

Technologische Souveränität als Mission?!

Ina Schieferdecker

1. Einleitung

Technologische Souveränität hat sich als zentrales politisches Ziel und Leitmotiv etabliert. Während die Debatte bereits im Nachgang der Enthüllungen von Edward Snowden Fahrt aufgenommen hat (Maurer et al. 2014), meist unter dem Stichwort »digitale Souveränität«, haben gerade die Entwicklungen der jüngeren Vergangenheit die Probleme starker wirtschaftlicher und technologischer Abhängigkeiten deutlich zutage treten lassen. Einerseits wurde durch die Covid-19-Pandemie und die damit einhergehenden Disruptionen der globalen Lieferketten offenbar, wie Abhängigkeiten zu einer verminderten Resilienz und Widerstandsfähigkeit der nationalen Wirtschaft führen (siehe unter anderem Darnis 2020). Andererseits hat gerade der Krieg in der Ukraine auch die sicherheitspolitischen Konsequenzen von Abhängigkeiten ins öffentliche Bewusstsein gerückt. Hinzu kommt das zunehmend offensivere Streben Chinas nach technologischer Vorherrschaft (Zenglein/Holzmann 2019), das teilweise bereits in regelrechte Wirtschafts- und Technologiekriege mit den USA mündet (Allison et al. 2021). Dabei ist auch Europa kein Unbeteiligter (vergleiche hierzu unter anderem die Debatte um die Beteiligung von Huawei an der 5G-Infrastruktur in Europa).

Als Reaktion auf die oben skizzierten Entwicklungen sind in den letzten Jahren sowohl zahlreiche politisch-strategische Papiere (vergleiche unter anderem BMBF 2021; von der Leyen 2020; White House 2020) als auch wissenschaftlich-konzeptionelle Studien (Edler et al. 2020; Edler et al. 2021; March/Schieferdecker 2021; Crespi et al. 2021; Weyerstraß et al. 2021) zu technologischer Souveränität erschienen. Dabei hat sich in zweierlei Hinsicht ein weitgehender Konsens herausgebildet.

Erstens wird technologische Souveränität in den meisten Beiträgen klar von Autarkie abgegrenzt. Dementsprechend geht es nicht um die Abschottung von den globalen Märkten und Wettbewerbern oder um ein Zurückdrehen der Globalisierung. Eine umfangreiche theoretische und empirische Forschung weist ganz im Gegenteil stark auf eine positive Wechselwirkung zwischen technologischer Sou-

veränität einerseits sowie internationaler Zusammenarbeit und freiem Handel andererseits hin (vergleiche March/Schieferdecker 2021). Technologische Souveränität wird stattdessen verstanden als »Fähigkeit zur kooperativen (Mit-)Gestaltung von Schlüsseltechnologien und technologiebasierten Innovationen« (BMBF 2021: 3) bzw. »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« (Edler et al. 2020: 4). Dabei ist letztlich eine Ansammlung von Fähigkeiten gemeint, die notwendig sind, um Schlüsseltechnologien zu identifizieren, zu verstehen, zu bewerten, (weiter) zu entwickeln, zu produzieren, zu nutzen und zu integrieren (March/Schieferdecker 2021) und so international auf Augenhöhe agieren zu können.

Zweitens wird technologische Souveränität als Gegenstand und Ziel einer ganzheitlichen (»holistischen«) und zugleich forschungs- und innovationszentrierten Politik verstanden. Diese umfasst insbesondere (vergleiche zum Beispiel Schieferdecker/March 2020):

- die Förderung grundlegender und anwendungsorientierter Forschung,
- die Förderung des Forschungstransfers in neue Produkte, Dienste, Prozesse und Geschäftsmodelle in neuen und etablierten Unternehmen,
- den Aufbau dafür notwendiger Ökosysteme und Infrastrukturen,
- die Entwicklung der notwendigen Kompetenzen und die Ausbildung und Gewinnung der notwendigen Forscherinnen, Forscher und Fachkräfte,
- die Unterstützung der Entwicklung von Normen und Standards,
- die Schaffung der erforderlichen rechtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen sowie
- gezielte internationale Zusammenarbeit.

Letztlich geht es um den Aufbau von adäquaten Technologiepipelines bzw. *technologischen Innovationssystemen* (technological innovation systems, vergleiche Hekkert et al. 2007; Bergek et al. 2008). Ein partizipativer Ansatz unter Einbindung verschiedener Stakeholder ist dabei unabdingbar.

