



Impulspapier

Technologische Souveränität im Fokus

Schlüsseltechnologien im Zentrum der Geopolitik

Rat für technologische Souveränität

Hinweis

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

Verschmelzung von Technologie- und Industriepolitik: Technologieorientierte Maßnahmen als Teil des industriepolitischen Instrumentenkastens

Die Rolle des Staates in der Wirtschaft ist stark gewachsen: Eingriffe zur Förderung ausgewählter inländischer Branchen, Technologien oder Unternehmen haben weltweit in den letzten sechs Jahren stark zugenommen (siehe Abbildung 1) – in der Regel mit dem Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit und technologische Souveränität des jeweiligen Landes zu erhöhen. Solche strukturbeeinflussenden Maßnahmen werden gemeinhin unter dem Begriff der Industriepolitik zusammengefasst. Neben direkten handelspolitischen Maßnahmen wie Zöllen oder Exportsubventionen umfassen diese staatlichen Eingriffe auch beispielsweise Subventionen für die Ansiedlung von Produktionsstätten für technologieintensive Produkte oder Subventionen für den Einsatz von CO²-armen Produktionsverfahren. Auf alle Subventionen (ohne Exportsubventionen) entfallen in den wohlhabenden Staa-

ten seit 2023 etwa 50 % der staatlichen Eingriffe, die zunehmend auch auf Technologien bzw. technologieintensive Güter fokussieren. Solche Maßnahmen können im heutigen, stark verflochtenen globalen Wirtschafts- und Handelssystem auch schädliche Auswirkungen auf den internationalen Handel haben.

Der starke Anstieg wettbewerbsverzerrender Maßnahmen seit 2018 wird vor allem von wohlhabenden Volkswirtschaften vorangetrieben, allen voran von den USA. Doch auch Deutschland hat in den letzten Jahren erheblich zu diesem Anstieg beigetragen. Subventionen stellen dabei auch hier das am häufigsten eingesetzte Politikinstrument dar. Der Anstieg reflektiert insbesondere den Versuch vieler Volkswirtschaften auf neue geopolitische Herausforderungen und die Erfahrungen aus der Coronapandemie wie Lieferkettenunterbrechungen zu reagieren.

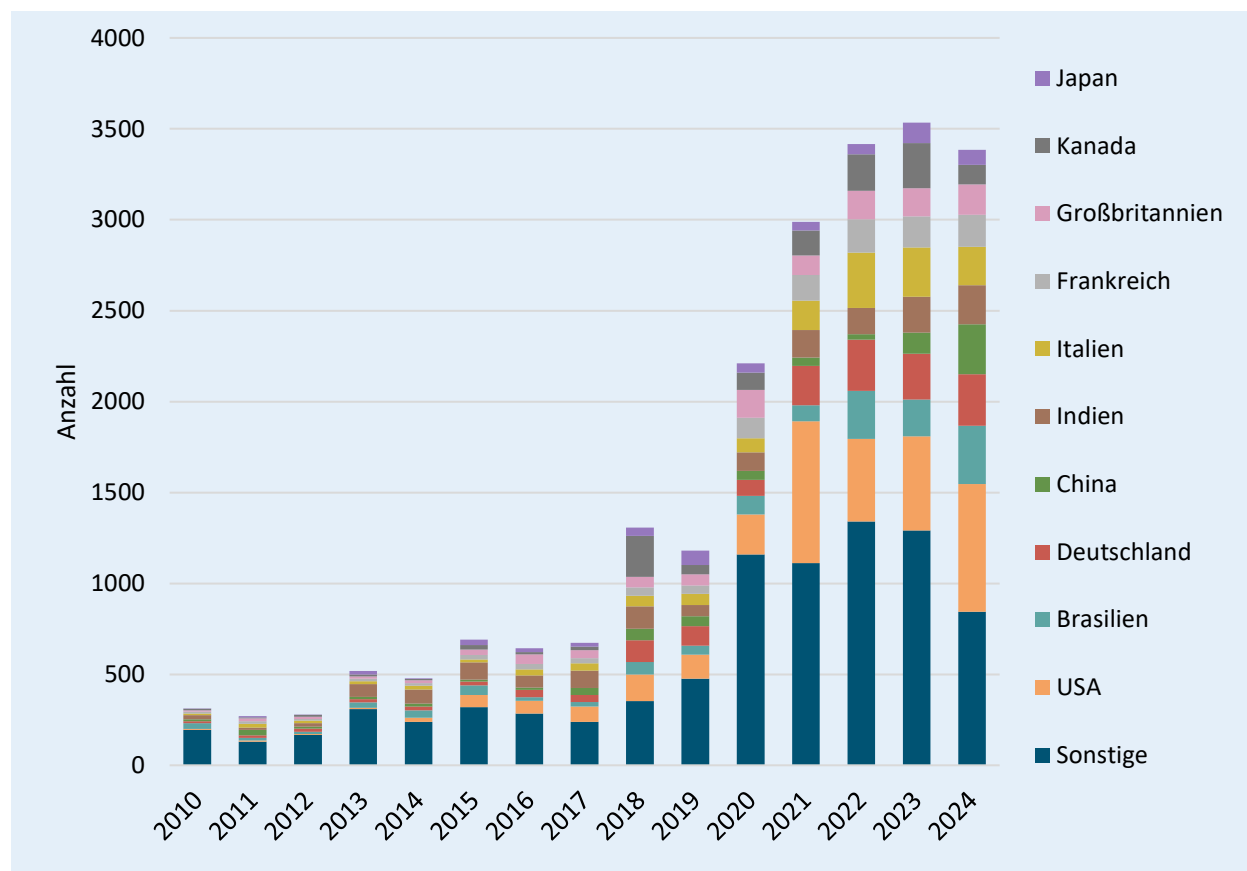


Abbildung 1: Handelsrelevante, wettbewerbsverzerrende, schädliche Politikmaßnahmen¹ weltweit. Die zehn größten Volkswirtschaften sind für die Hälfte der schädlichen Maßnahmen seit 2010 und für zwei Drittel in den letzten drei Jahren verantwortlich. Quelle: Global Trade Alert Datenbank^{2,3}

Obwohl es gute Gründe für industriepolitische Maßnahmen gibt⁴ – ein häufig genanntes Beispiel ist die Förderung von jungen Industrien zur Beschleunigung von Lerneffekten und der raschen Realisierung von Skaleneffekten – folgt die Einführung solcher Maßnahmen oft einer Logik der Reziprozität parallel zu politischen Zyklen. So zeigt sich, dass die Einführung industriepolitischer Maßnahmen eines Staates stark mit vorhergehenden vergleichbaren Maßnahmen anderer Staaten korreliert.⁵ Das lässt befürchten, dass Industriepolitik häufig einer „Wie du mir, so ich dir“-Logik folgt, anstatt primär auf die Erreichung wohlbegründeter wirtschaftlicher oder gesellschaftlicher Ziele ausgerichtet zu sein. Die Gefahr ist ein gegenseitiges Hochschaukeln, das hier wie dort zu zunehmenden Wettbewerbsverzerrungen führt. Besonders deutlich lässt sich diese Dynamik im Kontext von Wahlen erkennen.⁶ Beispielsweise enttarnt Daniel Gros, Direktor des Institutes

für European Policymaking an der Bocconi Universität den European Chips Act als eine solche reaktive Maßnahme, die alle schlechten Eigenschaften der industriepolitischen Maßnahmen anderer Länder in diesem Feld auf sich vereint⁷.

