

Schlüsseltechnologien im Fokus

Der Wettlauf um industrie- und technologienpolitische Führung

„Technologische Souveränität“ im internationalen Vergleich

Rat für technologische Souveränität

Kontext

Nationalstaaten investieren so viel in Schlüsseltechnologien wie nie zuvor. Zahlreiche Regierungen haben in den letzten zwei Jahren entsprechende Programme mit dem Ziel der Förderung technologischer Souveränität aufgelegt, in deren Zentrum Schlüsseltechnologien stehen. Diese Programme sind allerdings häufig nur zum Teil innovationspolitisch motiviert. Es werden auch grundlegende Ziele der nationalen Sicherheit und Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Staaten verfolgt. Hintergrund ist eine insgesamt veränderte Perspektive auf Globalisierung: geopolitische Spaltungen sowie die jüngere Erfahrung gebrochener Lieferketten während der Pandemie haben das Thema technologische Souveränität auf die Agenda gebracht. Die Programme sind in der Regel mit signifikanten Mitteln hinterlegt. Der Rat für technologische Souveränität des BMBF gibt mit diesem Papier einen vergleichenden Überblick zu Schlüsseltechnologien sowie der institutionellen Verankerung technologischer Souveränität in ausgewählten Ländern.

Hinweis

Die Veröffentlichung des Rats für technologische Souveränität gibt nicht notwendigerweise die Meinung des BMBF wieder.

Zentrale Ziele technologischer Souveränität

Die Forderung nach "technologischer Souveränität" ist in den letzten zehn Jahren zu einem wichtigen Thema in Politik und Wirtschaft geworden. In Anlehnung an den Rat für technologische Souveränität kann man darunter die Fähigkeit eines Landes verstehen, **jederzeit Zugang zu denjenigen Schlüsseltechnologien garantieren zu können, die zur Umsetzung gesellschaftlicher Prioritäten und Bedürfnisse notwendig sind.**

Die Ziele von technologischer Souveränität haben sich über die Zeit gewandelt: Ursprünglich konzentrierten sich die Ansätze hauptsächlich auf die **militärische** Forschung. Mit dem Fortschreiten der digitalen Transformation und dem Bedeutungsgewinn von digitaler Infrastruktur, Plattformgeschäftsmustern oder auch Cloud-Computing rückte zunächst die **digitale Souveränität** in den Vordergrund. Die Debatten drehten sich z.B. um Netzwerkkomponenten chinesischer Hersteller in heimischen Mobilfunknetzen, Regulierungen der großen Plattformbetreiber sowie um die Bedeutung einer europäischen Cloud-Infrastruktur. Später trat dann die **Bekämpfung des Klimawandels** und die damit verbundene forcierte Energiewende in den Vordergrund:

In diesem Kontext wurde vor allem über die Souveränität bei Umwelt- und Energietechnologien diskutiert. Mittlerweile geht es auch um **Technologien, von denen erwartet wird, dass sie künftig im erheblichen Ausmaß zur weltweiten Wertschöpfung beitragen werden.**

Ein aktuelles Ziel ist, sich gegen **geopolitische Risiken zu rüsten**. Sie sind durch zunehmende Polarisierung und Fragmentierung der Weltmärkte entstanden. Die Sorge um Entwicklungen im technologisch rasant aufstrebenden und zugleich autokratischen China, den Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf Gesundheitssysteme und Lieferketten, die Schwächung der Weltwirtschaft und der dringende Bedarf an Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels spielt dabei eine zentrale Rolle. Das Vertrauen in transnationale Lösungen ist deutlich gesunken, Länder setzen verstärkt auf nationale Ansätze oder Kooperationen mit "befreundeten Nationen". Die Bandbreite geht von „so wenig wie nötig“ zu „so viel wie möglich“: China beispielsweise spricht von „self reliance“, die USA von „economic and national security“ und die EU von „strategic autonomy“.

