderungen werden durch die Konformität mit den Anforderungen der europäischen Gaia-X-Dateninfrastruktur sichergestellt.

Das BMBF erprobt und entwickelt Datentreuhandmodelle für einen sicheren und vertrauensvollen Datenaustausch in Forschung und Wirtschaft, um das gesellschaftliche Innovationspotenzial von Daten zu heben und neue Formen des Datenteilens zu entwickeln und so den Weg zu einer neuen Datenkultur zu ebnet. Damit leistet das BMBF einen wesentlichen Beitrag zur Stärkung der digitalen und technologischen Souveränität.

### 3.2.1 Materialforschung

Neue Materialien sind das Rückgrat für die Konkurrenzfähigkeit des deutschen Forschungs- und Industriestandortes, legen den Grundstein für Technologieführerschaft in zentralen Zukunftsfeldern und sichern gesellschaftlichen Wohlstand. Aktuelle Studien zeigen jedoch, dass in Deutschland gegenüber Wettbewerbern aus dem südostasiatischen Raum (China, Japan, Korea) und den USA Aufholbedarf bei der Erforschung neuer Materialien besteht<sup>19,20</sup>. Diesem Trend wirkt das BMBF gezielt entgegen, u. a. mit dem ab dem Jahr 2025 startenden neuen BMBF-Materialforschungsprogramm. Ein zentraler Schwerpunkt ist darin die Beschleunigung der Erforschung und Entwicklung fortgeschrittener Werkstoffe durch die digitalisierte Materialforschung. Über eine Verknüpfung mit dem Konzept „Industrie 4.0“ sollen digitale Abbildungen von Materialien bzw. Chemikalien über den gesamten Lebenszyklus hinweg möglich werden und damit die

19 APRA-Studie FhG-ISI, EFI-Gutachten, Bertelsmann-Stiftung ([bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/weltklassepatente-in-zukunftstechnologien](https://bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/weltklassepatente-in-zukunftstechnologien))

20 [Industrial R&D&I investments and market analysis in advanced materials – Publications Office of the EU \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/euroisr/industrial-rd-i-investments-and-market-analysis-in-advanced-materials)

Grundlage für den Aufbau einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft gelegt werden. Darüber hinaus wird bei der Entwicklung von Materialinnovationen dem Thema Ressourcensouveränität mehr Gewicht verliehen.

Das BMBF-Programm flankiert die von der Europäischen Kommission Anfang 2024 lancierte EU-Initiative „Advanced Materials for Industrial Leadership“<sup>21</sup>, mit der ein dynamisches, sicheres und umfassendes Innovationsökosystem für fortgeschrittene Werkstoffe in Europa aufgebaut werden soll.

**Weitere Informationen:**  
[werkstofftechnologien.de](http://werkstofftechnologien.de)



### 3.2.2 Robotik

Robotik ist die Schlüsseltechnologie für die branchenübergreifende Automatisierung und die Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen wie dem demografischen Wandel. Deutschland ist eines der Länder mit der höchsten Roboterichte weltweit und einer der größten Märkte für Robotiklösungen.<sup>22</sup>

Basis für die hervorragende Position Deutschlands ist ein starkes Ökosystem aus innovativen Anbietern von Robotik-Lösungen und einer exzellenten Forschungslandschaft. Das BMBF wird bis zum Jahr 2030 auf Basis der traditionellen Stärken der deutschen Wirtschaft in Maschinenbau und Mechatronik mit dem

Aktionsplan Robotikforschung die KI-basierte Robotik vorantreiben, damit Deutschland führender Industriestandort bleibt.

Das BMBF fördert dafür u. a. umfassende Forschung an Basistechnologien wie beispielsweise Elektronik, Sensorik, Kommunikationstechnologien wie 5G/6G sowie Künstliche Intelligenz, die der Robotik zu neuer Leistungsfähigkeit verhilft. Damit werden disruptive Anwendungsmöglichkeiten eröffnet wie lernende Roboter, die im Handwerk unterstützen können. Die deutsche Spitzenforschung in der Robotik wird mit dem „Robotics Institute Germany“ vernetzt und zur Talentschmiede ausgebaut. Sie erhält so internationale Sichtbarkeit und strategische Schlagkraft.

**Weitere Informationen:**  
[www.bmbf.de/DE/Forschung/Zukunftstechnologien/Robotik/robotik\\_node.html](http://www.bmbf.de/DE/Forschung/Zukunftstechnologien/Robotik/robotik_node.html)

### 3.2.3 Batterietechnologien

Batterien sind das Herzstück einer nachhaltigen Elektromobilität und zentral für eine effiziente Nutzung von Strom aus erneuerbaren, volatilen Quellen. In den vergangenen 15 Jahren ist mit einer BMBF-Projektförderung von über einer Milliarde Euro ein weltweit kompetitives Innovationsökosystem gewachsen. Dieses soll mit Hilfe einer effizienten Förderung stark bleiben, gerade mit Blick auf einen sich verschärfenden internationalen Wettbewerb um diese Schlüsseltechnologie. Das Förderkonzept des BMBF ist entlang der gesamten Wertschöpfungskette Batterie (Materialherstellung, Maschinen- und Anlagenbau, Zellproduktion, Second Life und Recycling) darauf ausgerichtet, die Massenproduktion wettbewerbsfähiger, ressourcen- und energieeffizienter Batteriezellen in Deutschland zu ermöglichen. Wesentliche Bausteine sind die Batteriekompetenzcluster, in die auch wesentliche Forschungsinfrastrukturen bis in den Bereich der Skalierungsforschung – mit der Forschungsfertigung Batteriezelle (FFB) in Münster als Leuchtturm – eingebettet sind. Die Kompetenzcluster werden flankiert von Maßnahmen zur Verbundforschung, mit denen insbesondere der Transfer innovativer Ideen und Konzepte in die industrielle Anwendung optimiert und beschleunigt wird. Der Transfer neuer und disruptiver Ansätze in die industrielle Nutzung stellt aktuell einen Schwerpunkt der BMBF-Forschungsförderung im Bereich der Batterietechnologien dar.

21 KOM-Mitteilung vom 27.2.2024 „Advanced Materials for Industrial Leadership“; COM (2024) 98 final

22 World Robotics 2023 – Industrial Robots, International Federation of Robotics, 2023

Durch synergetische Vernetzung akademischer Forschung mit industrieller Entwicklung will das BMBF bis 2030 auch erreichen, dass der deutsche Maschinen- und Anlagenbau wieder am Aufbau von Batterie-Giga-Factories beteiligt ist. Batterien aus Europa sollen bis zum Jahr 2030 nicht nur wettbewerbsfähig werden, sondern international den Standard setzen. Des Weiteren soll die Serientauglichkeit mindestens einer wiederaufladbaren Batterie-Technologie abseits der aktuellen Lithium-Ionen-Technologie erfolgreich demonstriert werden – neben der Natrium-Ionen-Technologie fördert das BMBF hier insbesondere die Fortentwicklung von Festkörperbatterien.

**Weitere Informationen:**

[werkstofftechnologien.de/programm/batterieforschung](http://werkstofftechnologien.de/programm/batterieforschung)

### 3.2.4 Industrie 4.0

Industrie 4.0 steht für den tiefgreifenden Wandel industrieller Wertschöpfung durch digitale Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen über Unternehmensgrenzen und Prozessschritte hinweg. Forschung zu Industrie 4.0 trägt dazu bei, dass sich Menschen, Technologien und Organisationen weiterentwickeln und vernetzen: Es entstehen Kompetenzen, die unmittelbar zur technologischen Souveränität im Bereich Digitalisierung und zur Innovationskraft von Unternehmen beitragen.