Das vorliegende Impulspapier diskutiert, (i) inwieweit technologische Souveränität als überzeugende Begründung für strukturbeeinflussende (industriepolitische) Maßnahmen dienen kann, (ii) analysiert, auf welche Schlüsseltechnologien sich politische Maßnahmen in den zehn reichsten Volkswirtschaften konzentrieren, (iii) beschreibt anhand von Patentanmeldungen wie Deutschland bei diesen Schlüsseltechnologien im internationalen Vergleich abschneidet, und (iv) schließt mit einem Fragenkatalog für die Politik, aus dem sich Handlungsempfehlungen ableiten lassen.

Staatliche Eingriffe zur Unterstützung der technologischen Souveränität

Innovationspolitik und die staatliche Förderung von privater Forschung und Entwicklung (FuE) sind in der ökonomischen Theorie der Marktunvollkommenheiten gut begründet. Private FuE-Aktivitäten erzeugen selbst bei einem funktionierenden Patentschutz nicht nur ökonomische Erträge für das forschende Unternehmen. Vielmehr können auch andere Unternehmen auf dem neuen Wissen aufbauen und dieses als Grundlage für eigene Erfindungen nutzen. So betreiben Unternehmen systematisch zu wenig FuE. Der Staat versucht, durch direkte und indirekte Fördermaßnahmen, diese externen Erträge zu internalisieren und Anreize für mehr FuE in den Unternehmen zu schaffen.

Die hier abgeleitete Begründung für Innovationspolitik ist zunächst technologieoffen. Doch wie lässt sich eine strukturbeeinflussende Politik rechtfertigen, die gezielt bestimmte Technologien fördert?

Der demografische Wandel, die Bekämpfung des Klimawandels oder die Sicherstellung der eigenen Verteidigungsfähigkeit stellen große Herausforderungen dar, zu deren Lösung neue Technologien maßgeblich beitragen können. Smarte Roboter können etwa in der Pflege unterstützend eingesetzt werden, Material- und Recyclingforschung können entscheidend zur Dekarbonisierung oder Defossilisierung beitragen, und Künstliche Intelligenz kann eine zentrale Rolle in der Verteidigung und Cyber-Sicherheit spielen – um nur einige Beispiele zu nennen.

Technologiepolitik, die darauf abzielt, entscheidende Technologien zu beherrschen, die für die Erfüllung gesellschaftlicher Prioritäten und Bedürfnisse erforderlich sind,

kann daher durchaus gerechtfertigt sein. Dies gilt insbesondere in einer Zeit, in der die Forschungsanstrengungen in verschiedenen Schlüsseltechnologien zunehmend außerhalb Europas konzentriert sind und geopolitische Spannungen zunehmen. Einseitige Technologieabhängigkeiten von bestimmten Ländern können im Falle von Konflikten und damit verbunden einem Ausfall des Zugangs zu Schlüsseltechnologien hohe Kosten für die gesamte Gesellschaft nach sich ziehen. Die Förderung von Forschung und der Weiterentwicklung von für die Gesellschaft wichtigen Schlüsseltechnologien im eigenen Land kann daher eine wichtige Maßnahme zum Schutz vor geopolitischen Risiken darstellen. Längst haben sich die Fronten verschärft: Wir sind bereits in einem „kalten Technologiekrieg“ beschreibt es Moritz Schularick, Präsident des Kieler Institut für Weltwirtschaft (IfW).

Zur Stärkung der technologischen Souveränität kann es neben der Förderung von Forschung und Entwicklung von ausgewählten Schlüsseltechnologien im eigenen Land auch begründet sein, die Anwendung von Schlüsseltechnologien vor Ort zu fördern. Dies gilt insbesondere, wenn es starke Spillover-Effekte zwischen den einzelnen Schritten der Wertschöpfungskette – (Grundlagen-)Forschung, Entwicklung, Produktion, Anwendung – gibt. Diese Effekte werden von den verschiedenen Unternehmen oft nicht ausreichend berücksichtigt, sind aber entscheidend für die Sicherstellung technologischer Souveränität. Zum Beispiel muss die Produktion bei der Entwicklung neuer Technologien schon mitgedacht werden, und die Erfahrungswerte aus der Produktion und Anwendung müssen in der Weiterentwicklung berücksichtigt werden.⁸

Der Zugang zu Schlüsseltechnologien kann allerdings nicht bedeuten, alle Schlüsseltechnologien in Autarkie zu entwickeln. Technologien können auch aus „befreundeten“ Ländern importiert oder transnational entwickelt und genutzt werden. Länder sollten ihre eigenen Stärken nutzen und ihre Forschungsanstrengungen gezielt auf solche Technologien konzentrieren, für die sie einen komparativen Vorteil in der Forschung haben. Dies gebietet schon die Notwendigkeit, mit begrenzten öffentlichen Budgets zu haushalten.

Trotz aller Notwendigkeit zur Spezialisierung muss auch sichergestellt werden, dass keine einseitigen Abhängigkeiten zu einzelnen Ländern entstehen. Zwischen Schlüsseltechnologien in technologieintensiven Bereichen, wie der smarten Robotik, bestehen häufig enge Wechselwirkungen. In diesem komplexen Geflecht können einseitige Abhängigkeiten durch die Schaffung gegenseitiger Abhängigkeiten vermieden werden. Dieses Beispiel illustriert, dass der Fokus auf einzelne Technologien zu kurz greift, vielmehr die Wechselwirkungen zwischen den Technologien entscheidend sind.

Technologieintensive Produkte und Anwendungen im Fokus der Politik

Industriepolitische Maßnahmen zielen zunehmend auch auf technologieintensive Produkte oder Anwendungen ab, in denen Schlüsseltechnologien kombiniert zum Einsatz kommen. Abbildung 2 zeigt die Anzahl wettbewerbsverzerrender staatlicher Eingriffe für technologieintensive Produkte bzw. Anwendungen in den zehn größten Volkswirtschaften.

Ein Fokus auf einzelne Schlüsseltechnologien greift dabei entschieden zu kurz. Große Innovationssprünge der vergangenen Jahre wie das Metaverse oder generative KI-Chatbots sind keine inhärent neuen Technologien, sondern geschickte Kombination von bereits Existierendem. Dies wird im Folgenden anhand der smarten Robotik beispielhaft erläutert.