Während die theoretischen Grundlagen der einzelnen staatlichen Handlungsfelder und teilweise auch ihres Zusammenspiels gut erforscht sind, bringt die praktische Umsetzung im Sinne des Ausbaus von technologischer Souveränität zahlreiche Herausforderungen mit sich. Wie von Edler et al. (2021) betont, erfordert der Ausbau von technologischer Souveränität daher ein hohes Maß an »strategischer Intelligenz«. Zudem geht der notwendige ganzheitliche Politikansatz mit der Notwendigkeit einer guten Koordination zwischen verschiedenen Akteur*innen und Politikfeldern einher. Im Folgenden sollen daher die praktischen

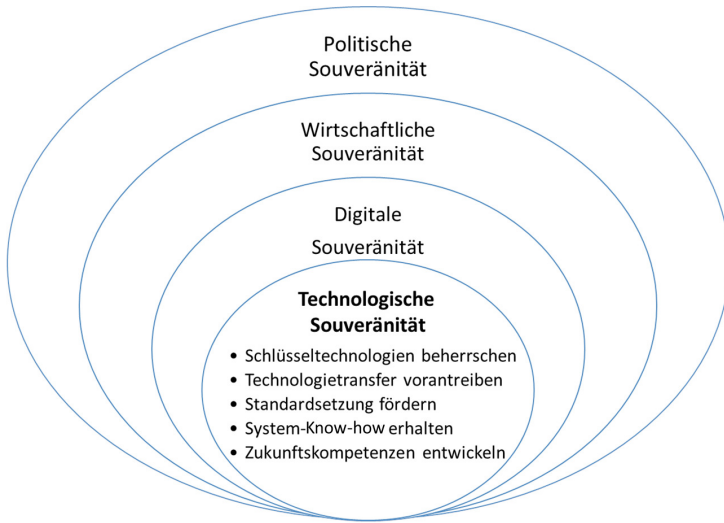


Abb. 1: Technologische Souveränität als Grundlage verschiedener Politikbereiche
 Quelle: eigene Darstellung

Herausforderungen einer »(technologie-) souveränitätsorientierten Innovationspolitik« (March/Schieferdecker 2021) näher beleuchtet und im zweiten Kapitel erläutert werden.

Technologische Souveränität ist ein grundlegendes, jedoch nicht das einzige aktuelle Leitmotiv der Innovationspolitik, siehe auch Abbildung 1. In den letzten Jahren wurde insbesondere ein missionsorientierter Ansatz intensiv diskutiert. Dies wirft die Frage auf, in welchem Verhältnis technologische Souveränität und missionsorientierte Innovationspolitik stehen. Gibt es hier Komplementaritäten? Oder stehen die beiden Politikansätze im Konflikt? Diesen Fragen soll im dritten Kapitel nachgegangen werden.

2. Eine Roadmap für technologische Souveränität

Der Ausbau von technologischer Souveränität erfordert auf staatlicher Seite eine kluge Auswahl sowohl der relevanten Technologiefelder als auch der bestmöglichen Politikinstrumente. Dies ergibt sich einerseits aus den begrenzten Ressourcen des Staates, die durch die Krisen der jüngeren Vergangenheit noch weiter eingengt werden. Die Innovationspolitik steht hier in einem Verteilungswettbewerb, etwa

mit der Sozial-, Gesundheits-, Umwelt-, Sicherheits- und Energiepolitik.¹ Dies gilt trotz der Eigenheit von technologischer Souveränität als Grundlage für all diese Bereiche, die in der Verteilung des Haushalts natürlich als starkes Argument ins Felde geführt werden kann.

Darüber hinaus ergibt sich die Notwendigkeit einer klugen Politikgestaltung jedoch auch aus der zunehmenden Komplexität von Technologien und technologiebasierten Innovationen und dem daraus folgenden Trend zu einer stärkeren Interdisziplinarität in Forschung und Entwicklung. Hieraus resultieren Verbund- und Skaleneffekte in Forschung, Entwicklung und Anwendung von Schlüsseltechnologien, die sich nicht durch eine Top-down-Innovationspolitik und nur in seltenen Fällen durch einen einzelnen Staat allein realisieren lassen. Vielmehr müssen die sowohl wirtschaftlich zentralen als auch sicherheitspolitisch kritischen Technologien und Instrumente ausgewählt werden, die eine größtmögliche Hebelwirkung auf die Aktivitäten und Ressourcen von Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft in Europa entfalten, auch über die eigenen Landesgrenzen hinaus, und so das Entstehen entsprechender Allianzen und Netzwerke befördern. So erfordert die technologische Souveränität Europas entlang des demokratischen Wertekanons Europas Partnerschaften weltweit, um die systemischen Anforderungen auch geopolitisch zu adressieren. Es gilt, neben der weiteren Stärkung der Stärken die Schwächen so abzuschwächen, dass einseitige kritische Abhängigkeiten minimiert oder durch bi- beziehungsweise multilaterale kritische Abhängigkeiten kompensiert werden können.