Das BMBF wird in den kommenden Jahren insbesondere mittelständische Unternehmen dabei unterstützen, forschungsbasierte Innovationen zu Industrie 4.0 zu entwickeln, und so auch die Anwendung der innovativen Technologien ermöglichen. So sollen beispielsweise Möglichkeiten geschaffen werden, um Produktionsverfahren für kleine Losgrößen oder kreislauffähige Wertschöpfung flexibler

zu gestalten und über die kontinuierliche Analyse von Prozess- und Produktdaten in Echtzeit auf Störungen zu reagieren. Technologien der Industrie 4.0 – wie Datenbrillen oder der Digitale Zwilling – verändern die Organisation von Arbeit in der Produktion. Nicht zuletzt werden auf Basis neuer technologischer Möglichkeiten etablierte Geschäftsmodelle hinterfragt und innovativ weiterentwickelt. Mit Datenraummodellen und industrieller KI kann Wertschöpfung in ganz neuer Weise digital organisiert werden.

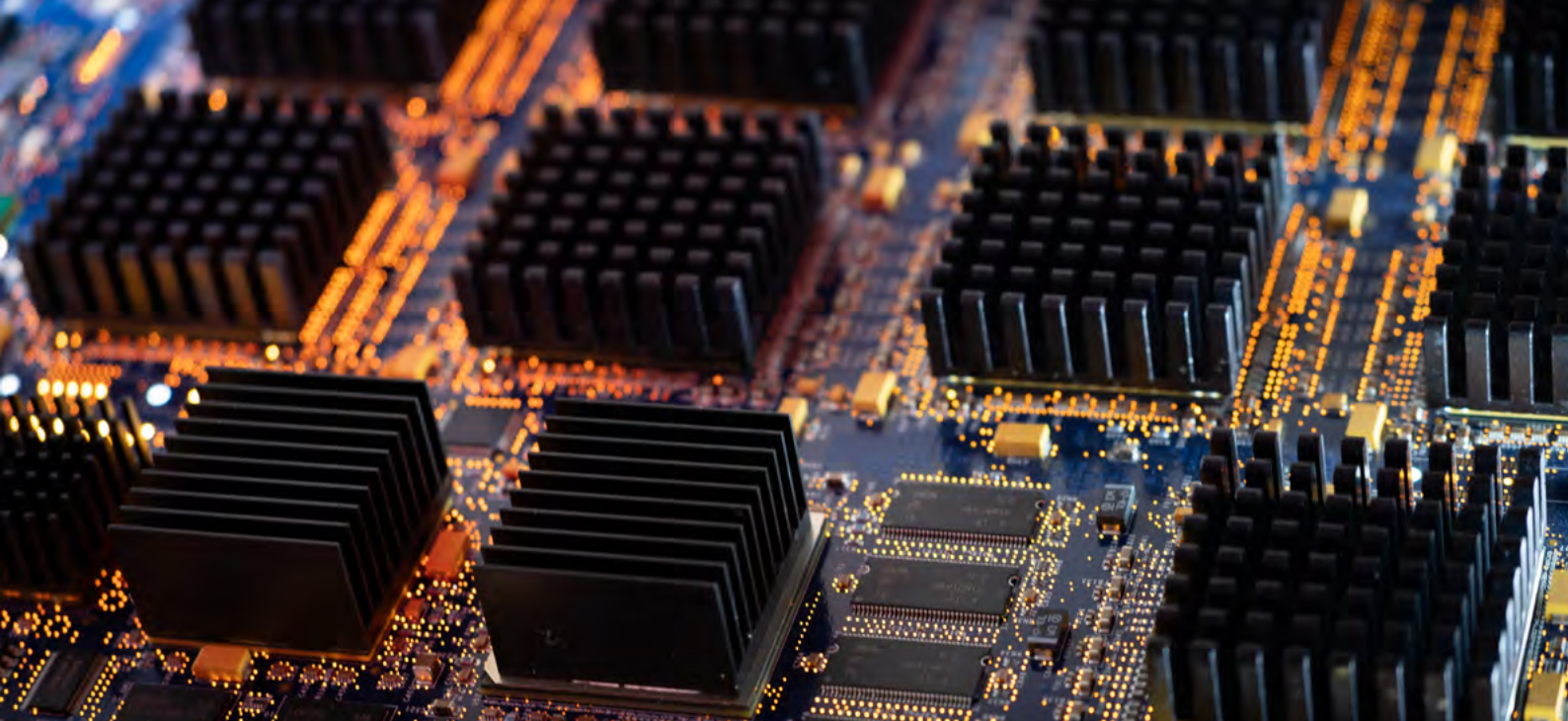
Bis zum Jahr 2030 rücken neue Forschungsfragen zur Steuerung und zum Zusammenspiel von Datenräumen ins Zentrum. Digitale Zwillinge und Systems Engineering werden sich weiterentwickeln, genauso wie vertrauenswürdige Datenraumstrukturen und deren Rahmenbedingungen. Fragen nach der Zukunft der Industriearbeit, neuen Geschäftsmodellen und der Rolle des Menschen werden sich immer wieder neu stellen.

Die Zukunftsfragen der Industrie 4.0 werden kontinuierlich weiterentwickelt: mit wissenschaftlicher Expertise, innovativen Ideen und der Vernetzung von Menschen und Technologien. Für Forschung und Entwicklung bis 2030 bleibt es wichtig, Ideen für Industrie 4.0 zu entwickeln und im Sinne einer souveränen Wertschöpfung umzusetzen. Das erfordert den integrierten Blick auf Menschen, Technologie und Organisation.

**Weitere Informationen:**

[zukunft-der-wertschoepfung.de](http://zukunft-der-wertschoepfung.de)





### 3.3 Technologietransfer und Innovationsprozesse beschleunigen

---

Die thematischen Schwerpunkte im vorangegangenen Kapitel dienen einer systematischen Darstellung der zentralen Ziele und Maßnahmen zu strategisch relevanten Schlüsseltechnologien bis 2030. Es gilt, diese Schlüsseltechnologien in Anwendungen und Innovationen zu überführen, die zur Umsetzung gesellschaftlicher Prioritäten beitragen. Hierzu fördert das BMBF anwendungsorientierte, technologieoffene Programme. Weitere Förderansätze zielen auf Talente, Netzwerke und Ideen jenseits thematischer Beschränkungen. Denn Transfer und Innovationen folgen nicht automatisch aus exzellenten Forschungsergebnissen. Deshalb stärkt das BMBF die kontinuierliche Kooperation von Forschenden mit Anwenderinnen und Anwendern in Wirtschaft und Gesellschaft. Die Förderung von Schlüsseltechnologien in Deep-Tech-Innovationsökosystemen umfasst die Förderung aller wesentlichen Schritte von der Forschung bis zur Innovation – oft im Projektverbund von Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Die enge Vernetzung von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft in frühen Stadien der technologischen Entwicklung ist eine große Stärke des deutschen Innovationsystems. Die Verbundforschung des BMBF wirkt als Katalysator dieser Zusammenarbeit.

Ein ausgewogener und innovationsfreundlicher Regulierungsrahmen ist wichtig, um Anreize für private Investitionen in Forschung und Innovation sowie Planungssicherheit für innovationsstarke Unternehmen zu schaffen. Die frühzeitige Berücksichtigung von Regulierungsbedarfen im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungskooperationen trägt dazu bei, Produkte bereits in der Design- und

Entwicklungsphase sicher, nachhaltig und/oder kreislauffähig zu gestalten. Ebenso wichtig für die Innovationsdynamik sind regulatorische Freiräume, die neue Spielräume für Forschende und Innovatoren schaffen. Das BMBF wird daher verstärkt Reallabore und vergleichbare regulatorische Ansätze im Rahmen seiner Förderung nutzen.