Beispiel Smarte Robotik

Die Robotik illustriert eindrucksvoll, wie durch die Integration von künstlicher Intelligenz (KI), multimodaler Sensorik, Steuerungssystemen und Kommunikationstechnologien innovative Lösungen geschaffen werden können, die sozioökonomische Potenziale erschließen und auch zentrale Herausforderungen wie den Fachkräftemangel adressieren.⁹

Die Robotik als Schnittstelle multipler Technologien

Durch die Kombination von multimodaler Sensorik und KI-Methoden können sich Robotersysteme dynamisch an individuelle Bedürfnisse anpassen und menschliches Verhalten analysieren. Solche Systeme fördern intuitive Mensch-Maschine-Interaktionen (MMI), indem sie natürliche Kommunikationsformen wie Sprache und Gestik nutzen.

Ein Beispiel ist das „Active Learning“, bei dem Roboter durch die Interaktion mit Menschen spezifische Fähigkeiten erlernen. Diese kombinatorischen Ansätze ermöglichen eine kontinuierliche Anpassung an Nutzerbedürfnisse und erhöhen zugleich die Zugänglichkeit technischer Lösungen für Personen ohne technisches Fachwissen.¹⁰

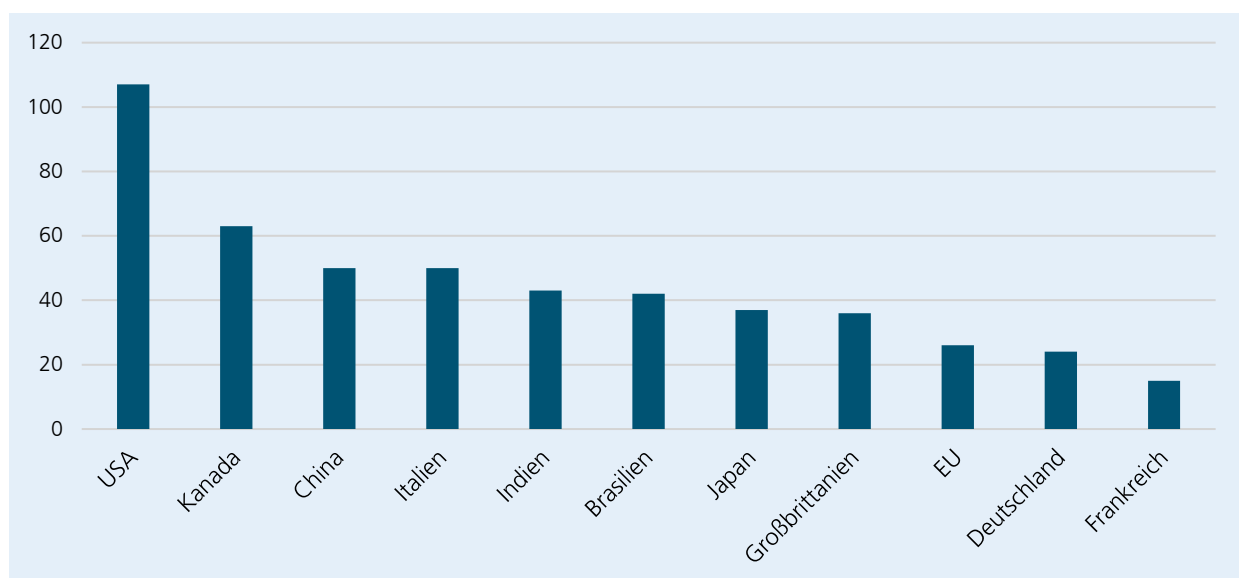


Abbildung 2: Anzahl wettbewerbsverzerrender Politikmaßnahmen im Bereich "Advanced Technology Products" weltweit in 2023. Dies sind beispielsweise die finanzielle Förderung von Unternehmen oder Staatsanleihen. Quellen: Global Trade Alert Da-tenbank², NIPO¹¹

Sozioökonomische Potenziale

Die Verknüpfung verschiedener Technologien in der Robotik senkt Zugangshürden und ermöglicht eine breitere Nutzung. Dies erleichtert den Einsatz in neuen Anwendungsfeldern, steigert die Produktivität und unterstützt die gesellschaftliche Akzeptanz.

Zugleich tragen solche robotischen Systeme zur Lösung struktureller Probleme wie dem Fachkräftemangel bei. Die Fähigkeit, Technologien in Arbeits- und Lebenswelten einzubetten, stärkt somit die Wettbewerbsfähigkeit und eröffnet neue Wertschöpfungsmöglichkeiten.

Investitionen in Schlüsseltechnologien und deren Integration sind entscheidend, um die Potenziale der Robotik vollständig auszuschöpfen. Die Robotik zeigt, wie die Kombination von Technologien Innovationen vorantreibt und gesellschaftliche Herausforderungen adressiert. Synergien aus KI, Sensorik und nutzerzentrierten Schnittstellen schaffen Systeme, die sich an den Menschen anpassen und dadurch potentiell breite Akzeptanz finden. Die Fähigkeit zur Kombination von Schlüsseltechnologien ist ein entscheidender Hebel für langfristige Wettbewerbsfähigkeit in diesem wachsenden Geschäftsfeld.

Strategien zur Sicherung der technologischen Souveränität im internationalen Vergleich

Alle großen Volkswirtschaften sowie die EU verfolgen spezifische Technologiestrategien, in denen sie zentrale Schlüsseltechnologien definieren (Tabelle 3 im Anhang). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die explizit in einschlägigen Strategiedokumenten der verschiedenen Länder und der EU gelisteten Schlüsseltechnologien. Die Analyse zeigt, dass die Anzahl der definierten Technologien variiert, jedoch gibt es einen gemeinsamen Kern, auf den fast alle Länder fokussieren. Künstliche Intelligenz, Quantentechnologien und Biotechnologie sind weltweit am stärksten vertreten. Die EU, USA, China, Japan und Kanada adressieren die größte Zahl von Schlüsseltechnologien, gefolgt von Deutschland und Südkorea. Weitere zentrale Technologien sind Mikroelektronik und Halbleiter, sowie Informations- und Kommunikationstechnologien. Vergleichsweise weniger global verbreitet sind etwa Gesundheits- und Medizintechnologien; Photonik und Hyper-schall-Technologien. Auch werden Umwelt-, Klimaschutz- und Recyclingtechnologien seltener genannt. Auffällig ist außerdem, dass Frankreich auf weniger Schlüsseltechnologien setzt und andere Prioritäten, wie Nukleartechnologien, verfolgt.

Während einige Länder einen breiten, innovationsorientierten Ansatz verfolgen (z. B. USA, Japan, Kanada), fokussieren China oder die EU sich stark auf strategische Unabhängigkeit und Risikominimierung. Der Großteil setzt dabei auf Schlüsseltechnologien, um wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit und nationale Sicherheit zu gewährleisten.