Die wichtigsten Schlüsseltechnologien

Auf welche Technologien fokussieren ausgewählte Länder im Zusammenhang mit technologischer Souveränität? Um diese Frage zu beantworten, wurden Strategiepapiere der jeweiligen Regierungen ausgewertet, die technologische Souveränität und die nationale Förderung von Schlüsseltechnologien adressieren. Im Fokus standen dabei Deutschland und die Europäische Union, die USA, China, Japan und Südkorea. Neben Veröffentlichungen der Regierungen wurde auch Sekundärliteratur zu diesem Thema berücksichtigt. Ergänzend zu dieser Recherche wurden Gespräche mit Experten für die Förderprogrammen einzelner untersuchter Länder geführt. Ziel der Interviews war jeweils insbesondere eine Beleuchtung der Strategie und Motivation hinter den Programmen der Länder¹.

Insgesamt bestätigt sich die Annahme einer hohen Relevanz, die der technologischen Souveränität international beigemessen wird. Die in diesem Kontext verwendete Terminologie in Bezug auf Technologien unterscheidet sich jedoch von Land zu Land. Während einige Länder von Schlüsseltechnologien bzw. „Key Enabling Technologies“ sprechen, definieren andere „priorisierte“ oder „kritische“ Technologien. Auch der Grad an nationaler Autonomie, der für diese Technologiebereiche angestrebt wird, variiert stark.

Ausprägungen und Schwerpunkte der Listen unterscheiden in ihren grundsätzlichen Strukturen, die teils als eindimensionale Liste und teils als Liste mit Ober- und Unterkategorien vorliegen. Mitunter werden identische Technologiebereiche auf unterschiedlichen Prioritäts-Ebenen eingeordnet², einige Länder führen außerdem zusätzlich technologieintensive Anwendungsfelder oder industriespezifische Lösungen in ihren Listen auf. All dies und die Tatsache, dass Technologiebereiche auf Grund enger Querverbindungen und Überschneidungen nicht trennscharf definiert werden können, erschwert die Vergleichbarkeit der Länder untereinander.

Dennoch kann eine recht große Übereinstimmung der Technologielisten aller untersuchten Länder ausgemacht werden. Dies sind insbesondere die Themen **künstliche Intelligenz, Quantentechnologien, Biotechnologie, Mikroelektronik/Halbleiter, Informations- und Kommunikationstechnologien** sowie **Produktionstechnologien/Industrie 4.0**. Auch bei weiteren Themen besteht grundsätzlich hohe Kongruenz zwischen den als relevant eingestuften Technologien, allerdings gibt es in einigen Bereichen Besonderheiten. Deutschland beispielsweise misst der Forschung zu grünem Wasserstoff eine deutlich höhere Bedeutung bei als die meisten anderen Länder (siehe vollständige Liste im Anhang). Die USA und Japan haben einen besonderen Fokus auf „Hypersonic“-Technologien, die insbesondere als

Grundlage für Trägerraketen in Dual-Use-Anwendungen relevant sind. Umwelt- und Recyclingtechnologien finden nur in der Europäischen Union sowie den USA besondere Beachtung, während sie im asiatischen Raum nicht gelistet werden. Die asiatischen Länder Japan, China und Südkorea nennen auch die Erforschung der Tiefsee und der tiefen Erde als relevante Forschungsgebiete, während dies in der Europäischen Union und den USA nicht der Fall ist.

Der Auswahlprozess der jeweils als zentral betrachteten Technologien unterscheidet sich stark zwischen den Ländern. Obwohl die Details des Prozesses nicht überall vollständig nachvollzogen werden können, zeigt sich, dass insbesondere die USA und China diesen Prozess über Einrichtungen und Verantwortliche institutionalisiert haben. So wurde in den USA im Jahr 2020 das „Fast Track Action Subcommittee on Critical and Emerging Technologies“ gegründet, speziell zum Zweck der Identifikation kritischer und aufkommender Technologien.