In Umsetzung von Mission 4 der Zukunftsstrategie der Bundesregierung sollen diese Maßnahmen auch dazu beitragen, dass bis 2030 moderne rechtliche Rahmenbedingungen für Reallabore geschaffen sind und die Erprobung von Innovationen unter realen Bedingungen dadurch besser zum digitalen und nachhaltigen Wandel beiträgt.

#### **3.3.1 Technologieoffene Transferförderung und innovative Netzwerke stärken**

Die technologie- und themenoffene Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu Schlüsseltechnologien eröffnet Räume für (ganz) neue, disruptive und zukunftssträchtige Ideen auch über die thematisch fokussierte Förderung hinaus. Sie eröffnet Möglichkeiten zum interdisziplinären und branchenübergreifenden Austausch, der nicht an den Grenzen der Fachprogramme Halt macht.

Solche vernetzungsorientierten Ansätze sind insbesondere geeignet, um bahnbrechende Entwicklungen an der Grenze zweier oder mehrerer Wissenschaftsdisziplinen frühzeitig zu erkennen. Das BMBF fördert daher ausgewählte Zukunftscluster und Forschungscampus-Modelle langfristig und unterstützt so die Innovationsökosysteme, Wertschöpfungsketten und Arbeitsplätze von morgen und übermorgen. Diese Netzwerke schaffen darüber hinaus wichtige Impulse insbesondere auf neu aufkeimenden Innovationsfel-

dern, die für die künftige technologische Souveränität von besonderer Bedeutung sind.

Aktuelle Projekte forschen beispielsweise an der Entwicklung neuartiger Ansätze an der Schnittstelle von Quantentechnologie und Mikroelektronik oder an neuen medizinischen Diagnose- und Behandlungsverfahren mittels einer Kombination molekularbiologischer und optischer Methoden.

Langfristig verfolgt die vernetzungsorientierte Förderung des BMBF das Ziel, die Potenziale ausgewählter Regionen gezielt zu erschließen und auszubauen, um international sichtbare Leuchttürme in relevanten Schlüsseltechnologien zu etablieren und so die Innovationskraft Deutschlands insgesamt zu stärken. Hierfür wird das BMBF seine Förderansätze kontinuierlich weiterentwickeln und dabei eine bedarfsgerechte finanzielle Förderung mit Ansätzen zur Überwindung von Innovationshemmnissen und zur Schaffung innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen verknüpfen.

Zur themen- und technologieoffenen Förderung von Schlüsseltechnologien geht das BMBF darüber hinaus weitere Wege:

- Die Lücke zwischen ersten Ergebnissen aus der Grundlagenforschung und einer möglichen Anwendung in Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen schließt die BMBF-geförderte technologie- und themenoffene Validierungsforschung. Das Förderprogramm VIP+ agiert als technologisches Treibhaus und hilft, Trends und neue Themen zu erkennen.
- Die Stärke des deutschen Innovationssystems beruht insbesondere auf der Vielfalt kleiner und mittlerer Unternehmen in allen Teilen des Landes. Das BMBF stärkt die FuE-Tätigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen in zahlreichen Branchen und Gebieten durch das Programm „KMU innovativ“.

Mit einer neuen Initiative setzt das BMBF neue, weitere Impulse, um Transfer und Innovation in Deutschland zu stärken:

- Das Instrument „Transferbrücken“ zielt darauf ab, das Transferpotenzial an deutschen Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu erschließen und für die wirtschaftliche Ent-

wicklung und gesellschaftlichen Transformation zu nutzen. Die Transferbrücken legen den Fokus auf Talente und zielen darauf ab, potenzielle Gründerinnen und Gründer frühzeitig zu identifizieren und von Beginn an zu unterstützen. Dabei sollen Studierende, Promovierende und Forschende an Wissenschaftseinrichtungen für Gründungen und Transfer sensibilisiert und aktiviert werden. Die Qualifizierung und Professionalisierung des Personals in Transferstellen, Gründungseinrichtungen und der Verwaltung von Wissenschaftseinrichtungen ist ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt. Ergänzend wird die Verbesserung der für Gründungen und Transfer erforderlichen institutionellen Rahmenbedingungen in den Fokus genommen sowie die Stärkung des Stellenwerts von Transfer und Gründungen als relevante wissenschaftliche Leistungsdimension. Ziel ist es, ein möglichst breites Fundament an gründungsrelevanten Ideen und Personen zu generieren, von denen aufgrund von Ausleseprozessen erwartungsgemäß nicht alle in konkrete Gründungen überführt werden. Die Transferbrücken ergänzen mit ihrem Fokus auf die Pre-Seed-Phase bestehende Unterstützungsangebote und Förderprogramme des BMWK (z. B. EXIST) und setzen noch vor der ersten privaten Investition bzw. Finanzierung durch privates Risikokapital oder KMU-Förderung an.

In Umsetzung von Mission 4 der Zukunftsstrategie der Bundesregierung sollen diese Maßnahmen auch mittelbar dazu beitragen, dass bis 2030

- die Gründungsrate (Neugründungen in Relation zum Unternehmensbestand) im Hochtechnologie-sektor gesteigert wird,
- die Anzahl akademischer (Aus-)Gründungen gesteigert wird,
- die Innovatorenquote von KMU gesteigert wird und
- die Zusammenarbeit von Unternehmen, insbesondere von KMU, zivilgesellschaftlichen Akteurinnen und Akteuren mit Forschungseinrichtungen, zur Erforschung und Lösungsfindung für Fragestellungen aus der Praxis gestärkt wird.

**Weitere Informationen:**

[clusters4future.de](https://clusters4future.de),  
[forschungscampus.bmbf.de](https://forschungscampus.bmbf.de),  
[validierungsfoerderung.de](https://validierungsfoerderung.de),  
[www.bmbf.de/DE/Forschung/Gesellschaft/Zukunft-DerArbeit/KmuInnovativ/kmuinnovativ\\_node.html](https://www.bmbf.de/DE/Forschung/Gesellschaft/Zukunft-DerArbeit/KmuInnovativ/kmuinnovativ_node.html)

### Box 9: Die Deutsche Agentur für Transfer und Innovation (DATI)

Die DATI soll die Transferbewegung in Deutschland verbreitern und beschleunigen. Ihr Ziel soll es sein, Forschungsergebnisse durch einen effektiven Ideen-, Wissens- und Technologietransfer in die wirtschaftliche und gesellschaftliche Praxis zu bringen und neue Innovationspotenziale zu heben. Sie soll auf einen themen- und akteursoffenen Ansatz setzen, „Transfer aus einer Hand“ anbieten und in ihrem zugrundeliegenden Transfer- und Innovationsverständnis explizit auch Soziale Innovationen umfassen.

Das BMBF hat die begleitende Pilotmaßnahme „DATI-pilot – Fördern & Lernen für Innovation und Transfer“ mit zwei Zielen initiiert: Erstens soll die Maßnahme

forschungsbasierte innovative Ideen für Transferprojekte in den verschiedenen Regionen Deutschlands eruieren und Transferpotenziale erschließen. Zweitens soll sie neue Ansätze für eine vereinfachte und flexiblere Förderung von Transfer überregional erproben. Damit schafft das BMBF im Umfeld der Gründung der DATI einen Experimentierraum für agile Transfer und Innovationspolitik sowie einen Erfahrungs- und Ideenspeicher für die Ausgestaltung der Agentur und die Weiterentwicklung der Innovationsförderung insgesamt.

