

Edler, Jakob et al.

Research Report

Technologiesouveränität: Von der Forderung zum Konzept

Perspektiven - Policy Brief, No. 02 / 2020 (DE)

Provided in Cooperation with:

Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI

Suggested Citation: Edler, Jakob et al. (2020) : Technologiesouveränität: Von der Forderung zum Konzept, Perspektiven - Policy Brief, No. 02 / 2020 (DE), Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-300301>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/233463>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Technologiesouveränität

Von der Forderung zum Konzept



Technologiesouveränität

Von der Forderung zum Konzept

Autorinnen und Autoren

Jakob Edler, Knut Blind, Rainer Frietsch, Simone Kimpeler, Henning Kroll,
Christian Lerch, Thomas Reiss, Florian Roth, Torben Schubert, Johanna Schuler,
Rainer Walz

KURZFASSUNG

Hintergrund und Motivation

Nicht erst seit der aktuellen Corona-Krise werden die Rufe nach Technologiesouveränität in Europa lauter. Wachsende geopolitische Unsicherheiten und drohende globale Handelskonflikte stellen den Verflechtungsoptimismus der letzten Jahrzehnte in Frage. Dies löst auch in Deutschland eine Diskussion darüber aus, wie unabhängig ein Staat oder ein Staatenbund in Bezug auf kritische Technologien sein muss und sein kann. Dabei wird deutlich, dass die Forderung nach Technologiesouveränität in einem Spannungsverhältnis zum dominanten wirtschaftspolitischen Modell steht, in welchem weltweite Spezialisierung und Arbeitsteilung in Verbindung mit offenen Handelsbeziehungen die Wohlfahrt Aller erhöht. Gerade die Exportnation Deutschland und der Wirtschaftsraum der EU müssen deshalb die Frage nach Technologiesouveränität differenziert und mit Augenmaß bearbeiten.

Mit dem Positionspapier stellen wir eine Konzipierung von Technologiesouveränität vor. Damit wollen wir die aktuelle Debatte bereichern und eine bessere Differenzierung ermöglichen. Wir entwickeln Kriterien und notwendige Analyseschritte, um die Kritikalität von Technologien und den Grad an Technologiesouveränität zu bestimmen und darauf aufbauend angepasste Strategien zur Sicherung oder Herstellung von Technologiesouveränität zu entwickeln.

Was ist Technologiesouveränität?

Wir definieren Technologiesouveränität als die Fähigkeit eines Staates oder Staatenbundes, die Technologien, die er für sich als kritisch für Wohlfahrt, Wettbewerbsfähigkeit und staatliche Handlungsfähigkeit definiert, selbst vorzuhalten und weiterentwickeln zu können, oder ohne einseitige strukturelle Abhängigkeit von anderen Wirtschaftsräumen beziehen zu können.

Technologiesouveränität bedeutet in unserer Definition also keinesfalls umfassende technologische Autarkie, welche die internationale Arbeitsteilung oder die Globalisierung in Frage stellt und anstrebt, jegliche als kritisch eingestufte Technologie selbst vorzuhalten. In erster Linie bezeichnet sie die Wahrung von Optionen durch den Aufbau und Erhalt eigener Fähigkeiten und die Vermeidung einseitiger Abhängigkeiten. Technologiesouveränität ist damit eine notwendige, aber keinesfalls hinreichende Bedingung für die selbstbestimmte Erstellung und Diffusion von kritischen Innovationen (Innovationssouveränität) und damit für selbstbestimmtes wirtschaftliches Handeln (wirtschaftliche Souveränität). Eine Fokussierung auf Technologiesouveränität alleine ist deshalb unzureichend.

Wie bestimmt man, ob für eine Technologie Souveränität besteht und ob man sie anstreben sollte?

Analyseschritte

Während aus staatlicher Sicht häufig angestrebt wird, *technologische Wettbewerbsfähigkeit* in einer möglichst großen Anzahl von Bereichen zu erreichen, schlagen wir vor, bei der Bestimmung, ob für eine bestimmte Technologie *Souveränität* besteht oder notwendig ist, differenzierter und selektiver vorzugehen:

- ◇ Zunächst ist zu analysieren, ob und warum eine Technologie zurzeit *kritisch*, das heißt unabdingbar, ist (oder in Zukunft kritisch sein wird) und wie sehr der Zugang dazu von externen Schocks bedroht sein könnte.
- ◇ Zweitens ist genau zu differenzieren, in welchem *funktionalen Zusammenhang* eine Technologie kritisch ist. Hier unterscheiden wir zwischen dem Beitrag einer Technologie zur *wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit* und dem Beitrag zur *Befriedigung zentraler gesellschaftlicher Bedürfnisse* wie zum Beispiel der Gesundheitsvorsorge oder der Energieversorgung und *hoheitlicher Aufgaben*. Diese Unterscheidung ist wichtig, weil sie bestimmt, ob und für was genau eine bestimmte Technologie zwingend notwendig ist und ob es unter Umständen funktionale Substitute gibt, die die Abhängigkeit von einer bestimmten Technologie aufhebt.
- ◇ Drittens müssen die jeweils angemessenen *räumlich-politischen Systemgrenzen*, innerhalb derer Technologiesouveränität erreicht werden soll, ganz bewusst und systematisch definiert werden. Der Grad der wirtschaftlichen und politischen Verflechtung bestimmt den Grad der Abhängigkeit und der Versorgungssicherheit von Akteuren außerhalb des Systems. Angesichts der vielfältigen wirtschaftlichen, institutionellen und politischen Verflechtungen sollte dieser Bezugsrahmen für Deutschland *in der Regel die EU* sein.
- ◇ Zuletzt betrachten wir die Faktoren, die zur *Herstellung von Technologiesouveränität* notwendig sind. Wir unterscheiden hier zwischen:
 - ◆ bereits bestehenden eigenen Kompetenzen und Ressourcen beziehungsweise der Möglichkeit, für den Bedarfsfall notwendige Kompetenzen und Ressourcen selbst *aufzubauen* sowie
 - ◆ dem *Zugriff* auf Ressourcen, Kompetenzen und Vorleistungen Dritter (*Versorgungssicherheit*).

Einschränkungen der Technologiesouveränität sind dann zu befürchten, wenn für kritische Ressourcen oder Kompetenzen, die ein Land oder eine Staatengruppe nicht selbst



vorhalten oder aufbauen kann, keine Versorgungssicherheit durch Dritte besteht.

In der gemeinsamen Analyse dieser Dimensionen kann dann der aktuelle und wünschbare Grad an Technologiesouveränität situationsgerecht bestimmt und gegebenenfalls Strategien

für den Erhalt oder die Herstellung von Technologiesouveränität entwickelt werden. Hierbei muss stets eine systemische Perspektive eingenommen werden, um sowohl die Resilienz gegenüber Schocks als auch die Anpassungsfähigkeit in einem dynamischen globalen Umfeld umfassend zu bewerten und weiterzuentwickeln.

Methoden und Datenquellen

Um Strategien für den Erhalt oder die Herstellung von Technologiesouveränität zu entwickeln, sind eine Reihe analytischer Schritte notwendig. Unser Positionspapier stellt dafür unterschiedliche Methoden und Datenquellen vor. Für das *bessere Verständnis der eigenen Kompetenzen und Ressourcen* reichen die Methoden von Patent- und Publikationsanalysen über Analysen von Standardisierungsaktivitäten bis hin zu nach Technologien gruppierten und analysierten Handelsstatistiken.

In Bezug auf die *Abhängigkeit von anderen Ländern* beziehungsweise den Zugriff auf Ressourcen und Kompetenzen anderer Länder umfassen die Analysen Datenquellen wie

technologiespezifisch analysierte Handelsstatistiken, Komplexitätsindizes zur Identifizierung von Wertschöpfungsketten sowie Informationen zum Governance-Verhalten von Ländern etwa auf der Basis von WTO Compliance Analysen oder des World Governance Index.

In unserem Positionspapier illustrieren wir anhand zweier Fallbeispiele – 5G-Technologien und Industrie 4.0/Robotik – wie das Konzept angewendet und zur Definition von angepassten Strategien genutzt werden kann, die über den derzeitigen Diskussionsstand hinausgehen.

Wie kann Technologiesouveränität hergestellt und erhalten werden?

Strategische Empfehlungen

Die erste generelle strategische Empfehlung dieses Positionspapiers ist, die *Kompetenzen* für die komplexe Analyse zur Bestimmung der Notwendigkeit für Technologiesouveränität vorzuhalten und *notwendige Methoden* weiterzuentwickeln. Dies ist eine Voraussetzung für die Entwicklung angepasster Strategien zu Herstellung und Erhalt von Technologiesouveränität. Allerdings muss dabei immer deutlich bleiben, dass *Technologiesouveränität nur eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für Innovationen* ist, welche die Befriedigung gesellschaftlicher Bedürfnisse beziehungsweise die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit sicherstellen. Die Berücksichtigung der Technologiesouveränität muss die Anforderungen an eine zukunftsgerichtete Innovationspolitik also ergänzen, kann diese aber nicht ersetzen.

Die konkreten strategischen Handlungsempfehlungen umfassen eine Reihe von Maßnahmen:

- ◇ Grundvoraussetzung für die Herstellung aktueller und zukünftiger Souveränität in kritischen Technologien sind *Investitionen in Forschung und Entwicklung* in ausreichender Breite. Ein Abbau von FuE-Vorhaltekompetenzen in Bereichen, in denen Abhängigkeiten von Dritten drohen, ist zu vermeiden.
- ◇ *Internationale Forschungsk Kooperationen und Technologiepartnerschaften* sind ein wichtiges Instrument, um komplementäre Kompetenzen zu mobilisieren und um über diese mittels Wissensverflechtung eine Technologieverflechtung mit ausgesuchten weiteren Ländern zu erreichen und damit die einseitige Abhängigkeit von Dritten zu reduzieren.
- ◇ *Aktive Beeinflussung von Standardisierung*, um internationale Märkte auf eigene Technologien auszurichten, sowie von Patentpools oder Open-Source-Soft- und Hardware, welche Monopolisierungen und damit strukturelle Abhängigkeiten verhindern.
- ◇ Schaffung von *innovations- und produktionsfördernden regulativen Rahmenbedingungen* in kritischen Technologiebereichen.
- ◇ Förderung einer innovationsorientierten Beschaffung, die den eigenen Unternehmen die notwendigen Anreize bietet, in kritische Technologien zu investieren.
- ◇ Stärkung *internationaler Organisationen* wie der WTO, um die Einhaltung vereinbarter multilateraler Regeln trotz der globalen Handelskonflikte soweit wie möglich sicherzustellen. Denn neben dem einheitlichen europäischen Markt bleibt ein freier Welthandel mit seinen starken Wettbewerbsanreizen eine wichtige Randbedingung für Technologiesouveränität.