In Deutschland hingegen ist der Prozess auf mehrere Akteure innerhalb der Bundesregierung verteilt. Es gibt keine Ressort-übergreifende Liste an kritischen Technologien, auch wenn eine große Übereinstimmung zwischen den Fokussierungen des BMBF und des BMWK besteht. Ähnlich verhält es sich in der Europäischen Union, wo – insbesondere aufgrund der dezentralen Struktur und vielfältigen Perspektiven der Mitgliedsstaaten – immer wieder neue Listen mit unterschiedlichen Detail- und Verbindlichkeitsgrad benannt werden³.

Erkennbar ist, dass die Zusammenstellung der relevanten Technologien den politischen übergeordneten Zielen des jeweiligen Landes folgt. Wettbewerbs- und industriepolitische Ziele sowie die Stärkung der jeweiligen Leitindustrien lassen sich in den Details der Programme wiedererkennen.

Fördervolumina für technologische Souveränität

In den betrachteten Ländern wird eine Vielzahl von Maßnahmen mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten ergriffen. Dazu gehören Industrie- und Technologieförderprogramme, oder reglementierende Begrenzung des Marktzugangs für bestimmte Unternehmen oder die Beschränkung von Exporten von kritischen Materialien. Ein Blick auf den Bereich Halbleiter verdeutlicht diese Entwicklung: die USA haben sich verpflichtet, in den nächsten zehn Jahren 280 Milliarden US-Dollar in die Chip-Herstellung und Forschung zu investieren, während 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. In Deutschland sind – vorbehaltlich der Haushaltssituation – Milliarden-Subventionen in den Bau von Chip-Produktionswerken etwa von Intel oder TSMC geplant. Gleichzeitig gibt es den Trend einiger Länder, den Marktzugang zu entscheidenden Komponenten, die für die Chip-Herstellung unerlässlich sind, zu beschränken. China beschränkt etwa seit August 2023 den Export kritischer Mineralien wie Gallium und Germanium. Zuvor hatten bereits die USA Ausfuhrbeschränkungen für die für die Chipproduktion kritischen EUV-Lithographie nach China beschlossen.

Die Diversität bei den Förderansätzen erschwert die generelle Quantifizierung der Fördervolumina über Länder und Technologien bzw. technologieintensive Anwendungen hinweg. Ein Versuch der Quantifizierung wird dennoch von verschiedenen Institutionen vorgenommen⁴. Das Center for Strategic and International Studies⁵ schätzt beispielsweise die Ausgaben für industriepolitische Strategien für China und sieben weitere Volkswirtschaften (Brasilien, Frankreich, Deutschland, Japan, Südkorea, Taiwan und die

USA) ab. Die Studie legt nahe, dass die Industriepolitik in diesen Ländern ein wichtiger Bestandteil des Werkzeugkastens der Politikgestaltung ist.

In ähnlicher Weise hat die OECD länderübergreifende Methoden zur Quantifizierung der Industriepolitik für eine Auswahl von OECD-Mitgliedsländern entwickelt⁶. Danach wurden im Schnitt etwa 1,4% des BIP für Fördermaßnahmen wie Projektförderung, Zuschüsse, Steuererleichterungen und weitere 1,8% des BIP an Krediten aufgewendet. Dabei ist die Herangehensweise größtenteils technologie-spezifisch. Die Förderung explizit nachhaltiger Projekte hat dabei in den vergangenen Jahren stark zugenommen.⁷

Ein anderer Ansatz verwendet Natural Language Processing⁸ um Industriepolitik auf hoher Auflösungsebene (Land-Industrie-Jahr) auf Basis von öffentlich verfügbaren Beschreibungen von Politikmaßnahmen⁹ zu klassifizieren. Die Kernidee ist, dass textliche Beschreibungen der Programme oft Informationen über die Ziele politischer Akteure vermitteln und es Forschenden ermöglichen, festzustellen, ob eine Politik industriepolitische Ziele oder alternative Ziele verfolgt¹⁰. Danach ist Industriepolitik häufig granular und technokratisch, und nur einzelne Firmen profitieren von den Mitteln. Außerdem werden diese Fördermaßnahmen vorrangig in wohlhabenderen Ländern angewandt und richten sich meist auf bestimmte Industriesektoren, die als zentral für Wettbewerbsfähigkeit und Wohlstand gelten.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Anzahl konkret gelisteter Schlüsseltechnologiefelder, zugehöriger Strategien, beteiligter Institutionen, genannter Ziele, entsprechender Investitionen und ausgewählter Fördermaßnahmen für sechs betrachtete Staaten bzw. Staatengemeinschaften.