#### Weitere Informationen:

[bmbf.de/dati](https://bmbf.de/dati)

### 3.3.2 Sprunginnovationen gezielt fördern

Die gezielte, frühe und risikoreiche Förderung von Sprunginnovationen ist ein wesentlicher neuer Schwerpunkt der Bundesregierung. Sprunginnovationen sind disruptive Innovationen, die neue Märkte erschließen oder bestehende radikal verändern oder die ein bedeutendes technologisches, soziales oder ökologisches Problem lösen. Mit der 2019 gegründeten Bundesagentur für Sprunginnovationen GmbH (SPRIND) fördert das BMBF themenoffen Ideen mit dem Potenzial für solche Sprunginnovationen. Die SPRIND steht für neue Wege der Förderung und Vernetzung im deutschen und europäischen System der Forschungsförderung und ist somit ein Schlüssel zur Erhöhung unserer technologischen Souveränität.

Mit dem 2023 in Kraft getretenen SPRIND-Freiheitsgesetz wurde die SPRIND unabhängiger und agiler aufgestellt: Im Ergebnis soll die SPRIND Innovatorinnen und Innovatoren autonom eine maßgeschneiderte Unterstützung für die Umsetzung ihrer Ideen mit Sprunginnovationspotenzial vom der grundlagen-nahen Forschung bis zur Umsetzung in Märkte anbieten können, um so auch international konkurrenzfähig zu sein. Durch den nun möglichen Einsatz auch privatrechtlicher Förder- und Finanzierungsinstrumente sollen künftig insbesondere Co-Finanzierungen mit privaten Investoren erleichtert werden.

Um die SPRIND weiter zu entwickeln, wird die Bundesregierung auf Grundlage einer Evaluation weitere Verbesserungspotenziale identifiziert. In Umsetzung von Mission 4 der Zukunftsstrategie der Bundesregierung sollen diese Maßnahmen auch dazu beitragen, dass bis 2030 Sprunginnovationen durch die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) auch in den Markt gebracht werden.

#### Weitere Informationen:

[sprind.org/de](https://sprind.org/de)

### 3.3.3 Zukunft der Wertschöpfung

Das Fachprogramm zur Wertschöpfung der Zukunft verwendet sechs Perspektiven, die in thematischen Handlungsfeldern zusammengeführt werden:

- (I) Menschen und
- (II) Ressourcen in der Wertschöpfung,
- (III) sozio-technische Methoden und Innovationen und
- (IV) Nutzenversprechen sowie
- (V) Vernetzung und
- (VI) Dynamik in Wertschöpfungssystemen.

Damit schlägt das Programm auch die Brücke zwischen Schlüsseltechnologien und Transfer, weil Wertschöpfung immer auf technologischen Möglichkeiten aufbaut, diese mit Menschen verbindet und in den Gütern, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen zur Anwendung in den Wirtschaftsprozessen beiträgt.

Im Handlungsfeld „Kreislauffähige Wertschöpfung“ sollen in den kommenden Jahren digitale Zwillinge so weiterentwickelt werden, dass sie über Schnittstellen in das Wertschöpfungssystem verfügen und Informationen über enthaltene Materialien abbilden. Prozesssteuerung soll auf Basis der Instrumente von Industrie 4.0 weiterentwickelt werden. Durch die Speicherung und Nutzung von Daten werden neue Dienstleistungen und digitale Marktplätze möglich, die verschiedene Material- und Komponentenkreisläufe verzahnen.

Bis zum Ende der Laufzeit 2028 wird das Programm auch die Handlungsfelder „Datenorientierte Wertschöpfung“ und „Resiliente Wertschöpfung“ umsetzen. Als lernendes Programm identifiziert es frühe Signale von Veränderungen in Wertschöpfungssystemen, die das BMBF in weiteren Handlungsfeldern berücksichtigen wird. Aufgabe der Forschung wird es sein, in jedem Handlungsfeld neue Geschäftsmodelle zu entwickeln, die Ressourceneffizienz zu steigern und soziotechnische Innovationen in Prozesse zu integrieren. Industrie 4.0-Technologien werden ein zentrales Element bleiben, um die digitale Vernetzung aller Wertschöpfungsprozesse zu nutzen.

**Weitere Informationen:**  
[zukunft-der-wertschoepfung.de](https://www.zukunft-der-wertschoepfung.de)

### 3.3.4 Zivile Sicherheit

Die zivile Sicherheitsforschung ist ein weiterer Bereich der anwendungsorientierten, technologie-offenen und -übergreifenden Innovations- und Transferförderung. In Sicherheit und Freiheit zu leben ist ein Grundbedürfnis aller Menschen. Um die uneingeschränkte Handlungsfähigkeit Deutschlands im Bereich der zivilen Sicherheit zu gewährleisten, müssen Sicherheitslösungen auf digitalen und industriellen Schlüsseltechnologien basieren, die der Staat souverän beherrschen kann. Es gilt, kritische Abhängigkeiten rechtzeitig zu erkennen und zu vermeiden, um so Bedrohungen wirksam begegnen zu können. Dies gilt im gesamten Anwendungsspektrum der zivilen Sicherheitsforschung, vom Bevölkerungsschutz über Versorgungssicherheit und hybriden Bedrohungen bis hin zur Kriminalitätsbekämpfung.

Mit dem Rahmenprogramm der Bundesregierung 2024–2029 „Forschung für die zivile Sicherheit – gemeinsam für ein sicheres Leben in einer resilienten Gesellschaft“ wird die Grundlage für eine widerstandsfähige Gesellschaft geschaffen. Ziel und Anspruch ist es, sozio-technische Sicherheitslösungen zu entwickeln, um Sicherheit und Handlungsfähigkeit von Staat und Gesellschaft auch künftig zu stärken. Hierzu werden Technologien betrachtet, die für die zukünftige Gewährleistung ziviler Sicherheit von Bedeutung sind, um so eine wichtige Voraussetzung zur zielgerechten und bedarfsgerechten Gestaltung technologischer Souveränität zu schaffen.

**Weitere Informationen:**  
[sifo.de](https://www.sifo.de)



## 3.4 Querschnittsaufgaben lösen

---

FITS2030 formuliert Handlungsaufträge zunächst bis zum Jahr 2030. Das Rahmenprogramm ist mehr als die Summe seiner technologieorientierten Fachprogramme und seiner Innovationsförderung. Stärker als in der Vergangenheit will das BMBF für technologieübergreifende Querschnittsthemen Forschungsbeiträge fördern und praktikable Lösungen erarbeiten. Damit eröffnet das FITS2030 für die beteiligten Fachprogramme einen wesentlichen Mehrwert. Zugleich wird sichergestellt, dass Forschung und Innovation für technologische Souveränität bis 2030 vernetzt, zukunftsorientiert und wirksam werden.