Das Konzept der Technologiesouveränität ist zugleich kongruent mit einer verstärkten Investition in die Resilienz der Wirtschafts- und Gesellschaftssysteme der EU, damit sich diese sowohl schnell von Schocks und Störungen erholen, als auch rasch an sich verändernde Kontexte anpassen können. Dies ist ein wichtiger Grundpfeiler jeglicher Überlegungen zur zukunftsfesten Technologiesouveränität. Die Staaten der EU besitzen dafür gute Voraussetzungen, denn ihre Wirtschaft ist stark auf offenen Wettbewerb ausgerichtet und ihre Gesellschaften sind subsidiär geprägt und vor allem demokratisch organisiert – das heißt, die Adaptionfähigkeit der EU speist sich

aus einem diversen Pool aus ökonomischen, politischen, wissenschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Ressourcen. Die Förderung einer möglichst *breiten Basis* an Kompetenzen und Kapazitäten in kritischen Technologiebereichen ist ein wichtiger Baustein, um die Verwundbarkeit der EU gegenüber potentiellen Störungen und Schocks gering zu halten – gerade in Zeiten zunehmender globaler Unsicherheit. Im Sinne eines systemischen Resilienzansatzes sollten deswegen technologische Schlüsselfähigkeiten gefördert, Innovationsnetzwerke gebildet sowie experimentelles Lernen, zum Beispiel im Rahmen von Reallaboren, ermöglicht werden.



Einleitung

Im Zuge der Corona-Krise wird vermehrt auf die Notwendigkeit hingewiesen, die essenziell notwendige Versorgung der Bevölkerung durch eigene Kapazitäten im Land ermöglichen zu können, um Abhängigkeiten von Drittstaaten zu vermeiden. Im Krisenfall, so das Argument, müssen Staaten oder Staatenbünde die für die Versorgung von Gesellschaft und Wirtschaft sowie für die Ausübung der eigenen Staatsaufgaben notwendigen Infrastrukturen, Dienstleistungen und Produkte, wie zum Beispiel Medikamente, im eigenen Land vorhalten oder produzieren können und über die passenden Technologien und ausreichend Forschungskapazitäten für innovative Lösungen verfügen.

Mit diesem Anspruch wird eine Forderung verbunden, die in der EU und in Deutschland auch schon vor der Corona-Krise

eine Renaissance erfuhr: nämlich die des aktiven Ausbaus der eigenen Technologiesouveränität.

Wir definieren Technologiesouveränität als die Fähigkeit eines Staates oder Staatenbundes, die Technologien, die er für sich als kritisch für Wohlfahrt, Wettbewerbsfähigkeit und staatliche Handlungsfähigkeit definiert, selbst vorzuhalten und weiterentwickeln zu können, oder ohne einseitige strukturelle Abhängigkeit von anderen Wirtschaftsräumen beziehen zu können.

So bestimmt die Diskussion um Technologiesouveränität auf europäischer Ebene die Debatte sowohl um die Schwerpunkte im neuen Rahmenprogramm als auch um die europäische Industrie- beziehungsweise Digitalstrategie. Zusätzlich ist sie auch wesentlicher Bestandteil der Diskussion um die Bewältigung der Corona-Krise in Europa.¹ Auch im Kontext der deutschen Industriestrategie wird Technologiesouveränität vom Bundesminister für Wirtschaft und Energie Peter Altmaier und von Industrieverbänden² (wieder) auf die Tagesordnung gesetzt. Am intensivsten wird die Diskussion zur Zeit über die Souveränität in den Technologiefeldern der Impfstoffentwicklung, der 5G Technologie-Infrastruktur und der Künstlichen Intelligenz.³ geführt. Diese gelten als kritische Technologien, die nicht nur für sich selbst enorme Märkte weltweit generieren, sondern auch Schlüsseltechnologien für nahezu alle Industrie- und Dienstleistungssektoren darstellen. Sie sind für die Erfüllung hoheitlicher Aufgaben der Daseinsvorsorge – wie etwa ziviler Sicherheit, Gesundheit, Energie und

Verkehrsinfrastrukturen – von zentraler Bedeutung. Angesichts der aktuellen Corona-Pandemie geht es zudem darum, ausreichend Forschungskapazitäten zu mobilisieren und Technologien im Land zu generieren, um mit Schutzmaßnahmen, innovativen Behandlungen und Medikation die Ausbreitung und Auswirkungen des Virus eindämmen zu können. Die Verfügbarkeit von Technologien ist hier essenziell, um wichtige ökonomische und soziale Aktivitäten, welche durch das Virus eingeschränkt sind, aufrechtzuerhalten.

Allerdings wird Technologiesouveränität unterschiedlich konzipiert und je nach wirtschaftlichen und politischen Interessen interpretiert. Für eine (innovations-)politische Handlungsorientierung bedarf es jedoch einer differenzierteren Analyse des Spannungsfelds zwischen globalem Handel, integrierten Wertschöpfungsketten sowie Technologie- und Wissenstransfer einerseits und dem Bedürfnis nach staatlicher Souveränität andererseits.

Mit diesem Positionspapier wollen wir die Debatte konzeptionell fundieren und zu einem informierten Dialog einladen. Wir argumentieren, dass angesichts globaler Herausforderungen wie dem Klimawandel oder Pandemien, hoch vernetzter Wertschöpfungsketten und geopolitischer Unsicherheiten, nur eine konsequent europäische Perspektive der Technologiesouveränität zukunftsfähig ist. Die Integration von Wertschöpfung im europäischen Binnenmarkt sowie die Positionierung gegenüber den zunehmend protektionistisch auftretenden USA und China lässt die nationale Ebene innerhalb der EU für die Herstellung von Technologiesouveränität allein schon wegen der Größenunterschiede als unzureichend, gar kontraproduktiv erscheinen.

Unser Konzept von Technologiesouveränität zeichnet sich durch einen Grad der Differenziertheit aus, der über den

derzeitigen häufig politisch getriebenen Diskussionsstand hinausgeht. Dabei stellen wir Technologiesouveränität in den breiteren Kontext von Wirtschafts- und Innovationssouveränität. Wir unterscheiden ferner verschiedene Funktionen, die Technologien in Staat, Gesellschaft und Wirtschaft erfüllen und schlagen auf dieser Basis Kriterien und methodische Ansätze vor, um die Notwendigkeit für und das Ausmaß von europäischer Souveränität in Bezug auf Schlüsseltechnologien bestimmen zu können. Wir formulieren auf dieser Basis strategische Empfehlungen zur Vermeidung einseitiger Abhängigkeiten in als kritisch eingestuft Technologien und zur Stärkung der Resilienz der EU-Staaten gegenüber externen Schocks. Mit zwei Fallbeispielen – 5G-Technologien und Industrie 4.0/Robotik – illustrieren wir unser Konzept, bevor wir mit einigen zusammenfassenden Kernaussagen das Positionspapier beschließen.

Was ist Technologiesouveränität?

Der Begriff Technologiesouveränität bezeichnet im Kern die Fähigkeit, wissenschaftlich-technologische Erkenntnisse entweder autonom zu generieren oder auf diese in stabilen Partnerschaften ungehindert zuzugreifen. Technologiesouveränität bedeutet dabei keinesfalls umfassende technologische Autarkie, welche die internationale Arbeitsteilung oder die Globalisierung in Frage stellt und anstrebt, jegliche als kritisch eingestufte Technologie selbst vorzuhalten. In erster Linie bezeichnet sie die Wahrung von Optionen durch den Aufbau und Erhalt eigener Fähigkeiten und die Vermeidung einseitiger Abhängigkeiten.

Das Konzept der Technologiesouveränität muss dabei zunächst von den breiteren Konzepten der Innovationsouveränität beziehungsweise der wirtschaftlichen Souveränität abgegrenzt werden (siehe auch Abbildung 1):

Wirtschaftliche Souveränität können wir als die Fähigkeit bezeichnen, durch eigenständige Aktivitäten oder im gegenseitigen Austausch mit anderen Wirtschaftsräumen Wert-schöpfung und Wohlstand zu generieren, ohne in einseitige Abhängigkeiten von externen Akteuren zu geraten. In ähnlicher Weise gilt dies für originär hoheitliche Aufgaben sowie für die unabhängige Sicherung der Daseinsvorsorge sowohl durch private als auch durch staatliche Akteure.

Wirtschaftliche Souveränität und Souveränität in der Erfüllung öffentlicher Aufgaben bauen traditionell auf der Notwendigkeit eines ungehinderten Zugangs relevanter Akteure zu natürlichen Ressourcen und Kapital und dem ungehinderten Zugriff auf Technologien, Innovationen, Kompetenzen und Daten auf.

Im Bestreben von Wirtschafts-, Innovations- und Technologiepolitik, wirtschaftliche Souveränität herzustellen, wird neben der Rohstofferschließung und der vorteilhaften Positionierung ihrer Wirtschaftsakteure in globalen Produktions- und Wertschöpfungsketten zunehmend auch Technologiesouveränität zum zentralen Gegenstand ihres Interesses.⁴



Abbildung 1: Technologiesouveränität als Teil der Innovations- und der wirtschaftlichen Souveränität

Technologiesouveränität kommt im Gesamtbild staatlicher Souveränität eine besondere Rolle zu, da sie wirtschaftliche Souveränität und Autonomie im Staatshandeln immer wieder aufs Neue ermöglicht und – im Unterschied zum Beispiel zu Ressourcenbeständen – aus sich selbst heraus erneuerbar ist.

In modernen, global vernetzten Volkswirtschaften beruhen Wertschöpfung und Wohlfahrt sowie die Gewährleistung öffentlicher Aufgaben darauf, dass Innovationen generiert und in eine breite Anwendung gebracht werden. Innovationen wiederum hängen von der Möglichkeit ab, die technologischen Grundlagen aktueller und zukünftiger wirtschaftlicher Tätigkeiten vor Ort selbst generieren (wissenschaftlich-technologische Kompetenzen und Qualifikationen) oder von zuverlässigen Partnern beziehen zu können (Anwendungskompetenz).

Allerdings bleiben wissenschaftlich-technologische Kompetenzen allein wirkungslos und für die Innovationssouveränität Deutschlands und der EU ohne Bedeutung, wenn nicht ebenfalls die zur Verwertung technologischer Erkenntnisse notwendigen Fähigkeiten verfügbar und erforderliche Systemvoraussetzungen wie notwendige Infrastrukturen, Produktionskapazitäten, regulative Rahmenbedingungen etc. gegeben sind.

Somit bildet Technologiesouveränität eine zwar notwendige, jedoch bei weitem nicht hinreichende Grundlage, um Innovationssouveränität zu erlangen. Eine solche Innovationssouveränität wiederum ist ihrerseits zwar unverzichtbar, aber nicht ausreichend für die Erlangung weiterreichender wirtschaftlicher Souveränität. Dies gilt gleichermaßen für die Souveränität in der Gewährleistung öffentlicher Aufgaben, die ebenfalls von weiteren Kriterien wie dem Zugriff auf Kompetenzen, Kapital und Ressourcen abhängt (vergleiche Abbildung 1).