	Deutschland	Europäische Union	USA	China	Japan	Südkorea
Anzahl der Schlüssel-technologiefelder (komplette Liste siehe Anhang)	12 „Schlüsseltechnologien“	10 „critical technology areas“ / „Technologiebereiche“ Mit jeweils 4-5 Technologien (insgesamt 42 Technologien)	19 „critical and emerging technologies“ Mit jeweils 2-15 „Critical and Emerging Technology Subfields“ (insgesamt 103 subfields)	7 „Spitzenbereiche der Wissenschaft und Technologie“ Mit jeweils 3-5 Spezifizierungen (insgesamt 28)	20 „technologies as critical fields“	12 „strategic technologies“
Strategien	„ Technologisch souverän die Zukunft gestalten “, Impulspapier des BMBF, April 2021	Empfehlung der Kommission zu sicherheitsrelevanten Technologiebereichen , Oktober 2023 ¹¹	„ United States Government National Standards Strategy for Critical and Emerging Technology “, Mai 2023	14. Fünfjahresplan , März 2021	„ Economic Security Strategy “, Februar 2022	„ National Strategic technology Nurture Plan “, Oktober 2022
Institutionen	Distinkte Projekte und Initiativen in auf Bundesebene: BMBF , BMWK , BMDV , Bundeskanzleramt	Steering Board of Sovereignty	Office of Science and technology Policy in the White House Special Envoy for Critical and Emerging Technology	Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China	Council of Experts on Economic Security Legislation Japan Science and Technology Agency (ähnlich der DFG)	Ministry of Science and ICT National Strategic Technology Special Committee
Zentrales Ziel	Werte wahren, Wohlstand und Arbeitsplätze sichern	Stärkung der wirtschaftlichen Basis und Wettbewerbsfähigkeit, Schutz vor Risiken (disruptive Technologien, Dual Use, Risiko des Missbrauchs)	Wirtschaftliche Führung in Zukunftstechnologie, nationale Sicherheit und Autarkie in ausgewählten Technologiebereichen	„Self Reliance“	Wirtschaftliche Sicherheit	Technologische Hegemonie
Investitionen (Schätzung 2019¹²)	\$19 Milliarden PPP (0,41% BIP)	n.a.	\$84 Milliarden PPP (0,39% BIP)	\$406 Milliarden PPP (1,73% BIP)	\$27 Milliarden PPP (0,5% BIP)	\$15 Milliarden PPP (0,67% BIP)
Ausgewählte Fördermaßnahmen¹³	\$5,4 Milliarden bis 2025 für die KI Strategie \$3,3 Milliarden bis 2026 in Quantencomputer	\$294 Milliarden für den „Green Industrial Deal“ \$141,5 Milliarden für „NextGenerationEU“ \$762 Millionen für 5G Infrastruktur (Horizon 2020) \$980 Millionen für Smarte Netzwerke und Services	\$369 Milliarden IRA \$230 Milliarden zur Herstellung von Halbleitern \$140 Milliarden für elektrische Fahrzeuge und Batterien \$20 Milliarden für Biomanufacturing	\$1 400 Milliarden für neue Infrastruktur: 5G, KI, IoT, etc. \$150 Milliarden für einen Entwicklungsplan der nächsten KI Generation	Investitionen sollen vornehmlich aus dem privaten Sektor kommen. Hinzu sollen \$1,05 Billionen aus öffentlich-privaten Partnerschaften in den nächsten 10 Jahren kommen. ¹⁴	\$262 Milliarden für Halbleiter bis 2026 \$10 Milliarden für Biotechnologien bis 2026 \$73 Milliarden für Mobilität/Fahrzeuge bis 2026 \$1.3 Milliarden für Robotik bis 2026 ¹⁵