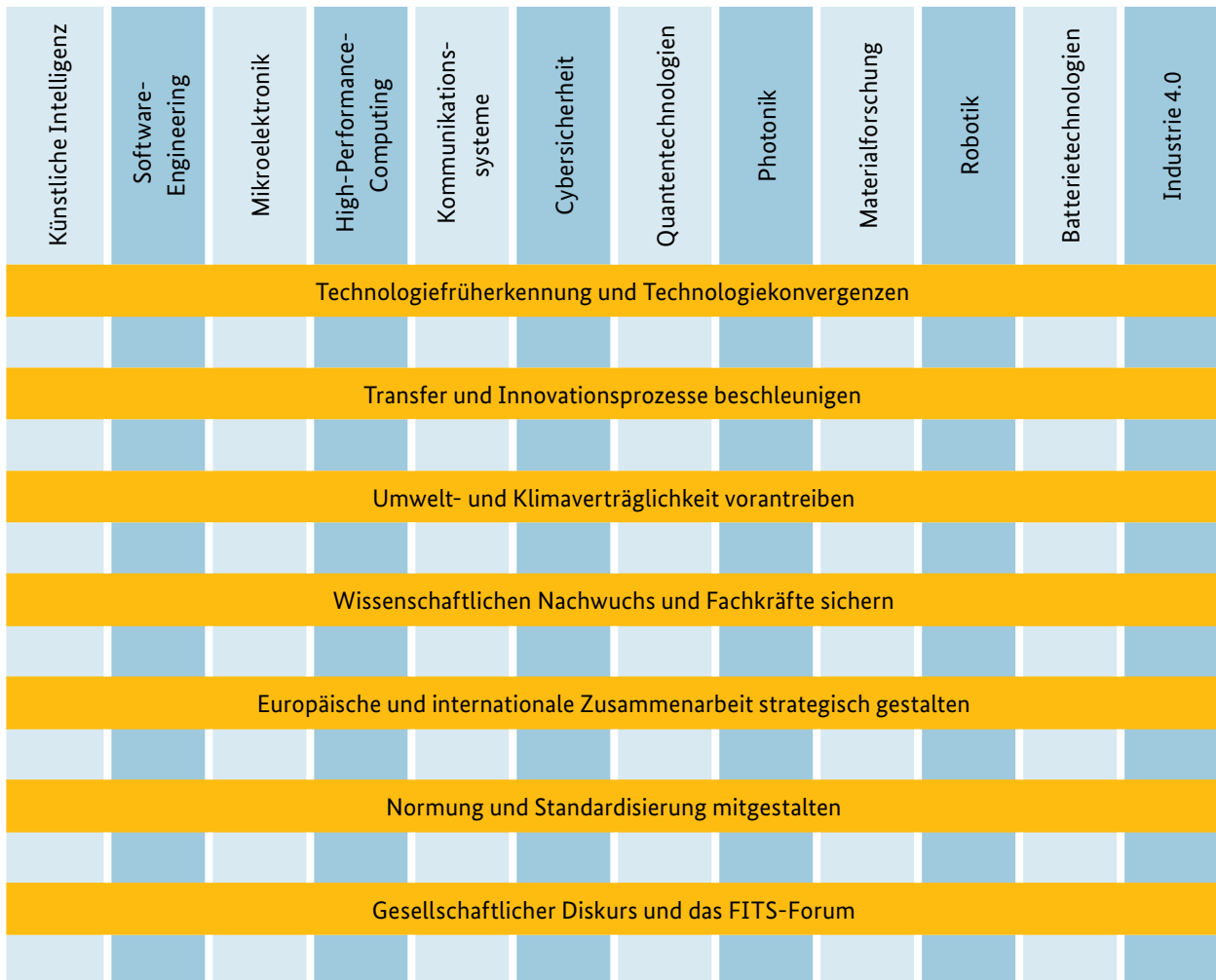
Die Querschnittsaufgaben behandeln übergreifende Fragen der technologischen Souveränität, die in vielen Schlüsseltechnologien und Anwendungen eine Rolle spielen. Sie sind ein verbindendes Element zwischen den einzelnen Schlüsseltechnologien und wesentlich für deren Fördererfolg. Das BMBF wird deshalb den Austausch zwischen den technologiespezifischen Fachprogrammen zu den folgenden Querschnittsthemen fördern und organisieren und so die Übertragung funktionierender Lösungsansätze auf andere Technologien ermöglichen und beschleunigen.

### 3.4.1 Umwelt- und Klimaverträglichkeit vorantreiben

Ohne eine breite Basis an Schlüsseltechnologien kann eine klimaneutrale Wirtschaft nicht verwirklicht werden. Wer die Rezyklierbarkeit von Materialien und Produkten konsequent mitdenkt und eine Kreislaufwirtschaft organisiert, schont Ressourcen und schützt die Umwelt, verringert die Abhängigkeit von wirtschaftspolitisch fragilen Lieferketten und schafft Märkte für zukunftsfähige Produkte, Prozesse und Dienstleistungen. Hierfür sind technologische Lösungen sowie wirtschaftliche und soziale Innovationen erforderlich, deren Erforschung und Entwicklung in die einzelnen Fachprogramme integriert werden sollen oder im Rahmen der BMBF-Strategie Forschung für Nachhaltigkeit (FONA) Berücksichtigung finden.

Beispielsweise adressiert die Material-Hub-Initiative des BMBF „Ressourcensouveränität durch Materialinnovationen“ (MaterialNeutral) die Themen Prozesseffizienz, nachhaltige Rohstoffnutzung und Ressourcenschonung. Ein Begleitprojekt („MANTRA“) unterstützt die Entwicklung eines Metriksystems, das Projektergebnisse hinsichtlich der erzielten Nachhaltigkeits-effekte messen und bewerten soll. Es ist beabsichtigt, das im Rahmen von MANTRA entwickelte Indikatoren-Set nach positiver Validierung auch anderen Technologieförderbereichen zur Verfügung zu stellen.

**Im Rahmenprogramm „Forschung und Innovation für Technologische Souveränität“ (FITS2030) wirken eine starke Forschungsförderung von Schlüsseltechnologien und die Bearbeitung von technologieübergreifenden Transfer- und Querschnittsthemen zusammen.**



Grafik 5: Matrixstruktur des Rahmenprogramms Forschung und Innovation für Technologische Souveränität (FITS2030)

Künftig sollen alle Fachprogramme zur Förderung von Schlüsseltechnologien auch umwelt- bzw. klima-bezogene Förderziele integrieren. Zuwendungsempfänger sollen im Projektverlauf künftig den Umwelt- bzw. Klimaschutzbeitrag einer neuen technologischen Lösung im Vergleich zu einer Referenzlösung ausweisen, die ersetzt werden soll.<sup>23</sup> Ergänzend können Ergebnisse von Klima- und Umweltverträglichkeitsanalysen die Technologieförderung vorbereiten, begleiten und ggf. modifizieren.

### 3.4.2 Fachkräfte und wissenschaftlichen Nachwuchs sichern

Die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands wird auf allen Ebenen der akademischen und in der beruflichen Praxis durch brillante Köpfe und Persönlichkeiten geprägt. Durch den demografischen Wandel werden Initiativen zur Sicherung des wissenschaftlichen Nachwuchses und zum Ausbau des Angebots an Fachkräften in den kommenden Jahren weiter an die Spitze der politischen Agenda geschoben. Ansatzpunkte sind insbesondere die Stärkung der MINT-Disziplinen in der frühen, schulischen, außerschulischen, beruflichen und akademischen Bildung.

<sup>23</sup> [publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/299039bd-78f5-42dd-8c08-8b8d486ac58b/content](https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/299039bd-78f5-42dd-8c08-8b8d486ac58b/content)

Zur Steigerung der digitalen und technologischen Souveränität bedarf es des stärkeren Aufbaus digitaler Kompetenzen als Grundlage für eine kritische und selbstbestimmte Auseinandersetzung mit Technologien und deren Gestaltung. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die Förderung des digitalen Lehrens und Lernens zentral, um alle Fachkräfte von morgen mit den notwendigen Kompetenzen auszustatten. Weiter kommt dem Auf- und Ausbau von Datenkompetenzen eine wesentliche Rolle zu, um Schlüsseltechnologien weiterzuentwickeln und zu nutzen. Hierzu treibt das BMBF Maßnahmen zur Vernetzung der Akteure, Informations-, Daten- und Werkzeugbereitstellung zur Erhöhung von Datenkompetenzen in der Bevölkerung und Etablierung einer Datenkultur systematisch voran.