Dabei spielen staatliche Institutionen eine zentrale Rolle: Während in den USA das "Office of Science and Technology Policy" im Weißen Haus und in China der Nationale Volkskongress maßgebliche Entscheidungen treffen, erfolgt die Steuerung in der EU durch das Steering Board of Sovereignty sowie durch den „Kompass für Wettbewerbsfähigkeit“¹² der EU-Kommission und die neu benannte

Kommissarin für „Tech Sovereignty, Security and Democracy“, Henna Virkkunen.¹³ Deutschland setzt auf das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), während Großbritannien und Japan durch spezialisierte Ministerien und Expertenräte agieren. Dabei ist zu beachten, dass Auswirkungen der neuen US-Regierung sowie der deutschen Bundestagswahl erst zu einem späteren Zeitpunkt sichtbar werden.

Am Beispiel der Halbleitertechnologien zeigen Abbildung 3 und Tabelle 2, dass hinter den Strategien für die einzelnen Technologien eine Vielzahl an Einzelmaßnahmen stehen, die mit enormen staatlichen Mitteln hinterlegt sind. Diese Maßnahmen zeigen unterschiedliche Ansätze – von direkten Subventionen und Steuervergünstigungen bis hin zu umfassenden Förderpaketen mit langfristiger Ausrichtung.

Um die Position Deutschlands im Bereich der sechs am häufigsten genannten Schlüsseltechnologien Künstliche Intelligenz, Quantentechnologien, Biotechnologie, Mikroelektronik und Halbleiter, Informations- und Kommunikationstechnologien und Energie- und Batterietechnologie besser einordnen zu können, lassen sich internationale Patentanmeldungen unter dem Patentszusammenarbeitsvertrag (PCT - Patent Cooperation Treaty) als Maßstab heranziehen. Patentanalysen sind stark von der Wahl der Datenquellen abhängig und unterliegen aufgrund der langen Melde- und Prüfverfahren einem zeitlichen Verzögerungseffekt (Timelag). Dennoch bieten sie ein wichtiges Indiz für innovationsspezifische Schwerpunkte und ermöglichen einen vergleichenden Überblick darüber, wie verschiedene Länder in technologischen Schlüsselbereichen positioniert sind. Insbesondere eignen sie sich langfristige Trends abzubilden. Abbildung 4 zeigt die Entwicklung des Patentanteils der zehn größten Volkswirtschaften und der EU an allen weltweiten Patenten für die sechs untersuchten

Schlüsseltechnologie	EU	US	CN	DE	JP	IN	GB	FR	IT	BR	CA	KR	Σ
Künstliche Intelligenz	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	11
Quantentechnologien	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	11
Biotechnologie	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	10
Mikroelektronik und Halbleiter	X	X	X	X	X		X		X		X	X	9
Informations- und Kommunikationstechnologien	X	X	X	X	X		X			X	X	X	9
Energie- und Batterietechnologie	X	X	X	X	X			X			X	X	8
Produktionstechnologien und Industrie 4.0	X	X	X	X	X						X	X	7
Cybersecurity	X	X	X	X	X						X	X	7
Datentechnologien, HPC und Big Data	X	X	X	X	X		X				X		7
Robotik und autonome Systeme	X	X	X	X	X						X	X	7
Weltraum, Deep Space und Antriebstechnologien	X	X	X		X			X			X	X	7
Nukleartechnologien	X	X	X		X			X			X	X	7
Sensorik	X	X	X	X	X						X		6
Neue Werkstoffe / Materialinnovationen	X	X	X	X	X						X		6
Umwelt-, Klimaschutz- und Recyclingtechnologie	X	X		X	X	X		X					6
Deep Earth / Deep Ocean Exploration			X		X	X						X	4
Genetik	X	X	X								X		4
Gesundheit/Medizintechnologie					X	X		X			X		4
Photonik	X		X	X									3
Emissionsfreie/elektrische Fahr-/Flugzeuge						X		X			X		3
Hyperschall-Technologien		X			X								2
Landwirtschaft					X			X					2
Σ	17	17	17	14	19	7	6	7	4	3	17	12	

Tabelle 1: Übersicht der explizit in einschlägigen Strategiedokumenten gelisteten Schlüsseltechnologien nach Ländern und Staatengemeinschaften.

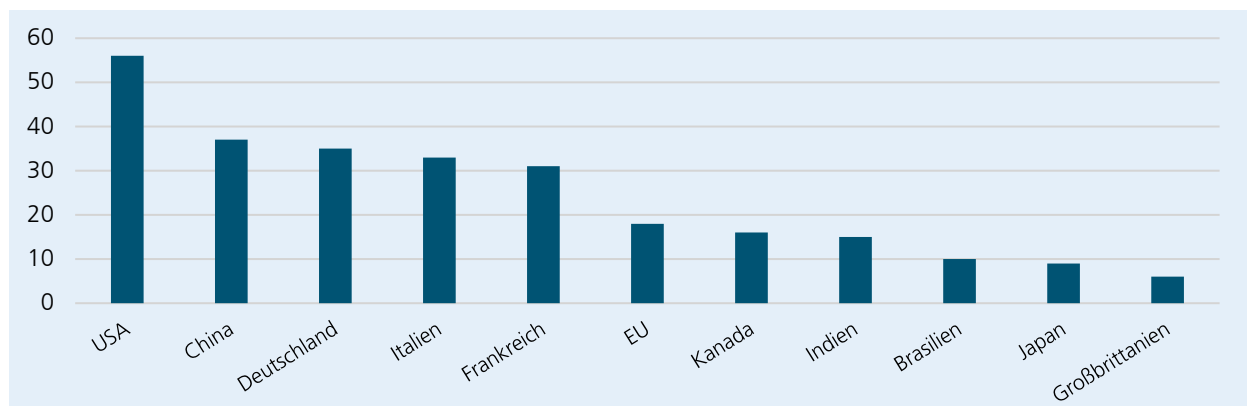


Abbildung 3: Anzahl wettbewerbsverzerrender Politikmaßnahmen im Bereich Halbleitertechnologie in 2023 weltweit. Dies sind beispielsweise die finanzielle Förderung von Unternehmen oder Staatsanleihen. Quellen: Global Trade Alert Datenbank², NIPO¹¹

Region	Programm	Volumen	Zusätzliche Steuergutschriften und -anreize
USA	Chips for America	>\$53 Mrd. bis 2026 ¹⁴	Gutschrift: 25% der Investmentkosten
EU	EU Chips Act & IPCEI	>\$30 Mrd. bis 2030	
China	Semicon package	\$143 Mrd.15 bis 2028	Befreiung: Befreiung der Einkommenssteuer für 2-10 Jahre in Abhängigkeit der Technologie
Südkorea	K-Chips Act	Steuervorteile bis 2032	Gutschrift: 20% der Investmentkosten, 50% der F&E-Kosten
Japan	Semicon ecosystem strategy	\$65 Mrd. bis 2030 ¹⁶	
Taiwan	Taiwan chip act	Steuervorteile bis 2029	Gutschrift: 15-25% F&E, 5% Tooling, Keine Begrenzung für steuerliche Aufwendungen

Tabelle 2: Vergleich der Mikroelektronik-Förderprogramme führender Regionen im Bereich Halbleiter. Quelle: ZVEI¹⁷