Tabelle 1 Übersicht über die Anzahl konkret gelisteter Schlüsseltechnologiefelder, zugehöriger Strategien, beteiligter Institutionen, genannter Ziele, entsprechender Investitionen und ausgewählter Fördermaßnahmen für sechs betrachtete Staaten bzw. Staatengemeinschaften. Die Komplexität der Förderlandschaft aus industrie- und forschungspolitischen Kanälen macht eine Gesamttaggregation aller jeweiligen Maßnahmen und Investitionen schwierig. Die Tabelle enthält daher eine exemplarische Auswahl. Auf Grund eingeschränkter Datenlage wurde teilweise auf wissenschaftliche Arbeiten aus dem Jahr 2019 zurückgegriffen, auch wenn die Erstellung von Listen von Schlüsseltechnologiefeldern erst später stattgefunden haben.

Drei Beobachtungen und Diskussion

Der hier vorgestellte knappe Überblick lässt bereits drei Beobachtungen zu:

(1) Gleiche Stoßrichtung – unterschiedliche Kompetenzen

Die untersuchten Länder fokussieren weitestgehend auf dieselben Technologiefelder, von denen künftig hohe Wertschöpfungsbeträge erwartet werden. Auch wenn es bei den Schwerpunktsetzungen innerhalb der Technologiefelder gewisse Unterschiede zwischen den Ländern gibt, so lässt sich doch hinterfragen, inwieweit bei der Auswahl die Stärken einzelner Länder in spezifischen Technologiefeldern und mögliche Spezialisierungsvorteile berücksichtigt werden. Denn technologische Souveränität muss nicht bedeuten, alle Technologien selbst (weiter) zu entwickeln. Vielmehr sollte der Zugang zu zentralen Technologien jederzeit gewährleistet sein.

Was bedeutet technologische Souveränität beispielsweise auf dem technologieintensiven Anwendungsgebiet der Robotik? In der Robotik ist Deutschland gut aufgestellt in der Mechanik. Technologische Souveränität könnte demnach in der Mechanik unmittelbar angenommen werden. Die KI, die für die smarte Robotik zunehmend auch von Bedeutung ist, wird dagegen schwerpunktmäßig in anderen Ländern (weiter-)entwickelt. Demnach stellte sich die Frage, inwieweit der Zugang zu entsprechenden KI-Entwicklungen jederzeit gewährleistet ist, um auch in der KI technologische Souveränität zu gewährleisten.

(2) Förderung von Produktionskapazitäten vs. Förderung von F&E

Bei den Maßnahmen zur Förderung technologischer Souveränität verschwimmen zusehends die Förderung von F&E-Aktivitäten und die Förderung des Aufbaus von Produktionskapazitäten.

Die öffentliche Förderung von F&E Aktivitäten ist wegen bedeutender (lokal beschränkter) sog. Wissens-*Spillovers* weitgehend unbestritten. Dabei hat sich eine gewisse Missionsorientierung, die auf die Lösung drängender gesellschaftlicher Probleme, wie etwa die Dekarbonisierung, abzielt, gegenüber der isolierten Förderung einzelner Technologien in der F&E Förderlandschaft durchgesetzt.

Bei der öffentlichen Förderung des Aufbaus von Produktionskapazitäten stellt sich dagegen die Frage, wie hoch das Risiko einer ineffizienten internationalen Arbeitsteilung ist. Werden durch solche Maßnahmen die eigenen Stärken und die Vorteile internationalen Handels noch vollumfänglich ausgenutzt? Inwieweit ist Förderung heimischer Produktion eine sinnvolle Antwort auf neue geopolitische Spannungen und die Sorge um Abhängigkeiten bei gewissen (Vor-)Produkten vom Ausland? Häufig teures Re-Shoring kann wohl nur Teil der Lösung sein, Resilienz von Wertschöpfungsketten bei Hochtechnologiegütern sicherzustellen. Vielmehr dürfte das Multi-Sourcing, welches auch Friend-, Near- oder Re-Shoring enthalten kann, hilfreich sein. Wie sehen andere Politiken mit Versicherungsfunktion gegen unvorhersehbare geopolitische Spannungen aus? Können durch geeignete Maßnahmen und Rahmenbedingungen gegenseitige Abhängigkeiten erzeugt werden durch die Produktion und Export von (Vor-)Produkten, bei denen man einen strategischen Vorteil hat?