Dabei sind drei Elemente wesentlich für die Operationalisierung von strategischer Intelligenz für technologische Souveränität:

- Erstens braucht es eine vielfältige, breite Beteiligung der diversen Akteursgruppen zur Bestimmung sowohl zentraler als auch kritischer Technologiefelder und ihrer Elemente.
- Zweitens bedarf es einer guten Fundierung dieser Vorschläge mittels einer ausgefeilten Indikatorik, auf deren Quantifizierung und Qualifizierung die Auswahl der relevanten Technologiefelder und Elemente basieren kann. Die Indikatorik sollte kontinuierlich überprüft und gegebenenfalls aktualisiert werden, um die Veränderungen von technologischen Innovationssystemen im Technologielebenszyklus zu berücksichtigen und abzubilden.
- Drittens müssen die auf der Indikatorik basierenden Auswahlvorschläge durch adäquate Mechanismen ergänzt werden, um die gewonnenen Erkenntnisse

¹ Hier ergibt sich ein erster Unterschied zur missionsorientierten Innovationspolitik Mazzucatos, die eine Knappheit staatlicher Ressourcen und die daraus resultierenden Konflikte mit Verweis auf die moderne Geldtheorie (*modern monetary theory*) weitgehend negiert (Mazzucato 2021: 181 ff.).

kontinuierlich in politisches (und gesellschaftliches) Handeln übersetzen zu können. Partizipation gehört dabei wiederum zu den wichtigsten Werkzeugen.

2.1 Definition und Indikatoren

Eine erste Herausforderung besteht in der Identifikation relevanter Schlüsseltechnologien. Dieser Anspruch ist gleich in mehrerer Hinsicht ambitioniert.

Erstens ist schon der Begriff der »Schlüsseltechnologie« nicht eindeutig definiert. Bekannt sind vor allem die Konzepte der »general purpose technologies« (Bresnahan 2010) sowie der »key enabling technologies« (European Commission 2009, 2012, 2018). Trotz gewisser Unterschiede heben beide Konzepte folgende Kriterien für Schlüsseltechnologien hervor:

- Sie zeichnen sich durch eine hohe Wissens-, Forschungs- und Kapitalintensität aus, wobei Letztere auch Humankapital einschließt.
- Sie verfügen über eine hohe Anwendungsbreite und sind damit auch systemisch relevant.
- Sie ermöglichen schnelle und fortlaufende Verbesserungen.
- Ihr Innovationsprozess ist hochgradig komplementär, das heißt, durch wechselseitige Innovationsimpulse mit vielen anderen Technologie- und Anwendungsfeldern geprägt.

Zudem gilt es, auch vor dem Hintergrund der mit den aktuellen, multiplen Krisen gestiegenen Sicherheitsanforderungen der Gesellschaft, die Schlüsseltechnologien zu adressieren, die sowohl für die innere und äußere Sicherheit als auch die gesellschaftliche Resilienz zentral sind. So werden neben der innovationsorientierten wirtschaftlichen Betrachtung (klassisches Verständnis von Schlüsseltechnologien) die nachhaltigkeits- und sicherheitsbezogenen Betrachtungen gleichrangig und führen zu einem modernen Verständnis relevanter Schlüsseltechnologien.

All diese Eigenschaften sind, zweitens, vorrangig qualitativer Natur. Das heißt, weder für ihre konkrete Messung noch für ihre relative Gewichtung hat die Wissenschaft bisher allgemein akzeptierte Indikatoren entwickelt. Dies öffnet die Tür für politische und gesellschaftliche Abwägungen, aber auch für politisch-strategische Einflüsse.