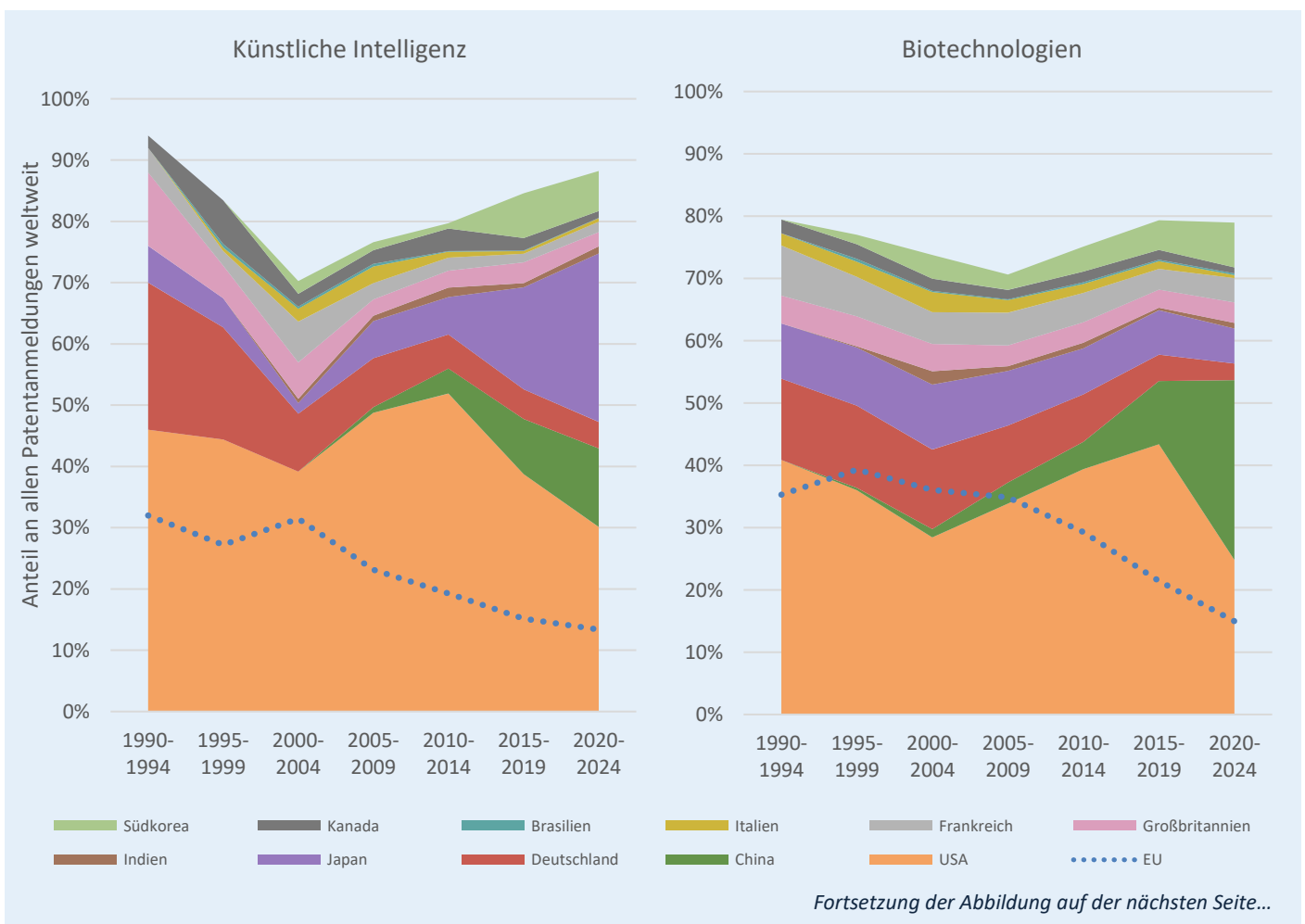
Schlüsseltechnologien. Dargestellt ist in Fünf-Jahresschritten der Zeitraum von 1990 – 2024, wobei aufgrund der beschriebenen Timelags die Daten in den jüngeren Jahren möglicherweise noch nicht vollständig sind.

Die Analyse zeigt, dass der China-Anteil insbesondere zu Lasten von USA und Europa wächst. China hat sich als zentraler Akteur im globalen Wettbewerb um „technologische Vorherrschaft“ etabliert. Im Gegensatz zu den USA und Europa hält sich der Anteil Japans recht stabil, im Bereich der Künstlichen Intelligenz konnte das Land seinen Patentanteil sogar ausbauen. Europa und Deutschland zählen zwar noch zu wichtigen Akteuren, verlieren jedoch zunehmend anteilmäßig an Boden. Insgesamt steigt die Anzahl der Patente in diesen zentralen Schlüsseltechnolo-

gien. Die Anteilsverschiebungen zeugen allerdings von unterschiedlich schnellem Wachstum bei der Anzahl der Patente zwischen den Ländern.

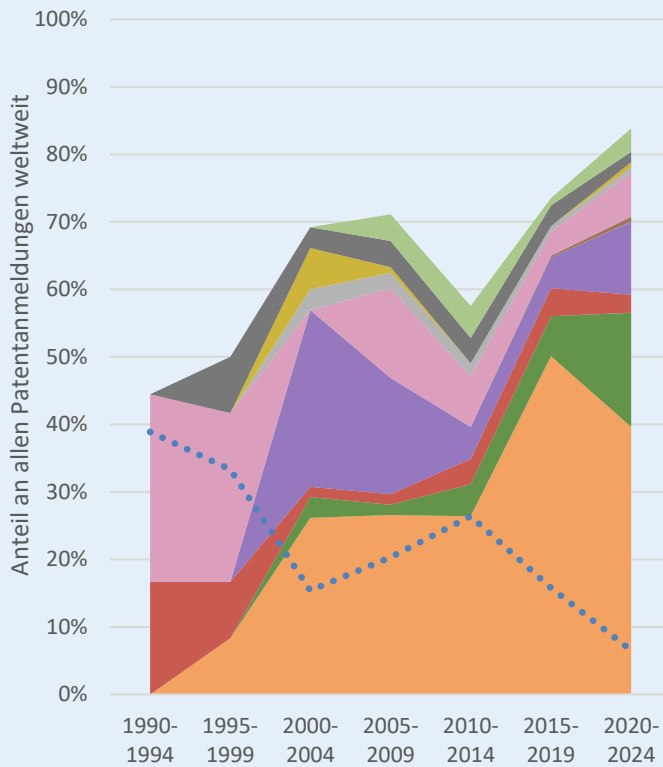
Damit Europa – und insbesondere Deutschland – in diesem dynamischen Umfeld konkurrenzfähig bleibt, ist ein geschlossenes Auftreten unerlässlich. Die europäischen Länder müssen ihre komparativen Vorteile gezielt nutzen, ihre Stärken bündeln und auch über neue Partnerschaften nachdenken, um langfristig eine führende Rolle in der globalen Technologieentwicklung zu sichern. Ein erster Ansatz hierfür sind die Important Projects of Common European Interest (IPCEI)¹⁸.