Bei der öffentlichen Förderung der Produktion sollte zudem die Reife einer Branche berücksichtigt werden. Im Falle einer jungen Branche (sog. infant industry) könnten durch die öffentliche Förderung Lerneffekte in der Produktion erzielt werden, sodass neue Produkte rascher wettbewerbsfähig im Vergleich zu (inferioren) alten Produkten werden. Das Infant-Industry-Argument rechtfertigt allerdings nur eine temporäre Förderung junger Industrien. Mit zunehmendem Reifegrad sollte sie wieder zurückgefahren werden. Dabei stellt sich häufig das politökonomische Problem, dass sich einmal gewährte Förderung nur schwer zurücknehmen lässt.

Die Förderung der Ansiedlung von Produktionskapazitäten auf Kosten des Auslands wird häufig als Nullsummenspiel gesehen. Man geht davon aus, dass ein „Kuchen“ gegebener Größe existiert, den es zwischen den Ländern zu verteilen gilt. Diese Sichtweise übersieht allerdings die Wachstum schaffenden Vorteile von internationalem Handel und Kooperation. Außerdem setzt diese Sichtweise nicht selten eine Interventions- und Subventionsspirale zwischen Staaten in Kraft, die langfristig nicht nur in der Summe für alle Länder, sondern auch für jedes einzelne Land schädlich ist. Denn die knappen Ressourcen eines Landes – dazu zählen auch die Fachkräfte – werden nicht ihrer produktivsten Tätigkeit in einem Land zugeführt.

(3) Möglichkeiten der Früherkennung technologischer Trends

Einige Länder wie die USA oder China haben den Prozess des Monitorings neu aufkommender Technologien institutionalisiert und professionalisiert. Auch wenn das Monitoring kein Garant für gute Politikentscheidungen ist, erlaubt es der Politik doch, sich frühzeitig mit neuen Technologien auseinanderzusetzen und gegebenenfalls informiert Rahmenbedingungen und Institutionen anzupassen.

Ziel Technologische Souveränität

Dieses Papier verdeutlicht aber auch, dass sich hinter dem Begriff technologischer Souveränität ganz unterschiedliche Ziele und damit auch Politikmaßnahmen in verschiedenen Ländern verbergen. In einer Welt sich rasant verändernder geopolitischer Rahmenbedingungen sowie neuer technologischer Entwicklungen und Trends ist das möglicherweise überzeugendste Ziel technologischer Souveränität die Vermeidung von einseitigen Abhängigkeiten beim Zugang zu Schlüsseltechnologien, die zur Umsetzung gesellschaftlicher Prioritäten und Bedürfnisse notwendig sind. Maßnahmen zur Förderung technologischer Souveränität sollten sich demnach an der Erreichung dieses Ziels messen lassen.

Danksagung

Wir danken Zhiyuan Chen (Remin University of China), Niclas Frederic Poitiers (Bruegel), Michael Flickenschild (ECORYS), Nikolay Vassilev Tcholtchev (Fraunhofer FOKUS) und Philipp Lämmel (Fraunhofer FOKUS) für äußerst informative und hilfreiche Gespräche im Rahmen unserer Recherchen.

Anhang

Die folgende Tabelle enthält die vollständigen Technologie-Listen der betrachteten Staaten und Staatengemeinschaften. Die jeweils gewählte Terminologie unterscheidet sich dabei („kritische Technologien“, „Schlüsseltechnologien“, etc.).