Das hier vorgestellte Konzept von Technologiesouveränität zielt somit nicht pauschal auf die Ausweitung technologischer Aktivitäten in den Bereichen, in denen die eigene internationale Wettbewerbsfähigkeit als zu gering oder ausbaufähig wahrgenommen wird. Während aus staatlicher Sicht häufig angestrebt wird, *technologische Wettbewerbsfähigkeit* in einer möglichst großen Anzahl von Bereichen zu erreichen, wird *Technologiesouveränität* in aller Regel vor allem in ausgewählten Bereichen gesucht, die nach im folgenden Unterkapitel zu definierenden Kriterien als besonders zentral angesehen werden.⁵

Technologiefunktionen und Begründungsdimensionen

Zur Bestimmung, wann eine Technologie für einen Staat oder Staatenbund als kritisch eingestuft wird, lassen sich drei Funktionen von Technologien unterscheiden (Tabelle 1):

- ◇ *Sicherung originär hoheitlicher Aufgaben*, die von staatlichen Organen durch Rückgriff auf zur Verfügung stehende Technologien wahrgenommen werden (zum Beispiel zivile Sicherheit, Verteidigung, Verwaltung),
- ◇ *Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse* (zum Beispiel Ernährung, Wohnen, Energie und Wasser, Mobilität, Kommunikation, Gesundheit), einerseits im Hinblick auf die Befriedigung grundlegender gesellschaftlicher Bedürfnisse durch staatliche Dienstleistungen wie Gesundheitsversorgung oder der Bereitstellung von – zum Teil kritischen – Infrastrukturen, andererseits im Hinblick auf Veränderungen, die der Staat maßgeblich initiiert und steuert, wie etwa gezielte sozio-technische Transformationen (zum Beispiel Energiewende, Mobilitätswende),

- ◇ *Sicherung des mittel- und langfristigen Erfolgs einer Volkswirtschaft und ihrer technologischen Wettbewerbsfähigkeit*, die vor allem durch private Akteure getragen wird, allerdings durch staatliche Förderung und Finanzierung wesentlich mitgestaltet werden kann.

Aus allen drei Funktionen heraus gibt es für das Streben nach Technologiesouveränität legitime Gründe. Während sich die Notwendigkeit von Technologiesouveränität für die Handlungsfähigkeit des Staates im Bereich originär hoheitlicher Aufgaben am unmittelbarsten darstellt, hängen auch die Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse sowie die technologische Wettbewerbsfähigkeit vom ungehinderten Zugriff von Akteuren eines Staates oder Staatenbundes auf ein breites Portfolio an Technologien und Entwicklungskompetenzen ab.

Der Übergang zwischen den drei Funktionsbündeln und Begründungsmustern ist dabei fließend und oft nicht scharf abzugrenzen. Technologische Kompetenzen, die heute noch

		Technologiesouveränität		
		Originär hoheitliche Aufgaben	Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse	Wirtschaftliche Wettbewerbs- fähigkeit
Erhalt und Sicherung (statisch)	Ökonomische Positionierung und staatliche Funktionen	Landesverteidigung, öffentliche Sicherheit, Verwaltung	Daseinsvorsorge, kritische Infrastrukturen, öffentliche Gesundheit (Wasserversorgung, Verkehrswege, Gesundheitssystem)	Schaffung von Beschäftigung und Wertschöpfung in bestehenden Branchen (Maschinenbau, Automobilbau)
	Krisenfestigkeit gegen	Kriegerische Auseinandersetzung, Terroranschlag	Pandemien, klimabedingte Krisen, Terroranschlag	Euro-Krise, transformations- bedingte Strukturbrüche
Dynamische Entwicklung		Informationelle Selbstbestimmung, geopolitische Positionierung (5G-Debatte und EU-Cloud)	Systemtransformation (zukunftsfähige Mobilität/Logistik und Energiewende)	Pfaderneuerung und Pfadgenese, Wandel und Aufbau neuer Branchen (E-Mobility, Industrie 4.0)

Tabelle 1: Typologie der Bedürfnisdimensionen für Technologiesouveränität

Optionen darstellen und damit eher für die technologische Wettbewerbsfähigkeit von Bedeutung sind, können schon in kurzer Frist konstitutiv für die Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse sowie hoheitlicher Aufgaben werden. Dennoch ist

eine Trennung dieser Begründungsmuster für die Etablierung eines überzeugenden politischen Begründungszusammenhangs von Vorteil, wenn nicht sogar erforderlich.

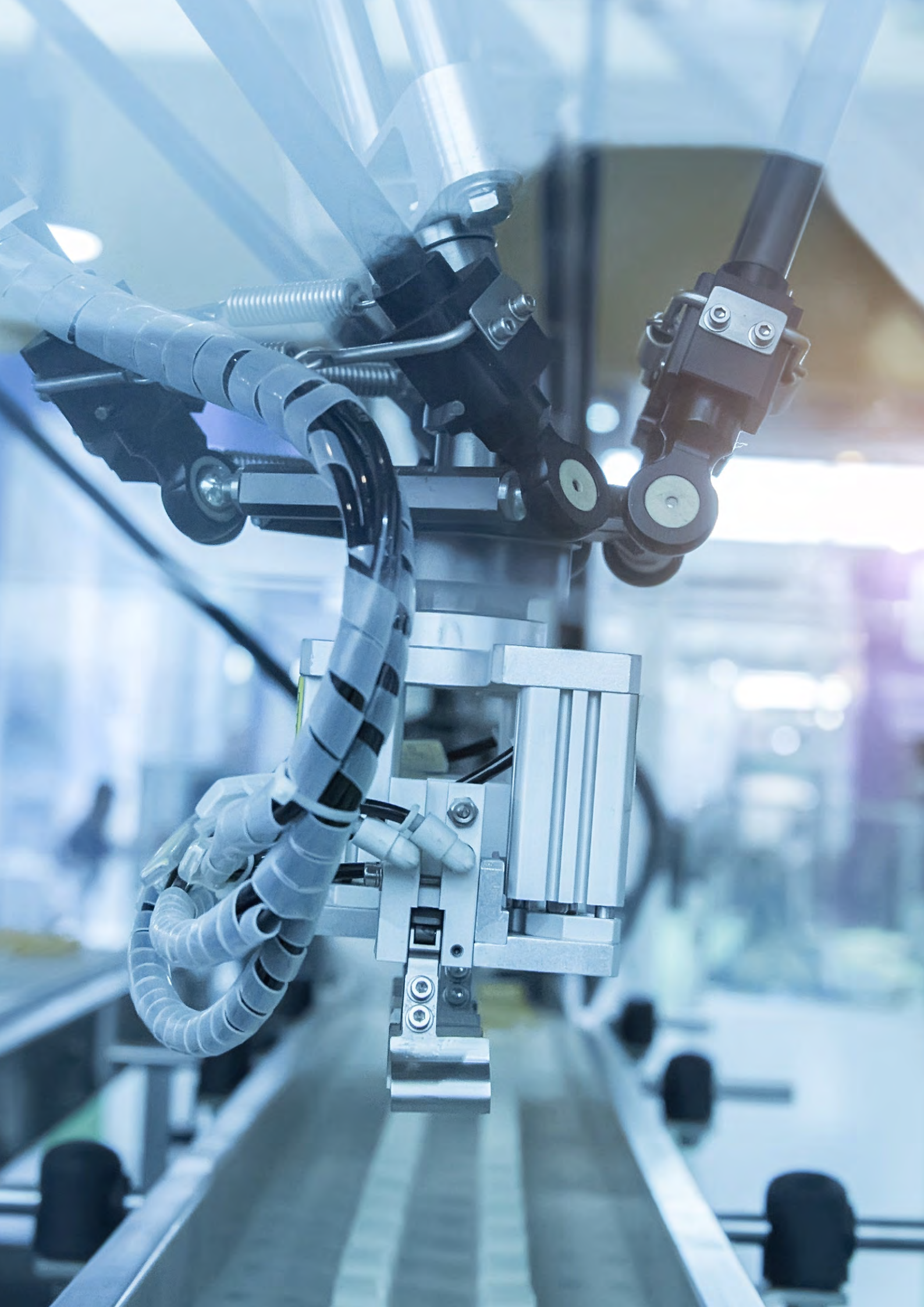
Statische, dynamische und reaktive Technologiesouveränität

Ergänzend zur oben dargestellten Unterscheidung verschiedener Begründungsdimensionen lassen sich daher auch verschiedene Zielsetzungen der Herstellung beziehungsweise des Erhalts technologischer Souveränität differenzieren (vergleiche Tabelle 1):

- ◇ *Erhalt beziehungsweise Sicherung aktueller Technologiesouveränität*, mit dem Ziel:
 - ◆ einer *vorteilhaften Positionierung* in globalen Innovations- und Wertschöpfungsketten und der *Garantie staatlicher Hoheitsfunktion und Daseinsvorsorge* basierend auf gegebenen Kompetenzen und Ressourcen
 - ◆ krisenhafte Ereignisse aus eigener Kraft bewältigen zu können und somit die *Krisenfestigkeit* (Resilienz) des europäischen Wirtschafts- und Innovationssystems sicherzustellen. Diese Widerstands- und Anpassungsfähigkeit gegenüber absehbaren und unvorherge-

sehenen Störungen und Krisen wird für europäische Gesellschaften angesichts als gefährlich wahrgenommener Entwicklungen immer wichtiger. Mit wachsender Abhängigkeit von zunehmend komplexen technischen Systemen gewinnt das Risiko von Systemausfällen, beispielsweise in der Stromversorgung oder in IT-Netzen, immer weiter an Bedeutung. Zudem stellen Naturkatastrophen wie Erdbeben, durch die Klimakrise vermehrt auftretende Überschwemmungen und Trockenperioden, Pandemien oder protektionistische und handelspolitisch aggressive Entwicklungen im internationalen politischen Umfeld zunehmende Gefährdungen für Wirtschaft und Gesellschaft dar.

- ◇ *Dynamische Entwicklung von Technologiesouveränität*, mit dem Ziel, eine aktive, gestaltende Rolle in sich entfaltenden Prozessen und Entwicklungspfaden zur aktiven Gestaltung zukünftiger Entwicklungen zu übernehmen.



Kriterien zur Bestimmung der Bedeutung von Technologien und ihres Zugangs

Bedeutung und Typen von Kriterien

Die empirische Erfassung, in welchem Maße für einen bestimmten Staat oder Staatenbund und eine bestimmte Technologie (Land-Technologie-Kombination) technologische Souveränität gegeben ist, erfordert die Analyse zweier miteinander verbundener Fragen:

- 1) Innerhalb welcher Systemgrenzen wird Technologiesouveränität angestrebt?
- 2) Was sind die Faktoren, die Technologiesouveränität beeinflussen und wie sind sie im konkreten Fall ausgeprägt?

Die Analyse der Systemgrenzen (Frage 1) ist ein wichtiger Schritt, um zu verstehen, ob eine bestimmte Technologie eine weitergehende Betrachtung und gegebenenfalls politische Maßnahmen zur Sicherstellung technologischer Souveränität erfordert. Hierzu müssen Kriterien definiert werden, die die technologischen, ökonomischen, rechtlich-institutionellen und politischen Rahmenbedingungen bewerten. Nur für Technologien, die nach Analyse der Systemgrenzen als kritisch eingestuft werden, ergibt sich eine Notwendigkeit zur vertieften Analyse des Ausmaßes technologischer Souveränität (Frage 2).