Drittens kann für einzelne Technologien zwar heutzutage aufgrund einer stetig wachsenden Menge an Daten durchaus bestimmt werden, ob sie die oben genannten Kriterien erfüllen. Dies ist jedoch häufig erst ex post möglich, das heißt nach Aufkommen, Entwicklung und fortgeschrittener Verbreitung der Technologien. Für eine strategische Steuerung der Innovationspolitik im Sinne von technologischer Souveränität ist dies nicht ausreichend. Vielmehr ist dafür eine kontinu-

ierliche frühzeitige Identifikation von neu aufkommenden Technologien notwendig, das heißt von Technologien, die noch am Anfang ihrer Entwicklung bzw. auf einem niedrigen Technologiereifegrad stehen.²

Notwendig ist daher technologische Vorausschau (Foresight), wie sie in vielen Ländern seit langer Zeit betrieben wird (vergleiche unter anderem Miles 2010). Obwohl auch hierfür regelmäßig datenbasierte Ansätze genutzt werden (Lee 2021), versprechen gerade neue Entwicklungen bei datengetriebenen Technologien und Datenquellen die Erweiterung der Möglichkeiten zur semantischen Analyse, etwa durch Nutzung von Blog-Einträgen (Albert et al. 2015) oder Methoden der künstlichen Intelligenz (Lee et al. 2018). Solche semantischen Analysen sind insofern wichtig, als die technologische Vorausschau auch immer mit Methoden zur Bestimmung und Bewertung möglicher sozio-technischer Konfigurationen auszurichten ist, sodass darauf aufbauende handlungsleitende Entscheidungen fundiert erfolgen können.

Die aktuelle Debatte zu technologischer Souveränität hat bereits zu verschiedenen Vorschlägen für einen Katalog an Kriterien und Indikatoren für Schlüsseltechnologien geführt (siehe unter anderem Bitkom 2022; Kroll et al. 2022). Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat im Herbst 2021 einen Rat für technologische Souveränität (Rat4TS) eingesetzt, der sich in einem der ersten Schritte näher mit der Bestimmung und Auswahl von geeigneten Indikatoren für Schlüsseltechnologien befassen wird.

2.2 Förderpolitik im Technologielebenszyklus

Der Aufbau einer geeigneten Indikatorik für die frühzeitige Identifikation relevanter Schlüsseltechnologien ist jedoch nur der erste Schritt auf dem Weg zum Ausbau der technologischen Souveränität. Hieran muss sich ebenso ein Prozess zur Festlegung der notwendigen politischen Unterstützungsmaßnahmen anschließen.

Rein auf dem Markt- bzw. Wettbewerbsprinzip basierende Maßnahmen stoßen dabei schnell an ihre Grenzen. Tassej (2005: 94 ff.) identifiziert hierfür vier zentrale Gründe:³

- eine hohe Komplexität von Schlüsseltechnologien, die zu einem hohen technischen und ökonomischen Risiko führt, das Marktteilnehmer scheuen;

² Die Literatur hat hierfür das Konzept der »emerging technologies« entwickelt (Rotolo et al. 2015). Emerging technologies zeichnen sich demzufolge aus durch radikale Neuheit, schnelles Wachstum, Kohärenz, bedeutsame Auswirkungen und ein hohes Maß an Unsicherheit und Ungewissheit. Hinsichtlich der Identifikation bestehen damit ähnliche Schwächen wie bei der Definition von Schlüsseltechnologien.

³ Hier könnten natürlich zahlreiche weitere Quellen angeführt werden.

- die erforderlichen langfristigen Zeithorizonte, die mit den kurzfristigen Notwendigkeiten im Marktwettbewerb kollidieren;
- die bereits betonten Verbund- und Skaleneffekte, die in einer Unterdiversifizierung am Markt resultieren;
- externe Effekte, die zum Auseinanderfallen von gesellschaftlichen Interessen und den Interessen einzelner Marktteilnehmer führen.

Neben dem letztgenannten Punkt ist für relevante Schlüsseltechnologien, die häufig zentrale Bedeutung für originär staatliche Aufgaben wie die Gewährleistung von Sicherheit und die Grundversorgung der Bevölkerung besitzen, auch der aus der erforderlichen Resilienzstärkung sowie Zukunftsvorsorge resultierende Handlungsbedarf von besonders hoher Relevanz.