Im Rahmen des MINT-Aktionsplans 2.0 soll entlang der Bildungskette für eine berufliche bzw. akademische Laufbahn in den MINT-Fachgebieten begeistert werden. Dazu zählen u. a. die Förderung der Stiftung Kinder forschen, die Kommunikationsoffensive #MINTmagie, Schüler- und Jugendwettbewerbe wie Jugend forscht sowie die bundesweite Vernetzungsstelle MINTvernetzt. Der MINT-Campus bietet MINT-Akteurinnen und Akteuren kostenlose Fort- und Weiterbildungsangebote. Zudem baut das BMBF mit der Förderung regionaler MINT-Cluster kooperative, außerschulische MINT-Angebote für Kinder und Jugendliche bundesweit aus. MINTvernetzt und das Bündnis für Frauen in MINT-Berufen haben mit #empowerGirl eine Praktikumsplattform für Mädchen in MINT-Berufen entwickelt.

Die Fachkräftestrategie der Bundesregierung von 2022 soll u. a. die Aus- und Weiterbildung in Zukunftsberufen zur Bewältigung der dringenden Transformationen (Digitalisierung, Dekarbonisierung und demografischer Wandel) verbessern. In der Nationalen Weiterbildungsstrategie arbeiten Bund, Länder, Sozialpartner und die Bundesagentur für Arbeit (BA) partnerschaftlich zusammen, um die wirtschaftliche und gesellschaftliche Teilhabe der Menschen zu stärken und die Unternehmen bei der Gestaltung des Strukturwandels zu unterstützen.

Hochschulen sollten ihren Studierenden und Promovierenden frühzeitig studienbegleitende, praxisorientierte Module anbieten, die unternehmerisches Denken fördern (Science Entrepreneurship). Gerade

die BMBF-Verbundförderung eröffnet den beteiligten Unternehmen und weiteren Akteuren die Gelegenheit, Praktika für Studierende relevanter Fächer anzubieten und Chancen für eine spätere Rekrutierung auszuloten. Zudem unterstützt das BMBF Hochschulen bundesweit bei ihrem digitalen Transformationsprozess mit einer Vielfalt an Informations-, Beratungs- und Qualifizierungsangeboten, sorgt für Sichtbarkeit aktueller Entwicklungen und Anwendungsmöglichkeiten und fördert die Erprobung innovativer Lösungsansätze in Studium und Lehre.

Ein weiterer Ansatz der an FITS2030 beteiligten Akteure ist die gezielte Ansprache von Studierenden, auch von internationalen Studierenden an deutschen Hochschulen mit dem Ziel der Anstellung nach Studienabschluss. Die Campus-Initiative internationale Fachkräfte des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) unterstützt in den kommenden Jahren internationale Studierende, die bekanntlich in Deutschland überproportional häufig MINT-Fächer studieren<sup>24</sup>, bei ihrem erfolgreichen Studienabschluss und Karriere-start. Das neue Fachkräfteeinwanderungsrecht schafft für ausländische Fachkräfte mit akademischen wie beruflichen Abschlüssen bessere Einwanderungs- und Niederlassungsmöglichkeiten, die die an FITS2030 beteiligten Akteure intensiv nutzen sollten.

Die Unterstützung des wissenschaftlichen Nachwuchses stellt insbesondere im Bereich von digitalen Technologien und Schlüsseltechnologien einen wichtigen Baustein der BMBF-Förderung dar. In den Förderprogrammen für KI, Quantentechnologien, der Material- und der Batterieforschung fördert das BMBF gezielt den Aufbau von Forschungsgruppen an Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Erfolgreiche Maßnahmen der Nachwuchsgewinnung sollen fortgesetzt und auf weitere Technologiebereiche erweitert werden. Das BMBF will das Wissen und die Ideen geförderter und besonders vielversprechender Nachwuchskräfte – Future FITS Maker – nutzen und in einen technologieübergreifenden und zukunftsorientierten Austausch bringen. Zudem wird das BMBF dafür werben, dass sich deutsche Forschungsinstitute an technologiebezogenen „Skills Academies“ auf der EU-Ebene beteiligen.

<sup>24</sup> [Wissenschaft weltoffen 2024 kompakt. Daten und Fakten zur Internationalität von Studium und Forschung in Deutschland \(wissenschaft-weltoffen.de\)](https://www.wissenschaft-weltoffen.de)

### 3.4.3 Europäische und internationale Zusammenarbeit strategisch gestalten

Durch die forschungs- und innovationspolitische Zusammenarbeit in der EU sollen der Weltmarktanteil deutscher und europäischer Produkte erhöht, einseitige Abhängigkeiten von Drittländern reduziert sowie das Wirtschaftswachstum und die Widerstandsfähigkeit von Industrie und Wirtschaft in Deutschlands und der EU gestärkt werden.

Deshalb setzt sich das BMBF für eine Stärkung der technologischen Souveränität Europas auf verschiedenen Ebenen im Europäischen Forschungsraum und der nationalen Umsetzung ein. Im Rahmen des Nationalen Aktionsplans für den Europäischen Forschungsraum wollen wir nationale und europäische F&I getriebene Missionen gegenseitig stärken, die Anwendung neuer Technologien europäisch abstimmen und gemeinsame europäische Forschungsprioritäten umsetzen. Schon jetzt engagiert sich das BMBF zudem dafür, dass das 2028 startende zehnte EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation (FP10) auf die langfristige Sicherung technologischer Souveränität der EU fokussiert und entscheidende Schlüsseltechnologien stärkt. Kooperationen mit Staaten außerhalb der EU sollen in FP10 strategisch ausgebaut werden. Aufbauend auf dem Leitgedanken „so offen wie möglich, so geschlossen wie nötig“ ist dafür Sorge zu tragen, dass Maßnahmen zur Forschungssicherheit in FP10 in

einem angemessenen Verhältnis zu den Risiken und Gefahren stehen.

Im Rahmen von EUREKA setzt sich das BMBF dafür ein, dass künftige Projekte mit einer Laufzeit bis zum Ende dieses Jahrzehnts substanzielle Forschungs- und Innovationsbeiträge erarbeiten, die die technologische Souveränität der EU stärken. Einen besonderen Beitrag zur technologischen Souveränität spielen die EUREKA-Cluster: Dies sind industriegetragene, langfristig angelegte Industriepartnerschaften in strategisch wichtigen Technologiebereichen, geführt als öffentlich-private Partnerschaften. Ziel ist die Sicherung Deutschlands und Europas als Forschungs- und Innovationsstandort im globalen Wettbewerb. So sollen durch internationale Kooperationen die Innovationskraft Deutschlands und Europas gesteigert sowie die Technologieführerschaft und technologische Souveränität in Zukunftsfeldern und Schlüsseltechnologien gestärkt werden.

Zur Erschließung von Wissensbeständen sollen auch bilaterale Forschungs- und Innovationskooperationen Deutschlands mit Drittstaaten ausgebaut werden. Einem risikobewussten Ansatz folgend müssen dabei künftig verstärkt Aspekte der Forschungssicherheit beachtet werden (s. **Box 10**). Darüber hinaus gilt es auch, multilaterale Foren zu nutzen, um die technologische Zusammenarbeit zu gestalten und zu



stärken. Beispiele hierfür sind unter anderem die G7, die G20 und die OECD sowie die gezielte Mitwirkung in internationalen Gremien zur Normung und Standardisierung von Schlüsseltechnologien. Die Verantwortlichen der Fachprogramme werden zudem eruieren, auf welche Weise sie die schlüsseltechnologise

Expertise von Preisträgerinnen und Preisträgern sowie Stipendiatinnen und Stipendiaten der Alexander von Humboldt-Stiftung (AvH) und des DAAD künftig stärker in die Umsetzung und Weiterentwicklung ihrer Maßnahmen einbinden und wie sie diese Talente rekrutieren könnten.