Kriterien der Systemgrenzen

In der Diskussion um Kriterien der Systemgrenzen können *drei unterschiedliche Dimensionen* unterschieden werden:

- ◇ die *politisch-geografische* Dimension, das heißt der geografische und politische Bezugsrahmen von Technologiesouveränität.
- ◇ die *funktionale* Dimension der betrachteten Dienstleistungen oder Güter, für die eine Technologiesouveränität prinzipiell anzustreben ist, und die wir oben in einer ersten Differenzierung zwischen hoheitlichen Aufgaben, gesellschaftlichen Bedürfnissen und ökonomischer Wettbewerbsfähigkeit differenziert haben.
- ◇ die *zeitliche* Dimension, in der kurzfristige Lieferengpässe von strukturellen Abhängigkeiten zu unterscheiden sind.

Bei der Bestimmung, für welchen *politisch-geografischen* Raum Technologiesouveränität gelten soll, sind zudem drei Teilkriterien anzulegen:

- ◇ Das Ausmaß der politischen Integration: Je weiter diese fortgeschritten ist, desto stärker sind in der Regel auch Abstimmungsmechanismen institutionalisiert, die auf einen freien Austausch von Technologien abzielen.
- ◇ Das Ausmaß der ökonomischen Integration: Je weiter diese fortgeschritten ist, etwa in Bezug auf Wertschöpfungsketten oder Unternehmenseigentum/-kontrolle, desto unwahrscheinlicher und unmöglicher wird eine Abkoppelung einzelner politisch-geografischer Räume.

- ◇ Ein gemeinsamer Kultur- und Wertekanon: Wenn etwa das Leitbild einer offenen Gesellschaft oder gesellschaftspolitische Gemeinsamkeiten wie eine demokratische Staatsverfassung mit Gewaltenteilung in einem Wirtschaftsraum geteilt wird, ist die Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Akteure gezielt Abhängigkeiten nutzen, um die Technologiesouveränität anderer Akteure zu verringern, tendenziell gering.

Während die zeitliche und funktionale Dimension fallweise zu analysieren und zu entscheiden ist, kann für die räumlich-geografische Dimension Deutschlands eine generelle Einschätzung getroffen werden: Hier ist die politisch-geografische Integration innerhalb der EU besonders stark ausgeprägt. Mit dem Binnenmarkt liegen hier klare Regeln vor. Zusätzlich existieren zahlreiche Kompetenzen hinsichtlich Außenhandelsfragen auf EU-Ebene. Dieses Ausmaß politischer Integration lässt politisch induzierte Disruptionen in Wertschöpfungsketten und Wissensflüssen als sehr unwahrscheinlich erscheinen. Für die Politikebene „EU“ sprechen weiterhin sowohl die gegenseitigen wirtschaftlichen Verflechtungen sowie das den europäischen Staaten gemeinsame gesellschaftspolitische Leitbild. Dies gilt umso mehr, als ein nationaler Bezugsrahmen für Technologiesouveränität sich seine eigene Notwendigkeit quasi erst selbst schaffen würde, indem entsprechende nationalstaatliche Bemühungen das Vertrauen in die Verflechtungen und gegenseitigen Verpflichtungen innerhalb der EU unterminieren würden. Dies würde zu einer Renationalisierungsdynamik beitragen, die nicht im Interesse der Technologiesouveränität der Mitgliedstaaten insgesamt sein kann. Etwaige Veränderungen im Verflechtungsniveau innerhalb der EU über die Zeit könnten und müssten allerdings in einem solchen Ansatz flexibel angepasst werden.

Von der EU als Betrachtungsraum ausgehend, wird nun die Kritikalität des Zugangs zu Technologien, die außerhalb der EU liegen, beurteilt. Dabei ist die Häufigkeit und Intensität des Auftretens von Handelskonflikten und Verstößen gegen die WTO-Regeln einzelner Länder ein Indiz. Ein weiteres ist das Vorhandensein von Handelsabkommen, da diese einen

gewissen Grad an Verstetigung von Wirtschafts- und Wissensbeziehungen gewährleisten. Gerade das Vorliegen von bilateralen Handelsabkommen mit Ländern, die ähnliche kulturelle, gesellschaftspolitische oder wirtschaftspolitische Leitbilder aufweisen (zum Beispiel Kanada oder Japan) könnten dabei zu einer eher unproblematischen Einstufung hinsichtlich ansonsten essentieller Technologien führen. Denn hier wäre immerhin der Zugang mit einer gewissen Verlässlichkeit gesichert.

Hinsichtlich der *Funktionsbereiche*, für deren Bereitstellung Technologiesouveränität angestrebt wird, können wir auf die im Kapitel „Technologiefunktionen und Begründungsdimensionen“ eingeführten Kategorien zurückgreifen:

- ◇ Technologien zur Aufrechterhaltung der originär *hoheitlichen Staatsfunktionen*,
- ◇ Sicherung der *öffentlichen Daseinsvorsorge*,
- ◇ Sicherung des *mittel- und langfristigen Erfolgs einer Volkswirtschaft und ihrer technologischen Wettbewerbsfähigkeit*.

Kriterien auf der zeitlichen Ebene sind erforderlich, um kurzfristige Liefer- und Versorgungsengpässe von solchen der strukturellen Technologiesouveränität zu unterscheiden. So wurden zum Beispiel im Kontext der Corona-Krise auch kurzfristige Lieferprobleme an bestimmten Gütern wie Atemschutzmasken oder Toilettenpapier als Abhängigkeitsproblem thematisiert. Hier halten wir eine Abgrenzung für erforderlich. Im Sinne unseres Konzepts bezieht sich Technologiesouveränität auf einen mindestens mittelfristigen Zeithorizont (zum Beispiel sechs Monate bis zehn Jahre). Kurzfristigeren Abhängigkeiten kann zum Beispiel durch bessere Vorratshaltung entgegengewirkt werden. Auf sehr langfristige Sicht können zwar zahlreiche Technologiekompetenzen neu entwickelt werden; andererseits besteht die Gefahr, dass sich mittelfristige Abhängigkeiten bei Vorliegen von Pfadabhängigkeiten auch verstetigen, die dann allenfalls unter Inkaufnahme extrem hoher Umsteuerungskosten adressiert werden können.

Kriterien zur Bestimmung des Grades an Technologiesouveränität

Bei den *Kriterien zur Bestimmung des Grades an Technologiesouveränität* sind verschiedene Teilkriterien zu unterscheiden, die die Technologiesouveränität in unterschiedlicher Form beeinflussen:

- ◇ Wenn die Technologie im eigenen politisch-geografischen Raum hergestellt wird, oder wenn die eigene Fähigkeit vorliegt, sie herstellen zu können, ist die Technologiesouveränität hoch.
- ◇ In Fällen, in denen die Technologien nicht im eigenen politisch-geografischen Raum erstellt werden, aber vom Außenraum uneingeschränkt bezogen werden können, sind jene Faktoren zu berücksichtigen, die das Risiko erhöhen, dass der Zugang zu den Technologien limitiert oder verweigert wird. Entsprechend sind Kriterien erforderlich, die diese Versorgungsrisiken beschreiben.
- ◇ Die Versorgungsrisiken werden vermindert, wenn technologische Alternativen (Substitute) bereitstehen. Diese wirken zugleich disziplinierend auf die Ausübung der Marktmacht einer Angebotskonzentration. In ähnlicher Weise wirkt das Vorliegen von gegenseitigen Abhängigkeiten.

Fähigkeit zur Technologieerstellung im Inland

Wenn eine Technologie bereits im eigenen Land hergestellt wird, kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass sie auch in Zukunft vor Ort verfügbar ist. Allerdings muss auch in diesem Fall die Voraussetzung erfüllt sein, dass die hierfür erforderlichen Komponenten verfügbar bleiben und auch weiterhin Zugriff auf die kritischen Inputfaktoren besteht. Daraus wird deutlich, dass die Beurteilung der Technologiesouveränität sich nicht auf das Endprodukt allein beschränken darf, sondern dass die gesamte Wertschöpfungskette mit in den Blick genommen werden muss.

Auch wenn zunächst nur die Fähigkeiten vorliegen, um die Produktion kurz- bis mittelfristig aufnehmen zu können, liegt ein hohes Maß an Technologiesouveränität vor. Die Fähigkeit, eine entsprechende Technologie zu produzieren, setzt Wissen und den Zugriff auf sonstige kritische Inputfaktoren voraus.

Technologisches Know-how kann zum Beispiel mittels technologiespezifischer Patentindikatoren abgebildet werden, die

die technologische Leistungsfähigkeit anzeigen (siehe Infobox). Des Weiteren ist aber auch die Existenz von Wirtschaftsakteuren erforderlich, die dieses Wissen anwenden können. Letztendlich erfordert die Beurteilung der Fähigkeit damit eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit des entsprechenden technologischen Innovationssystems.

Kriterien für Versorgungsrisiken bei Technologiebezug aus dem Ausland

In Fällen, in denen relevante Technologien nur außerhalb des betrachteten politisch-geografischen Raums vorliegen, sind die Faktoren zu bedenken, die das Risiko erhöhen, dass auf eine Technologie aus wirtschaftlichen, politischen oder sonstigen Gründen (zum Beispiel Klimaereignis, politische Instabilität, Pandemie) nicht mehr zugegriffen werden kann.

Das Risiko einer Zugriffsbeschränkung steigt mit zunehmender Anbieterkonzentration. Denn dadurch erhöht sich einerseits die Marktmacht der Anbieter, andererseits reduziert sich der Spielraum, bei Zugriffsbeschränkungen auf andere Lieferländer ausweichen zu können. Um die Gefahr des Verlustes an Ressourcen- und Technologiezugriff abzuschätzen, ist deshalb die periodische Analyse von Indikatoren wie zum Beispiel einem Herfindahl-Hirschman-Index wichtig, mit denen derartige Anbieterkonzentrationen gemessen werden können.

Neben der Angebotskonzentration spielt auch die Zuverlässigkeit der Lieferländer eine wichtige Rolle. Politische und soziale Stabilität, Einhaltung von Rechtsvorschriften und Abwesenheit von Korruption sind hier wichtige Faktoren. So beurteilt zum Beispiel die EU Lieferländer kritischer Rohstoffe mit Hilfe des World Governance Indicator und der zugrunde liegenden Datenbasis der Weltbank.⁶ Weiterhin muss überprüft werden, inwiefern eine gegenseitige Abhängigkeit besteht, denn in dem Ausmaß, wie ein Lieferant selbst von dem Land abhängig ist, dem es eine Lieferung verweigert, besteht eine gegenseitige Abhängigkeit. Sie reduziert das Risiko, dass es zu einseitigen, bewusst vorgenommenen Lieferbeschränkungen kommt. Auch hier können Handelsstatistiken zu Warenflüssen, eine Analyse der Compliance einzelner Länder mit den WTO-Regeln oder der Economic Complexity Index⁷ zu Produktionskapazitäten wichtige Aufschlüsse geben.