Technologische Souveränität erfordert daher gezielte staatliche Unterstützung und Steuerung. Dabei muss das jeweilige Technologiefeld Berücksichtigung finden, da der Erfolg forschungspolitischer Maßnahmen häufig von den Charakteristika der konkreten Schlüsseltechnologie und ihres Technologiefeldes abhängig ist. Dies beginnt schon bei den notwendigen Infrastrukturen und reicht über spezifische Anforderungen an die Nachwuchsausbildung bis hin zu unterschiedlichen Traditionen in der Verwertungsstrategie sowie Unterschieden in der Struktur der relevanten Branchen. Ein gutes Beispiel ist hier der Vergleich zwischen Software-Technologie und Mikroelektronik. Software wird heute von vielen und nahezu überall entwickelt. Die grundlegenden Kompetenzen können prinzipiell von jedermann erworben werden. Die bevorzugten Transferstrategien basieren auf Lizenzierung oder Open Source; die Branche ist durch viele Klein- und Kleinstunternehmen geprägt. Demgegenüber sind in der Mikroelektronik erhebliche Investitionen notwendig, unter anderem in Anlagen für die (Forschungs-)Fertigung. Aus diesem Grund sind nur einige wenige Akteure in der Forschung und der Industrie erfolgreich. Dem Schutz geistigen Eigentums und damit der Patentierung kommt eine besondere Rolle zu. Die Nachwuchsausbildung folgt spezifischen Karrierewegen. Aktuelle Maßnahmen des BMBF in diesen Bereichen wie die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland und ihre Akademie tragen diesen Spezifika Rechnung.

Darüber hinaus hängen geeignete Fördermaßnahmen auch vom Technologiereifegrad bzw. dem Stadium im Technologielebenszyklus ab (vergleiche unter anderem Anderson/Tushman 1990; Tassej 2005; Markard 2020). Geht es bei niedrigen Technologiereifegraden vorrangig um die Förderung (grundlegender) Forschung, verschiebt sich der Fokus im Laufe der weiteren Entwicklung der Technologie sukzessive zu anwendungsorientierter Forschung und spezifischen Transfermaßnahmen. Auch die Rolle von Forschungsverbänden und Kooperationsnetzwerken und damit das gesamte Technologieökosystem verändern sich im Technologielebens-

zyklus (Kapoor/McGrath 2014; van der Pol/Rameshkoumar 2018). Parallel müssen die notwendigen Forschungs- und Transferinfrastrukturen mitentwickelt werden. Auch die Entwicklung von Normen und Standards sowie gegebenenfalls die Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen dürfen weder zu früh noch zu spät angegangen werden. Während in einem frühen Stadium des Technologielebenszyklus die Möglichkeiten und Risiken einer neuen Technologie noch nicht hinreichend gut bekannt sind, birgt ein zu spätes Agieren die Gefahr, von den Entwicklungen am Markt oder den internationalen Wettbewerbern überholt zu werden.

Die Förderung des BMBF birgt verschiedene Beispiele für ein aufeinander aufbauendes Förderportfolio im Technologielebenszyklus. So hat eine langjährige Förderung in der Material- und Batterieforschung die Grundlage bereitet sowohl für umfangreichere Transfermaßnahmen wie die Forschungsfertigung Batteriezelle oder die IPCEI⁴ zur Batteriezellfertigung auf europäischer Ebene als auch für die Ansiedlung verschiedener Unternehmen in Deutschland. Eine ähnliche Entwicklung lässt sich beispielsweise in der Mikroelektronik über die Forschungsprogramme und -maßnahmen des BMBF in den letzten beiden Dekaden nachvollziehen.

Die Technologielebenszyklusbetrachtung nimmt auch eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung der gesamten Programmatik für technologische Souveränität ein. So ist dabei einerseits wichtig, dass auch die angestrebte Indikatorik die verschiedenen Entwicklungsstadien von Schlüsseltechnologien nachverfolgen und so eine Grundlage auch für die später erforderlichen politischen Entscheidungen liefern kann. Andererseits sind ebenso das aktive Beenden von Fördermaßnahmen im Sinne einer Prioritäten- und Posterioritätensetzung und auch das zielgerichtete »Ausphasen« bestimmter Technologien, etwa um konkurrierende Technologieentwicklungen zu ermöglichen, wichtige Handlungsfelder zur Sicherung von technologischer Souveränität (vergleiche Markard 2020).