### Box 10: Forschungssicherheit in der Zusammenarbeit mit Drittstaaten

Das Konzept der Technologischen Souveränität zielt nicht auf nationale Autarkie. Die deutsche Wissenschaft braucht auch weiterhin internationale Kooperation, vor allem mit Wertepartnern. Gleichzeitig müssen, dem Leitgedanken „so offen wie möglich, so geschlossen wie nötig“ folgend, gerade in Zeiten zunehmender geopolitischer Spannungen auch Risiken internationaler Forschungszusammenarbeit angegangen werden. Statt Entkopplung ist also eine differenzierte, gleichermaßen interessen geleitete und risikobewusste Herangehensweise erforderlich. Voraussetzungen für gezielte europäische, bi- und multilaterale Aktivitäten mit Partnern sind, dass sie

- eine Zusammenarbeit im Sinne unserer Werte und auf Augenhöhe erlauben,
- dem Ziel der technologischen Souveränität förderlich sind und
- einen reziproken Mehrwert der Zusammenarbeit durch die komplementäre Ergänzung von Kompetenzen und Technologien erwarten lassen.

Insbesondere mit Blick auf eine mögliche militärische oder nachrichtendienstliche Nutzung durch Drittstaaten soll unerwünschter Abfluss von Technologiewissen verhindert werden. Auch und gerade BMBF-geförderte Projekte und Institutionen müssen die Chancen und Risiken konkreter bilateraler Forschungskooperationen genau analysieren, ggf. auch Beratungs- und Unterstützungsangebote nutzen, und anschließend gemäß ihrer eigenen Verantwortung reflektiert darüber entscheiden. Vor allem in Zeiten, in denen der internationale Wettbewerb um Schlüsseltechnologien die Weichen für die Zukunft stellt, setzt sich das BMBF für eine Stärkung der Synergien zwischen ziviler und militärischer Forschung innerhalb Deutschlands und der EU ein. So können sowohl militärische Anwendungen von zivilen Forschungsergebnissen als auch zivile Anwendungen von militärischen Forschungsergebnissen profitieren.

#### 3.4.4 Normung und Standardisierung mitgestalten

Bei der Gestaltung von Schlüsseltechnologien spielen Normen und Standards eine wesentliche Rolle. Wo Normen und Standards fehlen, entstehen Friktionen und Kosten oder es wird nur eine Nische bedient. Gesetzliche Regelungen mit Mess-, Prüf- und Bewertungsvorgaben zur Sicherheit und Nachhaltigkeit müssen kontinuierlich an den Stand der Wissenschaft angepasst werden. Die Berücksichtigung aktueller Forschungsergebnisse ist für eine qualitätsvolle Standardsetzung von elementarer Bedeutung.<sup>25</sup> Normung und Standardisierung müssen deshalb im Forschungs- und Entwicklungsprozess verankert sein.

Zugleich bietet die entwicklungsbegleitende Normung und Standardisierung einen wirksamen Hebel, um Innovationen schneller zu skalieren und zu kommerzialisieren und dabei auch technologische Lösungen zu berücksichtigen, die aus Forschungs- und Entwicklungsarbeiten deutscher Akteure resultieren. Damit verbunden sind Chancen, wichtige technologiepolitische Anforderungen wie die Sicherung von Freiheitsrechten, Verbraucher- und Datenschutz oder von Klimaschutz und Kreislauffähigkeit in technologischen Entwicklungspfaden zu implementieren.

Um die Wirkung von entwicklungsbegleitender Normung und Standardisierung im Innovationsprozess zu verstärken, soll der enge Austausch mit dem federführenden BMWK und relevanten Partnern wie dem Deutschen Institut für Normung (DIN) fortgeführt werden.

25 Vgl. Europäische Kommission (2024), Generaldirektion Forschung und Innovation, Blind, K., Baldan, F., Tardos, G., et al., European standardisation panel survey: final report, [data.europa.eu/doi/10.2777/643814](https://data.europa.eu/doi/10.2777/643814)

Zudem sensibilisiert das BMBF Hochschulen und Träger der beruflichen Aus-, Fort- und Weiterbildung, in ihrer eigenen Verantwortung Module zu Normung und Standardisierung in ihre Curricula zu integrieren, um einen Pool an versierten Expertinnen und Experten zu sichern. Masterstudierende, Promovierende sowie Meisterschülerinnen und -schüler im MINT-Bereich erscheinen hierbei als besonders relevante Zielgruppen.

Das BMBF wird die stärkere Einbindung der Wissenschaft selbst in entwicklungsbegleitende Normungs- und Standardisierungsprozesse auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene fördern. Entsprechende Tätigkeiten von Forschenden aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sollen im Rahmen der Förderung durchgängig als ein Förderziel, als förderfähig und als Verwertungserfolg eingestuft werden.



## 4. Operative Umsetzung

FITS2030 ist zunächst bis 2030 angelegt und bildet das strategische und kommunikative Dach für die vielfältigen Maßnahmen, die in den vorherigen Kapiteln beschrieben sind. Es wird durch die konkreten Fachprogramme mit ihren laufenden und künftigen Förderbekanntmachungen sowie der institutionellen Forschungsförderung weiter ausgestaltet und umgesetzt. Das Budget des Rahmenprogramms entspricht im Wesentlichen den Budgets der Fachprogramme.

Als lernendes Rahmenprogramm unterliegt FITS2030 einem kontinuierlichen Monitoring und soll zum Ende seiner Laufzeit einer Begutachtung unterzogen werden, die in erster Linie auf die Querschnittsthemen und strategischen Ziele fokussiert, nicht jedoch auf Technologieziele einzelner Fachprogramme. Dabei wird auch untersucht werden, inwieweit die Maßnahmen von FITS2030 zu relevanten Indikatoren der Zukunftsstrategie beigetragen haben (s. auch [Kapitel 3.3](#) und [4.1](#)).

## 4.1 Technologische Souveränität als Leitmotiv der Fachprogramme etablieren

---

Fachprogramme formulieren spezifische forschungs- und innovationspolitische Ziele, definieren eine Roadmap für deren Erreichung und halten Fortschritte kontinuierlich nach. Dies setzt einerseits eine Definition derjenigen Fähigkeiten voraus, die für Souveränität in der jeweiligen Schlüsseltechnologie notwendig sind. Diese reichen von Fähigkeiten in der Forschung, über ein adäquates System für den Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung sowie die Aus- und Weiterbildung der notwendigen Fachkräfte bis hin zu Fähigkeiten in Bereichen wie Standardisierung, Produktion oder dem Management von Lieferketten.

Die konkreten Bereiche als auch das aktuelle und angestrebte Fähigkeitsniveau sollen evidenzbasiert anhand geeigneter Indikatoren ermittelt werden. Solche Indikatoren sind in der Regel technologiespezifisch zu bestimmen. Beispiele sind, neben klassischen forschungs- und innovationspolitischen Indikatoren (Publikationen, Patente, Höhe der industriellen FuI-Investitionen), unter anderem die Anzahl der Studienanfängerinnen und -anfänger oder der Absolventinnen und Absolventen, etwa in den Quantentechnologien, der Verbreitungsgrad einer Technologie, etwa von KI in Unternehmen, der Weltmarktanteil, etwa bei der Produktion von Mikrochips der neuesten Generation, oder auch die Beteiligung in Standardisierungs- und Normungsgremien, etwa im Bereich moderner und zukünftiger Kommunikationssysteme.