Überblick über einige wichtige Ansätze zur Analyse der Technologiesouveränität

Die Analyse, in welchem Ausmaß Technologiesouveränität vorliegt, erfordert einen Methodenmix. Quantitative Indikatoren auf Basis technologiespezifischer Suchalgorithmen bieten Unterstützung bei derartigen Analysen. Sie sollten jeweils von systematischen Expertenbefragungen zur Validierung und Kontextuierung unterstützt werden, damit der Spezifität der einzelnen Technologien Rechnung getragen werden kann.

Eigene Kompetenzen und Ressourcen

- ◇ *Patentanalysen* und abgeleitete Indikatoren wie Patentanteile und -spezialisierung bilden den Umfang eigener technologischer Kompetenzen eines Staates beziehungsweise Staatenbundes ab.
- ◇ *Bibliometrische Analysen* und abgeleitete Indikatoren wie Publikationsanteile und -spezialisierung geben Auskunft über die wissenschaftlichen Ressourcen und -kompetenzen eines Staates beziehungsweise Staatenbundes.
- ◇ *Analysen des Beitrages einzelner Länder zu globalen beziehungsweise – vorlaufend – nationalen Standards* eventuell im Kontext mit dem eigenen Patentportfolio ermöglichen eine Einschätzung der Autonomie eines Staates beziehungsweise Staatenbundes in der Gestaltung zukünftiger Technologieentwicklung.
- ◇ *Analysen technologie- und ressourcenspezifischer Produktionsstatistiken* ermöglichen die Identifikation der regionalen Verfügbarkeit relevanter Ressourcen und Fertigungskapazitäten.
- ◇ *Analysen technologiespezifischer Exportanteile* geben Auskunft über die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Produktion eines Staates beziehungsweise Staatenbundes.

Abhängigkeit und Zugriff auf Kompetenzen und Ressourcen

- ◇ *Analysen internationaler Standards, Patentpools und Open Source Repositorien* geben Auskunft über international verfügbare Technologien, auf die zurückgegriffen werden kann.
- ◇ *Analysen von nach Technologien gruppierten und analysierten Handelsbilanzen* geben Auskunft über die Abhängigkeit eines Staates beziehungsweise Staatenbundes von technologiespezifischen Importen (Ressourcen und Komponenten), sowie deren Streuung.
- ◇ *Komplexitätsindizes* erlauben eine Einschätzung der Abhängigkeit relevanter Räume von spezifischen Technologien, beziehungsweise der Einbettung dieser in lokale/regionale Innovations- und Wertschöpfungsketten.
- ◇ *Analysen zum Beispiel der WTO Compliance* ermöglichen eine konkrete Bewertung der Verlässlichkeit möglicher Partnernationen in spezifischen Belangen.
- ◇ *Analysen des World Governance Index der Weltbank, verschiedener Korruptionsindizes sowie Indizes zur Form der Regierungsführung* ermöglichen eine Einschätzung der grundsätzlichen Verlässlichkeit möglicher Partnernationen.

Für die Gesamtbewertung müssen die Ergebnisse der Einzelanalysen schlussendlich sorgfältig gegeneinander abgewogen werden.

Infobox: Analysewerkzeuge zur Beurteilung der Technologiesouveränität

Vorliegen von Substitutionsmöglichkeiten

Versorgungsrisiken werden vermindert und Technologiesouveränität erhöht, wenn technologische Alternativen (Substitute) zur betrachteten Technologie bereitstehen oder absehbar sind.

Ein Kriterium für das Vorliegen einer Substitutionsalternative ist deren technologische Machbarkeit. Dabei muss zunächst beurteilt werden, ob mittelfristig überhaupt entsprechende Ansatzpunkte im Inland vorliegen. Hinweise darauf ergeben sich aus Patentanalysen und periodisch durchgeführten, systematischen Expertenbefragungen. Zusätzlich ist eine Beurteilung, ob entsprechende Möglichkeiten auch ökonomisch sinnvoll erscheinen, notwendig. Schließlich muss bedacht werden, dass Substitute dann auch potenziell im Inland vorliegen oder erstellt werden müssen. Letztendlich bedeutet dies, dass die oben angeführten Kriterien dann auch auf die Substitutionsmöglichkeiten angewendet werden müssen.

Kriterien zur Beurteilung der Technologiesouveränität

Insgesamt wird deutlich, dass für die Beurteilung des Grades an Technologiesouveränität mehrere Kriterien zu kombinieren sind. Diese umfassen sowohl quantitative Indikatoren als auch auf Basis qualitativer Einschätzungen zu treffende Bewertungen. Die Beurteilung folgt dabei generell eher einem Kontinuum von mehr oder weniger ausgeprägter Technologiesouveränität als einer einfachen Ja-Nein-Entscheidung. Gleichzeitig wird aus den unterschiedlichen Teilaspekten deutlich, dass sich entsprechende Beurteilungen mit der Zeit verändern können. Insofern ist Technologiesouveränität kein statisches, sondern vielmehr ein dynamisches Konstrukt. Dass sich zudem die Granularität der Betrachtung und die bei der Umsetzung der Kriterien jeweils heranzuziehenden Indikatoren unterscheiden können, zeigt auch die beispielhafte Diskussion zweier verschiedener Anwendungsfälle (siehe ab Seite 25).



Strategien zum Umgang mit Herausforderungen in Bezug auf Technologiesouveränität

Die vorstehenden Ausführungen zeigen die vielfältigen Perspektiven und Differenzierungen, die anzulegen sind, wenn man das Ausmaß von Technologiesouveränität feststellen und Gegenstrategien aufsetzen will. Aus diesen konzeptionellen Überlegungen folgen eine Reihe von potenziellen strategischen Maßnahmen, um den Herausforderungen der Technologiesouveränität angemessen zu begegnen.

Analysefähigkeit zur Feststellung des Bedarfs an Technologiesouveränität

Die Grundlage für die Bearbeitung der Frage, welche Technologien kritisch sind und wie der Zugriff auf diese Technologien gesichert werden kann, sind analytische Fähigkeiten im System. Dabei müssen die methodischen und analytischen Kompetenzen vorgehalten werden, um die wesentlichen Dimensionen in Bezug auf Technologiesouveränität technologiespezifisch und in der notwendigen Granularität bearbeiten zu können. Benötigt werden deswegen ausreichende Kompetenzen und Datengrundlagen, um folgende dreidimensionale Analyse zu tätigen:

- ◇ Feststellung der Kritikalität von Technologien,
- ◇ Entwicklung einer klaren Vorstellung, welche grundlegenden ökonomischen und gesellschaftlichen Funktionen diese Technologie zu erfüllen hilft und wie sie das tut sowie
- ◇ die Sicherung des Zugriffs und das Vorhalten eigener Kompetenzen.

Mögliche Strategieansätze

Ausgehend von den drei Bestimmungsfaktoren der Technologiesouveränität lassen sich die folgenden strategischen Ansätze ableiten:

- ◇ Um in einem sich dynamisch entwickelnden Umfeld die eigene Fähigkeit zu erhalten, die entsprechenden Technologien und Produkte produzieren zu können, gilt es, zunächst das technologiespezifische Wissen mithilfe der klassischen Instrumente der Forschungs- und Innovationspolitik zu schaffen. Jedoch muss dafür auch eine hinreichend kritische Masse an Wissensträgern vorhanden sein, die nur entsteht, indem entsprechende Inhalte auch tatsächlich an Hochschulen gelehrt werden (so mangelt es beispielsweise an Professuren im Fach Batterietechnologie).
- ◇ Zusätzlich kann die öffentliche Beschaffung strategische Impulse setzen, damit letztlich auch Produktionskapazitäten für Technologien und entsprechende Produkte geschaffen beziehungsweise sichergestellt werden.

- ◇ Jedoch ist das potenzielle Portfolio an Technologien für die meisten Volkswirtschaften viel zu groß, um in allen hinsichtlich Technologiesouveränität relevanten Technologiebereichen die notwendigen Forschungskapazitäten vorzuhalten. Ferner ist für diese Technologien beziehungsweise Produkte oft auch ein Zugang zu bestimmten Rohstoffen notwendig. Deshalb ist eine Arbeitsteilung nicht nur im europäischen, sondern auch im internationalen Kontext notwendig, die zum Beispiel durch langfristig angelegte Forschungsk Kooperationen angebahnt werden kann. In diesen wird bi-, aber vor allem multilateral mit Partnern entsprechend komplementärer Kompetenzen an als kritisch identifizierten Technologien geforscht, wodurch ein gemeinsamer Zugang zu diesen Technologien sichergestellt und einseitige Abhängigkeiten vermieden werden.
- ◇ Als besondere Form des Zugangs kann die Entwicklung offener Standards (eventuell in Verbindung mit Patentpools), getragen von vielen internationalen Unternehmen, aber auch von Open Source Soft- und Hardware angesehen werden, welche eine proprietäre Monopolisierung von Technologien und damit Abhängigkeit verhindern. Diese Standards reduzieren auch innerhalb komplexer Wertschöpfungsketten Abhängigkeiten von einzelnen Anbietern und damit auch die Risiken (zum Beispiel erhöhen Standards in der Automobilindustrie die Konkurrenz unter den Zulieferern).
- ◇ In Verbindung mit der öffentlichen Beschaffung kann damit auf eine größere Anzahl an Anbietern der entsprechenden Technologien zugegriffen werden. So wird der Wettbewerb intensiviert, welcher die Ausübung von Marktmacht dominierender Unternehmen verhindert und eine nachhaltige Konkurrenzsituation sicherstellt.
- ◇ Langfristig bietet es sich an, neben entsprechender Forschungsförderung und nachfrageorientierten Strategien wie der öffentlichen Beschaffung auch die regulativen Rahmenbedingungen so auszugestalten, dass der einheimischen beziehungsweise europäischen Industrie Rahmenbedingungen und Anreize gesetzt werden, um in prospektiv von Technologieabhängigkeiten bedrohten Bereichen entsprechende Forschungs- und damit auch Produktionskapazitäten aufzubauen. Hierzu zählt auch eine entsprechend gestaltete Wettbewerbspolitik, welche die Übernahme europäischer Unternehmen durch außer-europäische Konzerne umfasst.
- ◇ Falls schon Abhängigkeiten von einzelnen Anbietern existieren und damit die Technologiesouveränität eingeschränkt beziehungsweise nicht mehr gegeben ist, kann zum einen langfristig versucht werden, eigene Forschungskompetenzen aufzubauen, um Substitute zu entwickeln. Dies ist jedoch durch Ressourcenbeschränkungen auch langfristig oft nicht möglich. Ferner ist in der Regel nicht nur die eigene Volkswirtschaft, sondern die Mehrheit aller Volkswirtschaften von solchen Abhängigkeiten betroffen. Deshalb bieten sich hier gemeinsame Lösungen, koordiniert von der europäischen Union, aber auch von größeren international angelegten Konsortien, an.
- ◇ Schließlich bleibt neben dem einheitlichen europäischen Markt ein freier Welthandel mit seinen starken Wettbewerbsanreizen eine wichtige Randbedingung, um Technologiesouveränität sicherzustellen. Deshalb ist die Einhaltung vereinbarter multilateraler Regeln durch die Stärkung zentraler internationaler Organisationen, wie der WTO sicherzustellen.