Abbildung 4: Anteil der betrachteten Länder an der Gesamtzahl weltweit angemeldeter Patente für den Zeitraum 1990 bis 2024. Betrachtet wurden internationale (PCT-)Patentanmeldungen in den sechs am häufigsten als kritisch erachteten Schlüsseltechnologiebereichen (vgl. Tabelle 1). Für eine übersichtlichere Darstellung wurden jeweils Werte in 5-Jahres-Intervallen summiert (aufgetragen ist also der Anteil jedes Landes an allen weltweit in diesem 5-Jahres-Zeitraum angemeldeten Patenten). Daten in den jüngeren Jahren sind auf Grund von zeitlichen Verzögerungen in den Melde- und Prüfverfahren möglicherweise nicht vollständig. Quelle: Patsnap

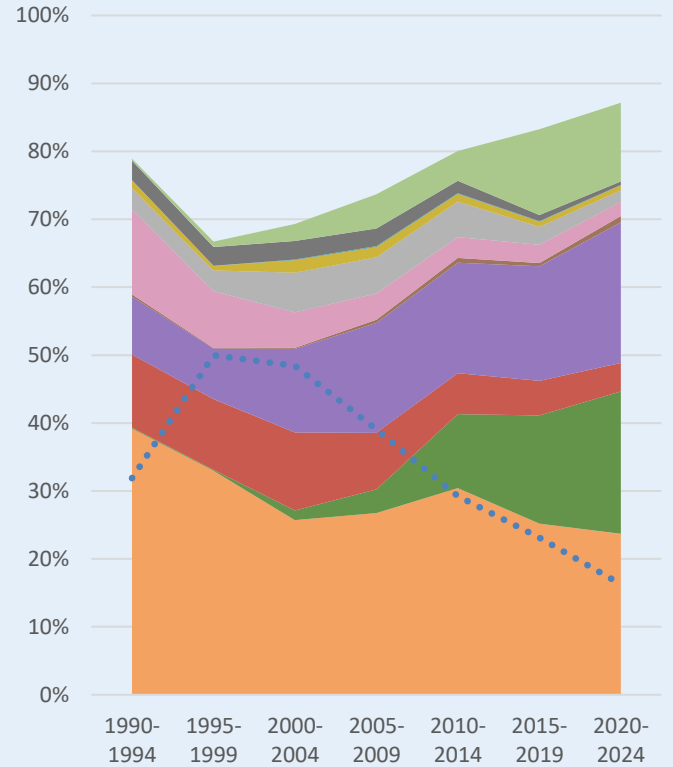


Fortsetzung von Abbildung 4...

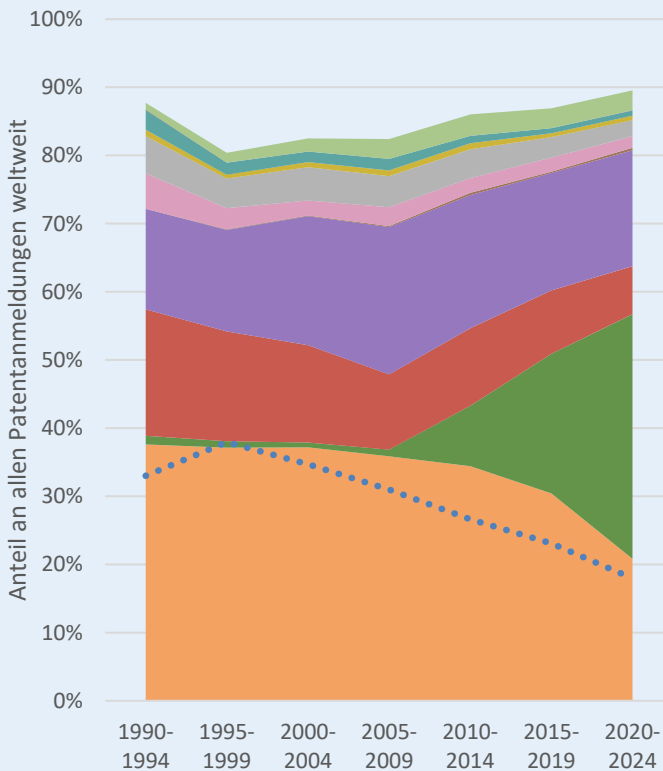
Quantentechnologien



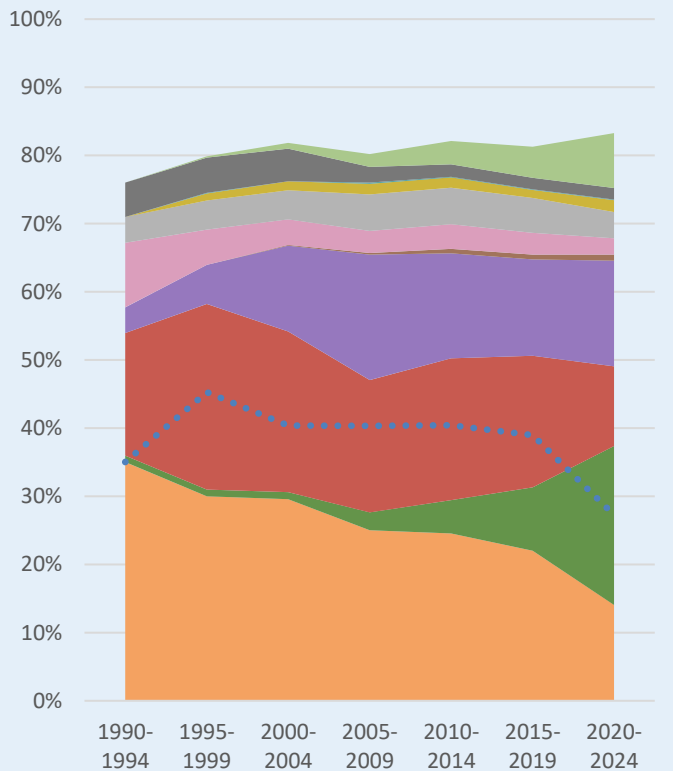
IKT



Mikroelektronik



Energie- u. Batterietechnologie



Ein Fragenkatalog für die Politik

Wie in diesem kurzen Impulspapier dargelegt, sind technologieorientierte Politikmaßnahmen weltweit auf dem Vormarsch. Da sie strukturbeeinflussend wirken, haben sie den Charakter industriepolitischer Maßnahmen. Die Einführung dieser Maßnahmen erfolgt häufig stark reaktiv auf die Maßnahmen anderer Länder und folgt politischen Zyklen. Ein bloßes Reagieren auf Maßnahmen anderer Länder – eine „wie du mir, so ich dir“-Politik – verstärkt international schädliche Wettbewerbsverzerrungen. **Eine gestalterische, technologieorientierte Industriepolitik sollte hingegen als eine Art Versicherung fungieren und zur Lösung übergeordneter gesellschaftlicher Herausforderungen beitragen.**

Einseitige Technologieabhängigkeiten von bestimmten Ländern können im Falle von Konflikten und damit verbunden einem Ausfall des Zugangs zu Schlüsseltechnologien hohe Kosten für die gesamte Gesellschaft nach sich ziehen. Industriepolitik für technologische Souveränität ist in diesem Fall gerechtfertigt und kann auch erfolgreich funktionieren, doch die Ausgestaltung der Maßnahmen ist schwierig. Es stellt sich die Frage, wie man bei der Entwicklung solcher Maßnahmen vorgehen sollte (siehe Fragenkatalog).