2.3 Die Rolle von Politik und Gesellschaft

Die bisherige Argumentation verdeutlicht, dass ein »technokratischer«, das heißt rein indikatorenorientierter Ansatz für den Ausbau von technologischer Souveränität nicht ausreichend ist. Die Letztentscheidung darüber, welche Technologien als Schlüsseltechnologien ausgewählt und in welcher Form und über welchen Zeitraum diese gefördert werden, liegt bei der Gesellschaft – und damit unmittelbar bei der Politik. Denn zum einen wird auch eine strenge kriterien- und indikatorenbasierte Auswahl mit hoher Wahrscheinlichkeit ein breiteres Portfolio an Schlüs-

⁴ 2021 wurde das zweite IPCEI (Important Project of Common European Interest) »European Battery Innovation« für den Aufbau einer Batteriewertschöpfungskette in Europa gestartet.

seltechnologien liefern, als mit den vorhandenen staatlichen Ressourcen in ausreichendem Maß gefördert werden kann.

Und zum anderen gibt es keinen Königsweg zur technologischen Souveränität. Mögliche Ansätze umfassen beispielsweise (vergleiche BMBF 2021: 8):

- den gezielten Ausbau der eigenen Stärken, um die eigene Wettbewerbsposition in den betreffenden Technologiefeldern zu halten oder auszubauen und so sicherzustellen, dass Abhängigkeiten zumindest wechselseitig bestehen;
- den Start von gezielten Aufholprozessen, um Abhängigkeiten aktiv durch den Aufbau eigener Stärken zu reduzieren;
- eine Fokussierung auf die nächste Generation einer Schlüsseltechnologie, bei der Rückstände bestehen, oder auf eine neue aufkommende Substitutionstechnologie («Leapfrogging»);
- die gezielte internationale Zusammenarbeit mit gleichgesinnten Partnern, um Ressourcen zu bündeln und arbeitsteilig ein umfassenderes Portfolio an Schlüsseltechnologien abzudecken.

Dies sind nur einige Möglichkeiten. Insbesondere ist auch die Akzeptanz einer Position der (einseitigen) Abhängigkeit, deren Risiko jedoch als hinreichend gering oder beherrschbar eingeschätzt wird, ein möglicher Weg. Da die Komplexität relevanter Schlüsseltechnologien in einer globalisierten Welt nur durch Partnerschaften und damit zwingend nur durch (gegebenenfalls einseitige) Abhängigkeiten erreicht werden kann, gilt es, besonders bei den Partnerschaften auf gegenseitige Abhängigkeiten sowie Alternativen zu achten, um Engpässen oder anderen Verwerfungen besser begegnen zu können.

Die Auswahl des Technologie- und Maßnahmenportfolios kann daher nur in einem politisch-gesellschaftlichen Prozess unter Einbindung der relevanten Stakeholder aus Wissenschaft, Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Politik erfolgen. Das ergibt sich einerseits aus dem demokratischen Verständnis von Souveränität als »Volksouveränität«, das heißt, es obliegt ultimativ der Gesellschaft, die notwendigen Maßnahmen zur Sicherung der eigenen Souveränität festzulegen. Die Notwendigkeit zu einem partizipativen Ansatz ergibt sich aber ebenso aus der Bedeutung von Allianzen und Netzwerken in technologischen Innovationssystemen, die nicht von oben verordnet werden können, sondern organisch wachsen müssen.

Notwendig ist insofern ein Mechanismus, der die relevanten Stakeholder an einen Tisch bringt und eine (wissens- und faktenbasierte) Diskussion, aber auch die notwendigen Entscheidungen ermöglicht. Zu beachten ist dabei, dass es sich bei der Sicherung von technologischer Souveränität um eine Daueraufgabe handelt. Die Geschichte ist gespickt mit Beispielen von Unternehmen und Gesellschaften, die ihre führende Position im Zeitverlauf verloren haben, weil sie neue Entwicklun-

gen außer Acht gelassen haben. Andererseits gibt es aber auch zahlreiche Beispiele für erfolgreiche Aufholprozesse.

Ein gutes Beispiel für einen funktionierenden Stakeholder-Prozess ist die Plattform Industrie 4.0. Die seit 2013 tätige Plattform umfasst heute mehr als 350 Stakeholder, die gemeinsam Lösungen in folgenden Bereichen erarbeiten: Technologie- und Anwendungsszenarien; Referenzarchitekturen, Standardisierung und Interoperabilität; Sicherheit vernetzter Systeme; rechtliche Rahmenbedingungen; Arbeit, Aus- Weiterbildung sowie Geschäftsmodelle.⁵ Die Plattform gibt dabei auch heute noch regelmäßig neue Impulse und hat so unter anderem das Projekt GAIA-X angestoßen.