Erhöhung der Resilienz der EU

Die EU sollte verstärkt in die Resilienz seiner Wirtschafts- und Gesellschaftssysteme investieren, damit sich diese sowohl schnell von Schocks und Störungen erholen, als auch rasch an sich verändernde Kontexte anpassen können. Dies ist ein wichtiger Grundpfeiler jeglicher Überlegungen zur zukunfts-festen Technologiesouveränität. Die Staaten der EU besitzen dafür gute Voraussetzungen. Denn ihre Wirtschaft ist stark auf offenen Wettbewerb ausgerichtet. Darüber hinaus sind ihre Gesellschaften subsidiär geprägt und vor allem demokratisch organisiert — das heißt die Adaptionfähigkeit der EU speist sich aus einem diversen Pool aus ökonomischen, politischen, wissenschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Gemeinsamkeiten.

Die Förderung einer breiten Basis an Kompetenzen und Kapazitäten in kritischen Technologiebereichen ist ein wichtiger Baustein, um die Verwundbarkeit der EU gegenüber potentiellen Störungen und Schocks gering zu halten – gerade in Zeiten zunehmender globaler Unsicherheit. Im Sinne eines systemischen Resilienzansatzes sollten deswegen technologische Schlüsselfähigkeiten gefördert, Innovationsnetzwerke gebildet sowie experimentelles Lernen, zum Beispiel im Rahmen von Reallaboren, ermöglicht werden.

Illustrationen zur Feststellung und Sicherung von Technologiesouveränität

Wie lässt sich konkret analysieren, ob Technologiesouveränität vorliegt und mit welchen Maßnahmen diese gesichert werden kann? Die beiden folgenden Fallbeispiele zeigen exemplarisch auf, wie eine Analyse aussehen müsste.

Illustration 1: 5G-Technologien

Systemgrenzen für Technologiesouveränität

Der geografische und politische Bezugsrahmen für 5G-Technologien wird durch den europäischen Raum definiert, was auf der gemeinsamen europäischen Entscheidung für GSM in den frühen neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts gründet. Technologiesouveränität für 5G muss damit im Kontext eines politisch und wirtschaftlich hochgradig integrierten Systems betrachtet werden. Sowohl für privatwirtschaftliche als auch für öffentliche Funktionen ist 5G von großer Bedeutung, die ökonomische, gesellschaftliche und auch ökologische Integration ist hoch. Auch unter Berücksichtigung eines gemeinsamen europäischen Werte- und Kulturkanons, der dem freien Austausch von Informationen eine große Bedeutung zumisst, kommt den 5G-Technologien als notwendige Kommunikationsinfrastruktur große Bedeutung zu. Somit sind 5G-Technologien sowohl für die öffentliche Daseinsvorsorge, für die Wahrung hoheitlicher Staatsaufgaben als auch für die Sicherung des wirtschaftlichen Erfolgs fast aller Industriebranchen hochrelevant. Schließlich muss die zeitliche Dimension bei der Analyse von 5G-Technologien berücksichtigt werden. Sowohl eine kurzfristige Bereitstellung der damit verknüpften Funktionen im europäischen Raum als auch eine langfristige Resilienz sind wesentliche Bedingungen für Technologiesouveränität von 5G.

Grad der Technologiesouveränität

Zunächst muss analysiert werden, ob die Fähigkeit zur Bereitstellung dieser Technologien im europäischen Raum vorhanden ist, oder zumindest das erforderliche Wissen zur Technologieentwicklung vorliegt. Geeignete Indikatoren zur Ermittlung der Technologiekompetenz sind Patentanmeldungen (vergleiche Infobox auf Seite 20). Hier zeigt eine aktuelle, mit Unterstützung des Fraunhofer ISI erstellte Analyse,⁸ dass die Patentsituation bei 5G-Technologien zwar stark von chinesischen Unternehmen geprägt wird, dass aber auch

europäische Unternehmen zu den international aktivsten Technologieentwicklern zählen. So steuern aktuell chinesische Unternehmen, vor allem Huawei und ZTE, insgesamt 33 Prozent der weltweiten 5G Patente bei. Koreanische Unternehmen liegen bei 27 Prozent, europäische Unternehmen bei 17 Prozent und US-amerikanische bei 14 Prozent.

Zwei der international führenden Hersteller von 5G-Netzwerkkomponenten aus Europa sind Nokia und Ericsson. Im Vergleich zu 4G-Technologien haben beide Unternehmen ihre Patentanteile bei 5G-Technologien gesteigert (Nokia um 2,39, Ericsson um 1,14 Prozentpunkte).⁹ Weiterhin sind wenig beachtete mittelständische Unternehmen wie beispielsweise Adva Optical Networking aus Deutschland als 5G-Netzwerk-ausrüster aktiv.¹⁰ In Europa wird intensiv daran gearbeitet, die Wissensbasis für 5G zu erweitern. Ein Beispiel hierfür ist das europäische Graphen Flagship.¹¹ Hier werden optoelektronische Komponenten entwickelt, die extrem hohe Schaltgeschwindigkeiten ermöglichen, wie sie für 5G erforderlich sind.¹²

Grundsätzlich sind somit zumindest zwei wichtige Elemente für die Erreichung von Technologiesouveränität in den EU-Staaten gegeben: die technologische Produktionsbasis mit international führenden Technologieunternehmen und eine dynamische Wissensbasis. Eine einseitige Abhängigkeit von in China entwickelten Technologien und Know-how kann somit nicht grundsätzlich konstatiert werden.

Wie stellt sich das Versorgungsrisiko dar?

Die Diskussion fokussiert in der Regel auf Huawei als Weltmarktführer für 5G-Komponenten. Wie erwähnt, sind jedoch zumindest in Europa mehrere potenzielle Zulieferer aktiv, die weltweit zu den führenden 5G-Anbietern zählen. Aber auch andere Weltregionen bieten sich an, insbesondere Südkorea

und die USA. Samsung und LG Electronics (Südkorea) zählen mit 13 Prozent und 11 Prozent aller 5G-Patente zu den fünf führenden Unternehmen weltweit, Samsung liegt nach Huawei (15 Prozent) auf dem zweiten Platz.¹³ Zentrale Unternehmen in den USA sind Qualcomm (6 Prozent Patentanteil) und Intel (4 Prozent), künftig wird auch mit CISCO als wichtigem Akteur gerechnet.¹⁴ Das Versorgungsrisiko für 5G-Technologien muss somit differenziert betrachtet werden.

Kurzfristig und auch unter Kostengesichtspunkten ist Huawei wichtigster 5G-Zulieferer. Es existieren jedoch heute schon mit Ericsson und Nokia Alternativen in Europa. Dies zeigt sich auch am Beispiel des britischen Vodafone-Konzerns, der Anfang 2020 bekanntgab, dass er Huawei-Hardware im sicherheitsrelevanten Bereich seines 5G-Netzes gegen Nokia-Komponenten austauschen will.¹⁵ Allerdings rechnet Vodafone für den Austausch mit Zusatzkosten von rund 200 Millionen Euro und einer möglichen Verzögerung von zwei bis fünf Jahren. Weiterhin reduzieren sowohl Südkorea als auch die USA mit mehreren potenziellen Lieferanten das Versorgungsrisiko. Beide Regionen erzielen im World Governance Index auch höhere Werte als China, wobei die USA vor Südkorea (aber etwas hinter Deutschland) liegen.¹⁶ Gleichzeitig hat die EU mit Südkorea ein Handelsabkommen abgeschlossen, was positiv bei der Beurteilung der Zuverlässigkeit als Lieferland zum Tragen kommt.

Gibt es Substitutionsmöglichkeiten?

Bei einzelnen Komponenten von 5G-Technologien wird auch innerhalb der EU intensiv an technologischen Alternativen gearbeitet. Dies betrifft insbesondere die erforderlichen Materialien und Schaltelemente.¹⁷ Insbesondere bei Materialien zählt Europa zu den führenden Innovationsregionen. Optimierte Materialien können unter anderem dazu beitragen, die Energieeffizienz von 5G-Technologien zu verbessern und somit eine wichtige technologische Herausforderung zu adressieren. Ericsson und Nokia sind in die relevanten Forschungsnetzwerke, insbesondere in das Graphene Flagship, eingebunden und haben damit im Gegensatz zu konkurrierenden 5G-Lieferanten aus China, Korea oder den USA direkten Zugang zu diesen weltweit führenden Technologieentwicklungen.

Insgesamt zeigt die Analyse Folgendes:

- ◇ Eine Konzentration der Diskussion über Technologiesouveränität für 5G auf die Rolle von Huawei und die Abhängigkeit von China greift zu kurz.

- ◇ Vielmehr zeigt die Anwendung der vorgestellten Kriterien zur Bestimmung von Technologiesouveränität, dass im europäischen Raum schon heute mehrere Aspekte für eine Technologiesouveränität bei 5G sprechen oder zumindest die Potenziale dafür schon angelegt sind.

- ◇ Diese differenzierte Betrachtung der Technologiesouveränität für 5G eröffnet einen erweiterten Diskussionsraum für die Entwicklung geeigneter Strategien zum Umgang mit Technologiesouveränität.

Welche Strategien bieten sich zum Umgang mit Technologiesouveränität an?

In Bezug auf 5G in Europa zeigt unsere Analyse, dass Technologiesouveränität vielschichtig ist, aus unterschiedlichen Perspektiven analytisch beschrieben werden kann und welche Fragen dabei genauer untersucht werden sollten. So erhält man ein umfassenderes Bild, das die Diskussion weiterer strategischer Optionen zum Umgang mit Technologiesouveränität stimulieren kann.

Kurzfristig bietet es sich an, Lieferbeziehungen mit den europäischen 5G-Anbietern auszubauen und die Etablierung weiterer Lieferbeziehungen mit führenden Unternehmen aus Südkorea und den USA zu prüfen, um so insgesamt die Konzentration in den Lieferketten zu reduzieren.

Der Aufbau eines europäischen Innovationsökosystems wäre eine Option, um robust konfigurierte 5G-Technologien innerhalb der EU mittelfristig vorhalten zu können. Dies bedeutet, dass die heute schon vorliegenden einzelnen Kompetenzen, Potenziale und Technologien, zusammen mit den erforderlichen Rahmenbedingungen, wie beispielsweise der europäischen Standardisierung, zu einem Gesamtsystem kombiniert werden müssten. Dieses würde von unterschiedlichen Stakeholdern aus Industrie, Forschung, Politik, Gesellschaft getragen, die unterschiedliche Funktionen des Systems ausüben. Zentrale Akteure auf der Unternehmensebene wären die Netzwerkausrüster Ericsson und Nokia. Sie könnten die Kristallisationspunkte dieses Innovationsnetzwerks bilden. Enge Beziehungen und Abhängigkeiten in diesem Netzwerk würden gleichzeitig seine Robustheit erhöhen.