FRAGENKATALOG

Industriepolitik für technologische Souveränität sollte folgenden Leitfragen folgen und beantworten. Diese Fragen sollten kontinuierlich gestellt und institutionell als systematisches vorausschauendes Technologiemonitoring verankert werden:

1. Welche sind **die künftig relevanten Schlüsseltechnologien** zur Lösung gesellschaftlicher Probleme?
2. In welchen Technologiebereichen liegen Deutschlands **komparative Vorteile**? Wo bestehen **einseitige Abhängigkeiten** im komplexen Technologiegeflecht?
3. Werden die identifizierten Technologien in Deutschland bzw. Europa **ausreichend entwickelt**? Wenn nicht, warum werden einzelne Technologien trotz möglicher Vorteile in deren Entwicklung in der Forschung nicht ausreichend adressiert? Gibt es **entscheidende Spillover-Effekte** zwischen Forschung, Produktion und Anwendung und werden diese realisiert?
4. Wie kann die **Auswahl geeigneter Politikmaßnahmen** erfolgen, um **das zugrundeliegende** Problem zu lösen? Können etwa Maßnahmen zur Förderung von **Verbundprojekten** zur Internalisierung von Spillover-Effekten entlang der Wertschöpfungskette beitragen? Auf welcher **föderalen Ebene** sollten die Politikmaßnahmen angesiedelt sein (EU vs. Deutschland)?
5. Wie lässt sich eine **sorgfältige Ausgestaltung der Maßnahmen** erreichen, die Wechselwirkungen mit anderen Politikmaßnahmen berücksichtigt, den Wettbewerb möglichst wenig einschränkt und gleichzeitig das Risiko der Einflussnahme auf die Politik (s. politische Zyklen) reduziert?

Anhang: Übersicht Technologiestrategien verschiedener Länder und Staatengemeinschaften

Land / Staatengemeinschaft	Strategie / Publikation	Herausgeber / Institution	Zentrales Ziel	Schlüsseltechnologien / -felder
Europäische Union	Empfehlung der Kommission zu sicherheitsrelevanten Technologiebereichen ¹⁹	Steering Board of Sovereignty	Stärkung der wirtschaftlichen Basis und Wettbewerbsfähigkeit, Schutz vor Risiken (disruptive Technologien, Dual Use, Risiko des Missbrauchs)	10 „critical technology areas“ / „Technologiebereiche“ mit jeweils 4-5 Technologien (insgesamt 42 Technologien)
USA	Critical and Emerging Technologies List Update ²⁰	Office of Science and technology Policy in the White House Special Envoy for Critical and Emerging Technology		18 "Critical and emerging technology areas" mit insgesamt 131 "key subfields"
China	14. Fünfjahresplan ²¹	Nationaler Volkskongress der Volksrepublik China	Wirtschaftliche Abhängigkeiten vom Ausland verringern („Self Reliance“) und in Zukunftstechnologien eine weltweite Marktführerschaft erreichen	7 „Spitzenbereiche der Wissenschaft und Technologie“ Mit jeweils 3-5 Spezifizierungen (insgesamt 28)
Deutschland	Rahmenprogramm: "Forschung und Innovation für Technologische Souveränität 2030 (FITS2030)" ²²	Deutsche Bundesregierung (Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF)	Technologische Souveränität stärken, einseitige Abhängigkeiten vermeiden; Weltmarktführer bei Schlüsseltechnologien und innovativen Produkten sein; Stärkung der europäischen und internationalen Zusammenarbeit; als eigenständiger globaler Akteur in ausgewählten Technologiebereichen „Made in Europe“ behaupten	8 digitale und 4 industrielle Schlüsseltechnologien
Japan	Economic Security Protection Act (ESPA) ²³	Japanische Regierung (Council of Experts on Economic Security Legislation)	Wirtschaftliche Sicherheit	20 „technologies as critical fields“
	Integrated Innovation Strategy 2024 ²⁴	Kabinett	Synergieeffekte bei der Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technologie fördern; Ermöglichung der Zukunftsvorsorge; Formulierung und Koordinierung von W&T-Missionen; Schaffung eines günstigen Ökosystems für technisches Unternehmertum; Förderung von Innovation und Technologie, Entwicklung von Innovationsclustern und Förderung wirksamer öffentlich-privater Verbindungen	12 Schlüsselfelder
Indien	[Einzelreports zu Missionen] ²⁵	Government of India (The Prime Minister's Science, Technology and Innovation Advisory Council (PM-STIAC))	Einnahme einer Vorreiterrolle in den genannten Technologien, Gestaltung der globalen Technologieentwicklung entsprechend den eigenen Interessen	9 Missions and Initiatives
Großbritannien	"The UK's International Technology Strategy" ²⁶	Britische Regierung (Department for Science, Innovation and Technology (DSIT))	Förderung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit durch strategische Investitionen; Schaffung neuer industrieller und technologischer Sektoren, die den ökologischen und digitalen Wandel unterstützen	6 „Priority technologies“ (Priorisierte Technologien)
Frankreich	„France 2030“ ²⁷	Französische Regierung	Beschleunigung der digitalen Transformation und Förderung nachhaltiger Innovationen	10 "Objectif" über drei Domänen
Italien	National Innovation and Digitalization Plan 2025 ²⁸	Italienische Regierung (Ministry for Technological Innovation and Digitalisation)		20 Maßnahmen in den Bereichen Digitalisierung, technologische Innovation sowie ethische und nachhaltige Entwicklung
	Kohäsionsdekret ²⁹	Ministerrat		6 strategische Sektoren / 4 Schlüsseltechnologien
Brasilien	Study: From Science and Technology to Innovation Diplomacy: Their Future and the Relationship with International Security ³⁰	Institute for Applied Economic Research (Ipea) (eine öffentliche Einrichtung, die der föderalen Regierung technische Unterstützung im Bereich der öffentlichen Politik bietet)		4 Technologiebereiche
Kanada	Sensitive Technology Research Areas ³¹	Kanadische Regierung	Förderung strategischer Technologien in einer Ära des globalen Technologiewettbewerbs	11 Technologiekategorien mit insgesamt 76 Unterkategorien
Südkorea	National Strategic technology Nurture Plan ³²	Koreanische Regierung (Ministry of Science and ICT - National Strategic Technology Special Committee)	Stärkung der wirtschaftlichen Basis und Wettbewerbsfähigkeit, Schutz vor Risiken (disruptive Technologien, Dual Use, Risiko des Missbrauchs)	12 „strategic technologies“ mit 50 „sub-specific technologies“

Tabelle 3: Übersicht über die Anzahl konkret gelisteter Schlüsseltechnologiefelder, zugehöriger Strategien, beteiligter Institutionen, genannter Ziele und entsprechender Investitionen für die zehn Staaten mit dem höchsten BIP ergänzt um Südkorea und die Europäische Union.