Land	Schlüsseltechnologien
Deutschland¹⁶	Elektronik der nächsten Generation; Informations- und Kommunikationstechnologien; Software und künstliche Intelligenz; Datentechnologien; Quantencomputing; Produktionstechnologien; Recyclingtechnologien (Kreislaufwirtschaft); Materialinnovationen; Batterieforschung; Grüner Wasserstoff; Impfstoff-Forschung und -Entwicklung; Photonische Technologien und Quantentechnologien; Biotechnologie; Umwelttechnologien; Analysetechnologien und Messtechnik; IT-Sicherheitsforschung; Hoch- und Höchstleistungsrechnen; Forschung für die zivile Sicherheit
EU¹⁷	Fortschrittliche Halbleitertechnologien; Technologien der Künstlichen Intelligenz; Quantentechnologien; Biotechnologien; Fortschrittliche Konnektivitäts-, Navigations- und Digitaltechnologien; Fortschrittliche Sensortechnologien; Weltraum- und Antriebstechnologien; Energietechnologien; Robotik und autonome Systeme; Fortschrittliche Materialien sowie Fertigungs- und Recyclingtechnologien
USA¹⁸	Fortschrittliches Computing; Fortschrittliche Materialien; Fortschrittliche Technologien für Gasturbinen-Motore; Fortschrittliche Produktion; Fortschrittliche und Netzwerk-Sensorik und Signatur Management; Fortschrittliche nukleare Energietechnologien; Künstliche Intelligenz; Autonome Systeme und Robotik; Biotechnologien; Kommunikations- und Netzwerktechnologien; Laser; Finanztechnologien; Mensch-Maschine Interfaces; Hyperschalltechnologien; Netzwerk-Sensoren und Sensorik; Quanteninformationstechnologien; Erzeugung und Speicherung erneuerbarer Energien; Halbleiter und Mikroelektronik; Weltraumtechnologien und -systeme
China¹⁹	Quanteninformation; Photonik und Mikro-Nano-Elektronik; Netzwerkkommunikation; Künstliche Intelligenz; Biomedizin; Moderne Energiesysteme; Integrierte Schaltkreise; Leben und Gesundheit; Hirnforschung; Biologische Züchtung; Luft- und Weltraumwissenschaft und -technologie; Tiefsee und Erde; Sicherheit vor Infektionskrankheiten und Biosicherheitsrisiken; Pharmazeutika und medizinische Geräte; Neue Generation künstlicher Intelligenz; Quanteninformation; integrierte Schaltung; Hirnforschung und vom Gehirn inspirierte Forschung; Gene und Biotechnologie; Klinische Medizin und Gesundheit; Weltraum, tiefe Erde, Tiefsee und Polarforschung; neue High-End-Materialien; Wichtige technische Ausrüstung; Intelligente Fertigung und Robotik; Flugmotoren und Gasturbinen; Beidou industrielle Anwendung; Neue Energiefahrzeuge und intelligente vernetzte Fahrzeuge; Hochwertige medizinische Geräte und innovative Medikamente; Landwirtschaftliche Maschinen und Geräte
Japan²⁰	Biotechnologie; Medizinische und Gesundheitstechnologien; Künstliche Intelligenz und Machine Learning; Fortschrittliches Computing; Mikroprozessoren und Halbleitertechnologien; Datenwissenschaften, -analyse, -speicherung und -management; Fortschrittliche Werkstoff- und Produktionstechnologien; Robotik; Quanteninformationswissenschaft; Fortschrittliche Überwachungs-, Verortungs- und Sensortechnologien; Neurocomputing und Gehirn-Schnittstellen Technologien; Fortschrittliche Energie- und Energiespeichertechnologien; Fortschrittliche Informations-, Kommunikations- und Netzwerktechnologien; Cybersicherheit; Weltraum- und Marinetchnologien; Transport Technologie; Hyperschall Technologie; Chemische, biologische, nukleare und Strahlungstechnologien; Fortschrittliche Materialwissenschaften.
Korea²¹	Halbleiter und Displays; Akkumulatoren; Spitzentechnologien in Mobilität; Nuklearenergie der nächsten Generation; Spitzenbiotechnologien; Luft-, Raumfahrt und Marine; Wasserstoff; Cybersicherheit; KI; Kommunikationstechnologien der nächsten Generation; Spitzentechnologien in Robotik und Produktion; Quantentechnologien