Illustration 2: Industrie 4.0 und Robotik

Systemgrenzen für Technologiesouveränität

Die EU bildet den geografischen und politischen Bezugsrahmen für Industrie 4.0 und Robotik, da diese Technologiebereiche im globalen Vergleich zentrale Alleinstellungsmerkmale führender europäischer Länder darstellen. Da allerdings nicht alle europäischen Länder über entsprechende Kompetenzen verfügen, haben Diskussionen in diesem Themenfeld stets auch eine nationale Komponente. Einige Mitgliedsstaaten verfügen nur über geringe Kompetenzen in diesem Bereich und die Dichte an Industrierobotern in Europa liegt insgesamt unter der Chinas.¹⁸ Dennoch liegen die entsprechenden Kompetenzen innerhalb des Gestaltungsbereiches europäischer Institutionen und damit im Kern europäischer Innovations- und Industriepolitik.

Darüber hinaus ist festzuhalten, dass sich der Beitrag technologischer Souveränität zu Wohlstand und Wertschöpfung im Bereich Industrie 4.0 und Robotik überwiegend erst im Kontext globaler Märkte realisieren lässt. Zwar war Deutschland 2018 nach Singapur und Korea das Land mit der dritthöchsten Dichte an Industrierobotern, die Größe des deutschen Marktes liegt jedoch nur bei circa einem Sechstel des chinesischen und circa der Hälfte des japanischen Marktes. Mit Deutschland, Dänemark, Italien, Frankreich, Österreich, Schweden, den Niederlande, Luxemburg und Finnland sind zahlreiche Mitgliedsstaaten Robotik-Nettoexporteure, deren technologische Gestaltungsfähigkeit sich global betrachtet vor allem gegenüber jenen Ländern umsetzen lässt, die (noch) in erheblichem Maße komplette Roboter oder deren Kernkomponenten importieren müssen und diese teils aus Europa, teils von außereuropäischen Anbietern beziehen.¹⁹

Grad der Technologiesouveränität

Europas große Industrienationen verfügen in diesem Feld fast ausnahmslos über eine deutlich überdurchschnittliche technologische Souveränität, die sich – von Patenten bis hin zu Exporten – in unterschiedlichen Analysedimensionen dokumentieren lässt. Dennoch besteht hinsichtlich zentraler Vorleistungen im Bereich Mikroelektronik durchaus eine erhebliche Abhängigkeit von außereuropäischen Produzenten. Da jedoch sowohl das Endprodukt als auch die unmittelbar vorgelagerten Komponenten nach wie vor in Europa entworfen und gefertigt werden, ist zentrales Ziel der innovations- beziehungsweise industriepolitischen Debatten in diesem Zusammenhang meistens vor allem die Frage, wie sich bestehende Kompetenzen erhalten beziehungsweise nutzen lassen.

Der Erfolg zahlreicher europäischer Nationen im Bereich „Advanced Manufacturing“ und insbesondere Robotik beruht auf einer systemischen Verknüpfung von Stärken im Maschinen- und Anlagenbau sowie auf Soft- und Hardware für eingebettete Systeme. Zentrale Herausforderungen und Lösungsbeiträge Europas liegen zurzeit in der Beherrschung komplexer industrieller Anwendungsszenarien bei gleichzeitiger Gewährleistung der Sicherheit in vernetzten Systemen. IT-seitig entwickeln verschiedene europäische Unternehmen erfolgreich Referenzarchitekturen und tragen maßgeblich zur weltweiten Standardisierung und damit zur Erreichung von Interoperabilität bei.

Wie stellt sich das Versorgungsrisiko dar?

Ein Versorgungsrisiko besteht insbesondere hinsichtlich zentraler Hardwarekomponenten, die in der Fertigung von Industrie 4.0 und Robotikgeräten benötigt werden. Entsprechende Chips und Mikroelektronik Elemente werden in Europa nicht nur nicht mehr gefertigt, sondern auch nur noch in Teilen entworfen. Daher befindet sich Europa bereits heute in klarer Abhängigkeit von externen Lieferketten für zentrale Bauteile und teils auch von spezifischer Fertigungskompetenz. Beispielsweise bestehen in Europa nur noch zwei relevante Produktionsstätten für Mikrochips, sodass nun zahlreiche Grundkomponenten überwiegend aus asiatischen Ländern importiert werden müssen.

Mittelfristig ist im Rahmen der technologischen Weiterentwicklung denkbar, dass sich größere Wertschöpfungsanteile auf Software- beziehungsweise Hardwarekomponenten verlagern, die schon seit einiger Zeit nicht mehr in Europa gefertigt werden, was in eine verstärkte Abhängigkeit von wenigen, großen Technologieunternehmen in den Vereinigten Staaten beziehungsweise asiatischen Ländern führen könnte. Zwar besteht aktuell in der Regel (noch) keine isolierte Abhängigkeit von einzelnen außereuropäischen Staaten oder Unternehmen, eine Verstärkung der Konzentration wäre allerdings in der Zukunft denkbar.

Gibt es Substitutionsmöglichkeiten?

Technologien aus dem Bereich der Robotik stellen eine zentrale Komponente moderner Fertigung dar, sie lassen sich aus systemischer Perspektive somit nicht grundsätzlich durch andere Technologien substituieren.

Allerdings haben sich europäische Unternehmen bereits heute in bestimmten, höherwertigen Bereichen der Robotik (komplexe Anwendungsszenarien, Gewährleistung von Sicherheit) positioniert, in denen sie Kraft vorhandener Kompetenzen souverän und profitabel agieren können. In gewisser Hinsicht besteht somit eine Re-Substitutionsfähigkeit einfacherer aktuell importierter Technologien durch entsprechende europäische Produkte, sollte eine solche Umstellung aus geopolitischen Erwägungen erforderlich werden.

Insgesamt zeigt die Analyse Folgendes:

- ◇ Der wirtschaftliche Vorteil gegebener Technologiesouveränität lässt sich meist erst im globalen Kontext (voll) realisieren, die Beschränkung von Entwicklungsperspektiven auf bestimmte Märkte wäre von Nachteil, Interoperabilität bleibt ein zentrales Ziel.
- ◇ Eine bereits jetzt bestehende Abhängigkeit im Bereich zentraler Komponenten könnte zukünftig an Bedeutung gewinnen, wenn diese Komponenten (Mikroelektronik) selbst wichtiger werden, stärkere und einseitigere Abhängigkeiten sind möglich.
- ◇ Bei einem Abfluss von Kernkompetenzen, zum Beispiel durch Unternehmensaufkäufe, droht die Gefahr, dass zentrale Alleinstellungsmerkmale an jene verloren gehen, die spezifisch europäische Kompetenzen nachfragen.
- ◇ Die fortlaufende technologische Entwicklung stellt führende Unternehmen auch bei hoher Integrationskompetenz vor die Herausforderung, in jenen Kompetenzbereichen dazuzulernen, die an Bedeutung gewinnen werden.
- ◇ Eine zentrale Überlegung in diesem Zusammenhang ist, inwieweit Technologiesouveränität in wichtigen flankierenden Bereichen wie zum Beispiel Cloud- und Dateninfrastrukturen zurückgewonnen werden muss.

Welche Strategien bieten sich zum Umgang mit Technologiesouveränität an?

In zahlreichen europäischen Nationen sind erhebliche Investitionen in den Erhalt und die Aktualisierung aktueller beziehungsweise zukünftiger Schlüsselkompetenzen im Bereich Industrie 4.0 beziehungsweise Robotik zu beobachten. Um deren Beherrschung bemühen sich zunehmend auch andere Länder, die ihre aktuelle Abhängigkeit von Importen überwinden wollen (und mittelfristig werden). Staatliche Förderung hierzu erfolgt vielfach national, sowie auf europäischer

Ebene durch das Forschungsrahmenprogramm und Initiativen zu „Fortschrittlichen Industrietechnologien“. Hierzu zählt einerseits die gezielte Förderung technologischer Entwicklung, andererseits aber auch die Verhinderung der strategischen Akquisition bestehender Expertise durch außereuropäische Unternehmen oder Nationen. Darüber hinaus wird über die Förderung von (Forschungs-)Clusterinitiativen und anderen Verbänden versucht, die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft und damit die Effizienz und Geschwindigkeit des Technologietransfers zu erhöhen und – mittels Testbeds – die technologische Führung im Bereich komplexer Anwendungszusammenhänge nicht zu verlieren. Schließlich unterstützen sowohl einzelne Mitgliedsstaaten als auch zahlreiche europäische Institutionen die Mitwirkung an internationalen Standards, um zu bewirken, dass sich sowohl vorhandene als auch noch zu entwickelnde Kompetenzen produktiv in die weltweiten Wertschöpfungsnetzwerke der Zukunft einfügen können und dass für europäische Systemlösungen eine möglichst große Interoperabilität gewährleistet bleibt. Hinzu kommen Aktivitäten zur Neuschaffung grundlegender (Daten)Infrastrukturen wie zum Beispiel GAIA-X, in die europäische Lösungen sicher, effizient und ohne direkte Abhängigkeit von externen Anbietern eingebunden werden können, wo dies zur Gewährleistung der Datensicherheit erforderlich ist.

Für die Zukunft bietet sich daher eine Strategie auf unterschiedlichen Ebenen an:

- ◇ Antizipation technologischer Entwicklungen und Aufbau der hierzu erforderlichen Kapazitäten,
- ◇ Stärkung und Aktualisierung vorhandener Schlüsselkompetenzen,
- ◇ Schaffung eines systemischen Rahmens (Cloud- und Dateninfrastruktur), in dem spezifisch europäische Kompetenzen weiter ausgebaut werden können,
- ◇ Vermeidung des Abflusses von Schlüsselkompetenzen durch externen Einkauf, die europäischen Unternehmen von internationalen Wettbewerbern absetzen,
- ◇ bewusste Streuung des Versorgungsrisikos in Vorleistungsbereichen, in denen eigene Kompetenzen nicht sinnvoll aufzubauen sind.

Schlussbemerkung

Der globale Wohlstand beruht auf internationaler industrieller und technologischer Arbeitsteilung, global orientierter offener Handelspolitik und grenzüberschreitend vernetzter Wissenschaft.

Gleichzeitig gibt es das nachvollziehbare Bedürfnis von Staaten, sich einen politisch autonomen Handlungsspielraum mit möglichst geringer struktureller Abhängigkeit von Wettbewerbern in Bezug auf kritische Technologien zu erhalten beziehungsweise zu schaffen, um die eigene Wirtschaft langfristig wettbewerbsfähig zu halten und zentrale gesellschaftliche Bedürfnisse befriedigen zu können. Der zunehmend lauter werdende Ruf nach Technologiesouveränität, verstärkt durch aktuelle Krisen und geopolitische Verschiebungen, steht damit in einem Spannungsverhältnis zur global vernetzten Wirtschaft als Garant des Wohlstandes, gerade für Europa und Deutschland.