-
- ¹ „Schädliche“ Politikmaßnahmen sind diejenigen, die den freien Handel einschränken und protektionistische Ziele verfolgen. Dies umfasst beispielsweise Subventionen, Zölle und Handelsbarrieren.
- ² Quelle: <https://web.archive.org/web/20250214155840/https://globaltradealert.org/> (abgerufen 19.02.2025) Betroffene Einschränkungen: GTA Evaluation: harmful.
- ³ Reporting Lag Adjustment: „2024-12-31“
- ⁴ Czernich, Falck (2025): Industriepolitik: Auf dem Vormarsch, aber Motivation und Wirkung meist nicht überzeugend, <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2025-01-czernich-falck-bundestagswahl-industriepolitik.pdf>
- ⁵ Evenett et al. 2024, <https://web.archive.org/web/20250214090716/https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/12/23/The-Return-of-Industrial-Policy-in-Data-542828>
- ⁶ EBRD 2024
- ⁷ <https://web.archive.org/web/20250316095913/https://www.ceps.eu/>
- ⁸ Die Studie zum deutschen Innovationssystem der Expertenkommission für Forschung und Innovation (EFI | Nr. 7-2022 – Schlüsseltechnologien, vgl. Abbildung A53) zeigen, dass Deutschland bei den Produktionstechnologien in den Jahren 2016 bis 2018 weltweit führend im Bereich der Patentanmeldungen war. Dies ist somit weiterhin ein relevanter Pfeiler des deutschen Forschungs- und Innovationssystems.
- ⁹ Rat für technologische Souveränität (2023): Positionspapier Smarte Robotik, <https://projektraeger.dlr.de/sites/default/files/2025-09/documents/positionspapier-smarte-robotik-rat4ts.pdf>
- ¹⁰ Rat für technologische Souveränität (2024): Adaptation von Technik an den Menschen zur Förderung der Technologieadoption und technologischer Souveränität – Bedeutung für eine moderne Volkswirtschaft am Beispiel der Robotik, <https://projektraeger.dlr.de/sites/default/files/2025-09/documents/impulspapier-adaption-von-technik-rat4ts.pdf>
- ¹¹ Quelle: [/web/20250219081108/https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/12/23/The-Return-of-Industrial-Policy-in-Data-542828](https://web/20250219081108/https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/12/23/The-Return-of-Industrial-Policy-in-Data-542828)
- ¹² Quelle: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_25_339
- ¹³ [/web/20250219083040/https://commission.europa.eu/about/organisation/college-commissioners/henna-virkkunen_en?pre-flang=de](https://web/20250219083040/https://commission.europa.eu/about/organisation/college-commissioners/henna-virkkunen_en?pre-flang=de)
- ¹⁵ Zahl inkludiert öffentliche Direktinvestments und einen kleinen Anteil gemeinsamer Investments mit dem privaten Sektor
- ¹⁶ Enthält Förderung von Halbleiter- und KI-Industrie (Programm aktuell unter Finalisierung)
- ¹⁷ Quelle: ZVEI 2024, „Von Chips zu Chancen – Die Bedeutung und Wirtschaftlichkeit der Mikroelektronikförderung“
- ¹⁸ https://web.archive.org/web/20250218202607/https://competition-policy.ec.europa.eu/state-aid/ipcei_en
- ¹⁹ Quelle: [/web/20250219102243/https://defence-industry-space.ec.europa.eu/commission-recommendation-03-october-2023-critical-technology-areas-eus-economic-security-further_en](https://web/20250219102243/https://defence-industry-space.ec.europa.eu/commission-recommendation-03-october-2023-critical-technology-areas-eus-economic-security-further_en)
- ²⁰ Quelle: <https://web.archive.org/web/20250219132051/https://www.govinfo.gov/content/pkg/CMR-PREX23-00185928/pdf/CMR-PREX23-00185928.pdf>
- ²¹ Quelle: [/web/20250219121200/https://www.ifw-kiel.de/de/publikationen/kiel-focus/chinas-neuer-fuenfjahresplan-wirtschaftliche-kernelemente-und-implikationen-fuer-deutschland-und-europa/](https://web/20250219121200/https://www.ifw-kiel.de/de/publikationen/kiel-focus/chinas-neuer-fuenfjahresplan-wirtschaftliche-kernelemente-und-implikationen-fuer-deutschland-und-europa/)
- ²² Quelle: <https://web.archive.org/web/20250219124539/https://www.bmbf.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2025/01/fits2030.html?templateQueryString=fits>
- ²³ Quelle: [https://web.archive.org/web/20241219052901/https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751417/EPRS_ATA\(2023\)751417_EN.pdf](https://web.archive.org/web/20241219052901/https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751417/EPRS_ATA(2023)751417_EN.pdf)
- ²⁴ Quelle: https://web.archive.org/web/20241206005228/https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/togo2024_honbun_eiyaku.pdf
- ²⁵ Quelle: <https://web.archive.org/web/20241224220914/https://www.psa.gov.in/pm-stiac>
- ²⁶ Quelle: <https://web.archive.org/web/20241005150544/https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6419f93fe90e0769ebc31f08/uk-international-technology-strategy-web-version.pdf>
- ²⁷ Quelle: <https://web.archive.org/web/20230925141420/https://www.economie.gouv.fr/files/files/2021/France-2030.pdf>
- ²⁸ „Strategia per l’innovazione tecnologica e la digitalizzazione del Paese“, Quelle: <https://web.archive.org/web/20241202231606/https://assets.innovazione.gov.it/1610546390-midbook2025.pdf>
- ²⁹ Quelle: <https://web.archive.org/web/20250123202420/https://www.governo.it/it/articolo/comunicato-stampa-del-consiglio-dei-ministri-n-79/25547>
- ³⁰ Quelle: https://web.archive.org/web/20250219133359/https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/rtm/218569_rtm_28_artigo_1.pdf
- ³¹ Quelle: <https://web.archive.org/web/20241119195133/https://science.gc.ca/site/science/en/safeguarding-your-research/guidelines-and-tools-implement-research-security/sensitive-technology-research-and-affiliations-concern/sensitive-technology-research-areas>
- ³² Quelle: <https://web.archive.org/web/20230328061314/https://k-erc.eu/korea-to-announce-national-strategy-to-become-a-technology-hegemon/>

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 (2025): Impulspapier „Technologische Souveränität im Fokus“

Redaktion

DLR Projektträger

Gestaltung

DLR Projektträger

März 2025

Kontakt

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