Für die technologiespezifischen Roadmaps sollen geeignete Maßnahmen und Instrumente festgelegt werden. Auch der regulatorische Rahmen sollte überprüft und ggf. angepasst werden, etwa in Bezug auf Entlohnungsmodelle zur Gewinnung der notwendigen Fachkräfte oder mit Blick auf die Übereinstimmung mit bestehenden und absehbaren regulatorischen Rahmenbedingungen, zum Beispiel in der Materialforschung. Zudem gilt es auch die Kooperation und Arbeitsteilung auf europäischer Ebene in den Fachprogrammen mitzudenken. Beispielsweise sind Infrastrukturen, etwa für die Berechnung großer KI-Modelle, oft besser gemeinschaftlich zu finanzieren und zu betreiben, sodass diese nicht von Deutschland

allein vorgehalten werden müssen. Gleichmaßen sollte insbesondere kleineren und mittleren Unternehmen (KMU) der Zugang beispielsweise zu Rechner-Infrastrukturen erleichtert werden, die auf Ebene der EU Mitgliedsstaaten oder der Regionen betrieben werden.

Das BMBF prüft kontinuierlich, wie die Antrags-, Auswahl- und Bewilligungsverfahren vereinfacht und beschleunigt werden können. Auch die Berichtspflichten sollen so schlank und fokussiert wie möglich gestaltet werden. Neben gänzlich neuen Förderinstitutionen wie der SPRIND und der DATI wird auch die Programmförderung des BMBF in den Blick genommen. In Umsetzung von Mission 4 der Zukunftsstrategie der Bundesregierung sollen diese Maßnahmen auch dazu beitragen, dass bis 2030 die Bewilligungsprozesse von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben insgesamt verschlankt und beschleunigt werden.

## 4.2 Institutionelle und Projektförderung synergetisch verzahnen

---

Technologien, die in anderen Förderprogrammen des BMBF und in der institutionellen Förderung entwickelt werden, zahlen ebenfalls auf die digitale und technologische Souveränität ein. So profitiert beispielsweise die Materialforschung von den einmaligen Möglichkeiten der Analytik und Charakterisierung von Materialien an großen Forschungsinfrastrukturen, die im Programm Erforschung von Universum und Materie (ErUM) gefördert werden.

Für einen effizienteren Beitrag der außeruniversitären Forschungsorganisationen zur technologischen Souveränität sollen Arbeiten der Max-Planck-Gesellschaft (MPG), der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF), der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) und der Leibniz-Gemeinschaft (WGL) im Rahmen ihrer institutionellen Missionen und der Projektförderung enger als bisher miteinander in Bezug gesetzt und verschränkt werden. Ziele sind eine Optimierung der Arbeitsteilung, Schwerpunktbildung und Zusammenarbeit dieser Akteure sowie eine jeweils angemessene strategische Ausrichtung der Forschungsorganisationen auf das Ziel technologischer Souveränität, um eine größtmögliche Hebelwirkung zu erzeugen.

### Box 11: Nationales Priorisierungsverfahren für Forschungsinfrastrukturen (FIS)

Forschungsinfrastrukturen spielen eine Schlüsselrolle für die Leistungsfähigkeit, Innovationskraft und internationale Wettbewerbsfähigkeit des deutschen und europäischen Wissenschafts- und Wirtschaftsstandorts. Sie tragen wesentlich zum wissenschaftlichen Fortschritt, zur Entwicklung von Spitzentechnologien, zur Ausbildung von Fachkräften und zur Entwicklung von Lösungen für große gesellschaftliche Herausforderungen bei. Mit einer Entscheidung für eine Forschungsinfrastruktur werden langfristige Investitionsentscheidungen getroffen, die öffentliche Mittel in erheblichem Umfang binden. Um

die Planungen für mögliche neue, umfangreiche Infrastrukturvorhaben nach einem einheitlichen, fairen und transparenten Verfahren zu bewerten, führt das BMBF ein Verfahren zur Priorisierung umfangreicher Forschungsinfrastrukturen in Nachfolge des FIS-Roadmap-Prozesses durch. Um kontinuierlich und frühzeitig mögliche Vorhaben für neue Forschungsinfrastrukturen einer Bewertung unterziehen zu können, werden Priorisierungsverfahren in einem regelmäßigen Turnus angestrebt.

Die verschränkte Zusammenarbeit kann auf der einen Seite durch die Mitarbeit des BMBF in den Steuerungs- und Aufsichtsgremien der außeruniversitären Forschungsorganisationen bzw. von relevanten Forschungsinstituten erfolgen. Auf der anderen Seite soll die Mitarbeit von Forschenden und Repräsentanten der Forschungsorganisationen in Beratungs- und Begutachtungsgremien der BMBF-Fachprogramme und im Rat für technologische Souveränität den reziproken Wissens- und Erkenntnisfluss fördern. Um Interdependenzen zwischen Schlüsseltechnologien in den Blick zu nehmen und um blinde Flecken zu vermeiden, wird das BMBF auch ihre Vernetzung untereinander stärken.

beizutragen. Zudem wird das FITS-Forum den Austausch zwischen den technologiespezifischen Fachprogrammen zu den Querschnittsthemen fördern und so die Übertragung funktionierender Lösungsansätze auf andere Technologien ermöglichen und beschleunigen.

## 4.3 Gesellschaftlicher Diskurs und das FITS-Forum

Technologische Souveränität als politisches Leitprinzip bedarf einer Wissensentwicklung und -verbreitung, der Rahmensetzung und der Ressourcenmobilisierung. Dies erfordert einen Debattenprozess, den das BMBF mit relevanten Stakeholdern fortsetzen und intensivieren wird.

Die Beteiligten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft sollen diskutieren und bewerten, wie technologische Souveränität Deutschlands und Europas erhalten werden kann und in welchen Bereichen sie ausgebaut werden muss. Dem Rat für technologische Souveränität und den Future FITS Makers sollen dabei aktive Rollen zukommen. Darüber hinaus geht es auch darum, auf Basis wissenschaftlich und empirisch fundierter Erkenntnisse Diskurse über die Chancen und Risiken von Schlüsseltechnologien und deren Anwendung sowie die notwendigen rechtlichen Rahmenbedingungen zu führen, wie sie bspw. auch die OECD empfiehlt<sup>26</sup>. Gleichzeitig soll das FITS-Forum zur Vernetzung der relevanten Akteure aus den beteiligten Fachprogrammen zu Schlüsseltechnologien und technologieoffener Innovationsförderung beitragen.

Eines der zentralen Instrumente für den fachlichen Austausch wird das zweijährlich stattfindende FITS-Forum sein. Als ein Beitrag zur Wissenschaftskommunikation soll das Forum Mitwirkenden am Rahmenprogramm und seiner Fachprogramme die Möglichkeit bieten, vielversprechende Forschungs- und Entwicklungsergebnisse zu präsentieren und so zur Stärkung des Gedankens der technologischen Souveränität

<sup>26</sup> OECD Framework for Anticipatory Governance of Emerging Technologies (2024)

# Impressum

**Herausgeber**

Bundesministerium  
für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Grundsatzfragen, Digitalisierung und Transfer  
11055 Berlin

**Stand**

Januar 2025

**Text**

BMBF

**Gestaltung**

BMBF

**Druck**

BMBF

**Bildnachweise**

Titel: AdobeStock/mikeosphoto

S. 4: AdobeStock/Thorben

S. 12: AdobeStock/xiaoliangge

S. 15: AdobeStock/Gorodenkoff

S. 16: AdobeStock/Gorodenkoff

S. 17: AdobeStock/Valeriy

S. 18: AdobeStock/steheap

S. 19: MCQST/Christoph Hohmann

S. 20: BMBF

S. 21: AdobeStock/EmmaStock

S. 22: Markus Breig (KIT/CroM) für BMBF/  
TU Braunschweig/IWF

S. 23: AdobeStock/SEBASTIEN MONTE

S. 27: AdobeStock/pinkrabbit

S. 30: AdobeStock/artjazz

S. 33: AdobeStock/kasto

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