Vor diesem Hintergrund liegt der Mehrwert unserer Konzipierung darin, dass sie Technologiesouveränität differenziert betrachtet und konkrete Vorschläge zu ihrer Analyse macht. Diese Differenzierung bezieht sich auf die aktuelle und zukünftige Kritikalität von Technologien, auf die Motivationen für Technologiesouveränität sowie auf die Grundlagen der Herstellung von Technologiesouveränität, das heißt im Wesentlichen auf den Zugriff auf aktuelle und potenzielle Ressourcen und Kompetenzen (siehe Abbildung 2). Im Zusammenspiel dieser Dimensionen kann dann der aktuelle und gewünschte Grad an Technologiesouveränität situationsgerecht bestimmt und gegebenenfalls Strategien für den Erhalt oder die Herstellung von Technologiesouveränität entwickelt werden.

Zur Entscheidung, welche Technologien kritisch sind oder in Zukunft sein werden, welches die zentralen Faktoren sind, die Technologiesouveränität in unserem definierten Sinne ermöglichen und welche Maßnahmen auf welcher Ebene zu treffen sind, um diese zu erreichen, bedarf es umfassender analytischer Kapazitäten im System. Dabei müssen auch die Systembedingungen in den Blick genommen werden, die die Umsetzung von Technologien in funktionale Innovationen in Märkten bestimmen, wie etwa Produktionskapazitäten, Infrastrukturen oder nachfrageseitige Bedingungen. Schließlich bedarf es strategischer Kreativität und Weitblick, um das Kind der international ausgerichteten Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und der EU nicht mit dem Bade der Technologiesouveränität auszuschütten. Für Deutschland ist der Bezugsrahmen für Technologiesouveränität angesichts des Ausmaßes an wirtschaftlicher und politischer Verflechtung und des Mehrwertes, den diese durch Spezialisierungsgewinne und politische Stabilität ermöglicht, eindeutig die EU. Ein Renationalisierungsreflex angesichts des Strebens nach Technologiesouveränität wäre nicht nur ineffizient, sondern auf lange Sicht sogar kontraproduktiv. Denn er würde eine Protektionismusspirale in Gang setzen. Ein System, das die Herausforderung der Technologiesouveränität differenziert und vorausschauend analysiert und bearbeitet, wird in Zukunft nicht nur anpassungsfähiger und damit wettbewerbsfähiger sein, sondern auch resilienter gegenüber externen Schocks.

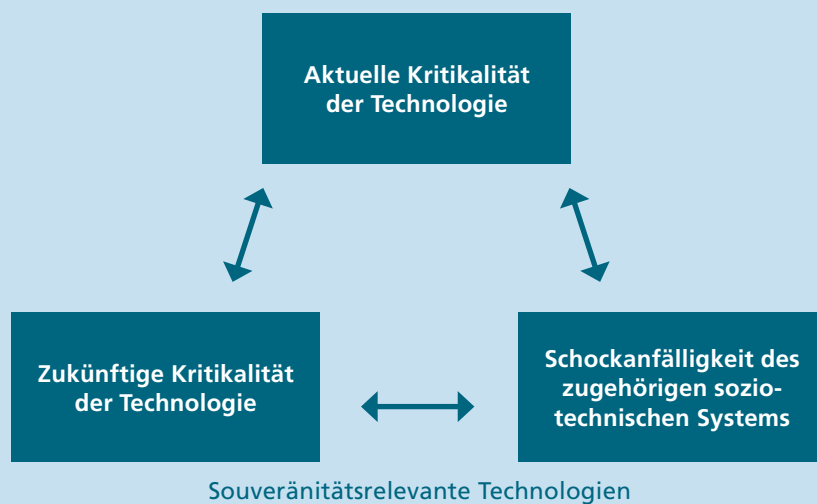
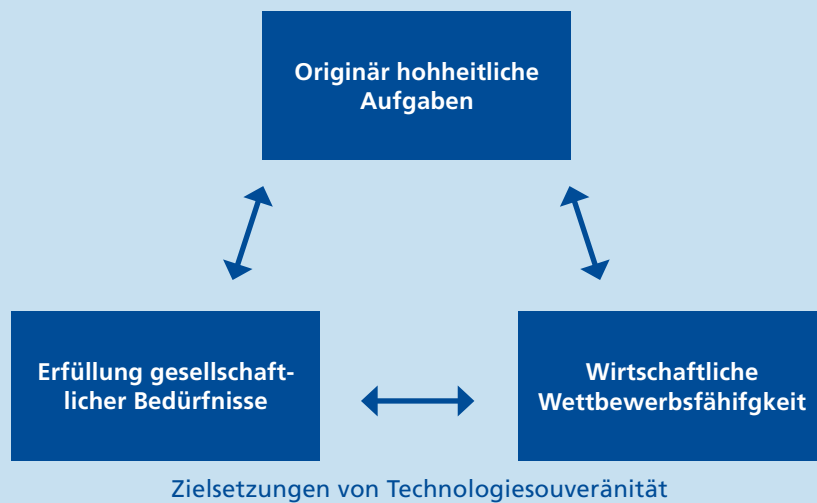
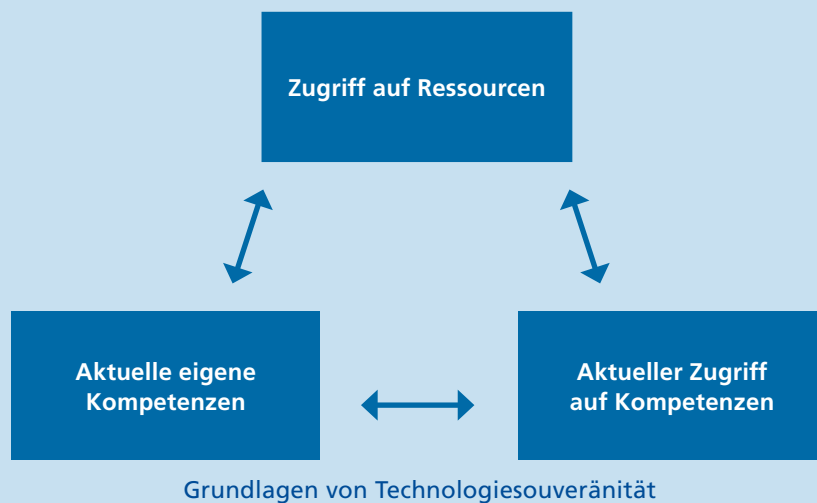


Abbildung 2: Bestimmungsdimensionen für Technologiesouveränität

Endnoten

- 1 Siehe zum Beispiel die Forderung des Kommissars für den Binnenmarkt, Thierry Breton, nach strategischer Autonomie im Rahmen der europäischen Industriestrategie (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_416 vom 10. März 2020), das Joint Statement of the European Council vom 21. April 2020: „Road to Recovery“, Brüssel sowie Europäisches Parlament P9_TA(2020)0054. Entschließung des Europäischen Parlaments vom 17. April 2020 zu abgestimmten Maßnahmen der EU zur Bekämpfung der COVID-19-Pandemie und ihrer Folgen (2020/2616(RSP)).
- 2 Siehe BMWi (2020): „Made in Germany. Industriestrategie 2030“ (<https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/industriestrategie-2030.html>) sowie die Begründung für die Gründung der Cyberagentur in Deutschland (siehe Gutachten der Expertenkommission Forschung und Innovation 2020, S. 143), Pressemitteilung ZVEI vom 19. Februar 2020 (<https://www.zvei.org/presse-medien/pressebereich/technologische-souveraenitaet-fuer-europa-sichern/>) oder das Positionspapier VDE (2020): „Technologische Souveränität. Vorschlag einer Methodik und Handlungsbedarf“, Frankfurt am Main.
- 3 Im Kontext der Corona-Krise stehen Unternehmen wie CureVac aus Tübingen oder BioNTech aus Mainz im Fokus, die an Impfstoffen forschen. Historisch ist die Diskussion um (Technologie-)Souveränität vor allem in Bezug auf Versorgungssicherheit mit Lebensmitteln geführt worden.
- 4 Vergleiche BMBF 2020, <https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2020/heft/13/beitrag/digitale-innovationen-und-technologiesouveraenitaet.html>
- 5 *ibid.*
- 6 <http://info.worldbank.org/governance/wgi/>
- 7 <https://oec.world/en/rankings/country/eci/>
- 8 <https://www.iplytics.com/de/report-de/5g-patentstudie-2020/>
- 9 *ibid.*
- 10 <https://www.capital.de/wirtschaft-politik/5g-ausbau-diese-firmen-machen-huawei-konkurrenz>
- 11 <https://graphene-flagship.eu/ultra-fast-graphene-photonics>, <https://graphene-flagship.eu/project/spearhead/Pages/5G.aspx>
- 12 *ibid.*
- 13 <https://www.iplytics.com/de/report-de/5g-patentstudie-2020/>
- 14 <https://www.capital.de/wirtschaft-politik/5g-ausbau-diese-firmen-machen-huawei-konkurrenz>
- 15 <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Vodafone-Austausch-von-Huawei-kostet-Millionen-4655846.html>
- 16 <https://info.worldbank.org/governance/wgi/Home/Reports>
- 17 <https://graphene-flagship.eu/project/spearhead/Pages/5G.aspx>
- 18 IFR World Robotics Report 2019
- 19 <http://www.worldstopexports.com/top-industrial-robots-exporters/>

Impressum

Kontakt

Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung ISI
Breslauer Str. 48
76139 Karlsruhe

Prof. Dr. Jakob Edler
Telefon 0721 6809-205
E-Mail jakob.edler@isi.fraunhofer.de

Autorinnen und Autoren

Jakob Edler, Knut Blind, Rainer Frietsch,
Simone Kimpeler, Henning Kroll,
Christian Lerch, Thomas Reiss, Florian Roth,
Torben Schubert, Johanna Schuler,
Rainer Walz

Redaktion

Dr. Johanna Schuler

Grafische Gestaltung

Sabine Wurst

www.isi.fraunhofer.de

Bildnachweise

Cover

5G-Netz
[shutterstock.com/metamorworks](https://www.shutterstock.com/metamorworks)

Seiten 4–5

Pharmazeutische Forschung
[shutterstock.com/Africa Studio](https://www.shutterstock.com/Africa Studio)

Seiten 6–7

Smart factory
[shutterstock.com/Alexander Kirch](https://www.shutterstock.com/Alexander Kirch)

Seite 8

Medizinisches Labor
[shutterstock.com/angellodeco](https://www.shutterstock.com/angellodeco)

Seite 14

Robotik
[shutterstock.com/asharkyu](https://www.shutterstock.com/asharkyu)

Seite 20

5G-Netz
[shutterstock.com/NicoElNino](https://www.shutterstock.com/NicoElNino)