Tabelle 2 Technologie-Listen der betrachteten Staaten und Staatengemeinschaften

-
- ¹ Die EU als Staatengemeinschaft wird ebenfalls betrachtet, vereinfachend sprechen wir im Text von Ländern.
- ² Also beispielsweise in einer Oberkategorie oder als Unterpunkt einer Kategorie.
- ³ z. B. Advanced Technologies für Industries (2020), 4+6 Critical Technology areas for Economic Security (Vorschläge der KOM in 2023: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/commission-recommendation-03-october-2023-critical-technology-areas-eus-economic-security-further_en; <https://www.euractiv.com/section/economy-jobs/news/stricter-eu-controls-on-critical-technologies-possible-from-spring-2024/>).
- ⁴ Quelle der Zusammenfassung: "The New Economics Of Industrial Policy "; Réka Juhász, Nathan Lane, and Dani Rodrik; August 2023
- ⁵ DiPippo, Mazzocco und Kennedy, 2022
- ⁶ Criscuolo, Lalanne und Diaz (2022)
- ⁷ <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5f2dcc8e-en.pdf?expires=1702559143&id=id&accname=ocid44013871&checksum=48F794485049A8E8781326D9650E3F37>
- ⁸ Juhász, Lane, Oehlsen und Perez (2022)
- ⁹ Global Trade Alert-Datenbank oder GTA; Evenet (2009)
- ¹⁰ Juhász, Lane, Oehlsen und Perez (2022)
- ¹¹ Erwähnungen von strategischer Autonomität seit 2013. Quelle: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733589/EPRS_BRI\(2022\)733589_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733589/EPRS_BRI(2022)733589_EN.pdf)
- ¹² di Pippo et al 2022
- ¹³ Wechselkurse errechnet 14.12.2023
- ¹⁴ Quelle: https://www.meti.go.jp/english/policy/economy/industrial_council/pdf/0727_001.pdf
- ¹⁵ Quelle: https://www.meti.go.jp/english/policy/economy/industrial_council/pdf/0727_001.pdf
- ¹⁶ Quelle: https://www.bmbf.de/bmbf/de/europa-und-die-welt/innovationsstandort-deutschland/technologische-souveraenitaet/technologische-souveraenitaet_node.html,
- ¹⁷ Quelle: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/commission-recommendation-03-october-2023-critical-technology-areas-eus-economic-security-further_en
- ¹⁸ Quelle: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf>s
- ¹⁹ Quelle: https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm (übersetzt mit DeepL)
- ²⁰ Quelle: <https://www.pp.u-tokyo.ac.jp/en/graspp-blog/japans-new-tech-policy-for-an-age-of-economic-weaponisation/>
- ²¹ Quelle: <https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=11&mPid=9&pageIndex=&bbsSeqNo=47&nttSeqNo=10&searchCtgr=&searchOpt=ALL&searchTxt=>,

Impressum

Herausgeber

Rat für technologische Souveränität, beauftragt vom BMBF

Mitglieder des Rats für technologische Souveränität

Dr. Viola Bronsema
Prof. Dr. Oliver Falck
Prof. Dr. Svenja Falk
Dr. Tim Gutheit
Dr.-Ing. Christina Hack
Dr.-Ing. Stefan Joeres
Prof. Dr. Elsa Andrea Kirchner
Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein
Prof. Dr.-Ing. Hans Schotten
Prof. Dr. Andreas Tünnermann

Federführende Autorinnen und Autoren dieses Papiers

Oliver Falck, Svenja Falk

Zitierhinweis

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

Redaktion

DLR Projektträger

Gestaltung

DLR Projektträger

Februar 2024

Kontakt

DLR Projektträger
Gesellschaft, Innovation, Technologie
Strategien für Schlüsseltechnologien
pt-ts@dlr.de