Die wesentliche Herausforderung besteht darin, in einem solchen Stakeholder-Prozess die Vereinnahmung durch »durchsetzungsstarke Einzelinteressen« (EFI 2022) zu vermeiden. Gerade Unternehmen, deren Erfolg sich auf dem aktuell vorherrschenden Technologieparadigma gründet, stehen technologischen Wandlungsprozessen oftmals skeptisch gegenüber und versuchen, diese in ihrem Sinne zu beeinflussen. Gleichzeitig sind diese Unternehmen für den Erhalt und Ausbau technologischer Souveränität unabdingbar, da sie aufgrund ihres Erfolges über die dafür notwendigen Ressourcen verfügen. Aber auch politische Einflussnahme, etwa im Interesse einzelner Regionen oder zu Zwecken des Machterhalts, sollte vermieden werden. Eine hohe Transparenz der Entscheidungsprozesse und der den Entscheidungen zugrunde liegenden Daten, Fakten und Erwägungsgründe sowie eine ausgewogene Besetzung unter gezielter Einbindung der Wissenschaft und Zivilgesellschaft sind hier valide Ansatzpunkte.⁶

3. Technologische Souveränität und missionsorientierte Innovationspolitik

In den letzten Jahren ist eine Refokussierung der Innovationspolitik zu verfolgen. Waren über eine lange Zeit Wirtschaftswachstum sowie die Sicherung und der Ausbau der eigenen Wettbewerbsfähigkeit die zentralen politischen Narrative für die Förderung von Forschung und Innovationen, sind in jüngerer Vergangenheit vor allem die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen – wie der Klimawandel, die Bekämpfung globaler Ungleichheiten oder die Verbesserung der Gesundheitsversorgung und des Zugangs dazu – in den Blickpunkt gerückt.

⁵ Siehe www.plattform-i40.de.

⁶ In diesen Überlegungen besteht ein zweiter Unterschied zur Argumentation von Mazzucato, die diesen zentralen Erkenntnissen der »Public Choice Theorie« die empirische Validität abspricht (Mazzucato 2021: 33 f.). Siehe hierzu jedoch unter anderem Congleton et al. (2019, 2008).

In diesem Zusammenhang wird zunehmend ein neuer Politikansatz propagiert, demzufolge der Staat nicht mehr nur die Rahmenbedingungen für Innovationen optimieren, sondern aktiv eine Richtung vorgeben soll. Den Kern bildet die Festlegung von »Missionen«, das heißt konkreten gesellschaftlichen Zielstellungen (vergleiche unter anderem Mazzucato 2021). Die Aufgabe des Staates besteht dabei darin, die richtigen Missionen zu finden und zu spezifizieren, alle betroffenen Stakeholder hinter den gewählten Missionen zu versammeln und deren Tun zu koordinieren sowie ein Maßnahmenportfolio zu entwickeln, welches geeignet ist, die Erfüllung der Mission zu ermöglichen.

Der innovationsökonomischen Literatur folgend eignen sich Missionen insbesondere für die Lösung von »wicked«, das heißt vertrackten gesellschaftlichen Problemen. Wanzenböck et al. (2020) identifizieren drei zentrale Charakteristika solcher Probleme:

- Sie sind *komplex*, das heißt insbesondere mehrdimensional, und erfordern damit die Mitwirkung einer Vielzahl an Akteuren.
- Sie sind *umstritten*, das heißt, mit inhärenten Zielkonflikten zwischen verschiedenen Akteuren verbunden.
- Sie sind durch ein hohes Maß an *Unsicherheit* und mangelndem Wissen geprägt.

Als Konsequenz aus diesen Eigenschaften erfordert die Lösung von vertrackten Problemen nicht eine einzelne technologische Innovation, sondern das Zusammenspiel mehrerer technologischer und sozialer, inklusive organisatorischer und politischer Innovationen (Mazzucato 2021: 5). Eine zentrale Funktion von Missionen besteht damit in der Aktivierung einer großen Zahl von Stakeholdern und der Schaffung einer zielgerichteten Dynamik (Janssen et al. 2021: 440). Technologiebasierte Innovationen sind dabei oft eher das Nebenprodukt als das Hauptanliegen einer eher transformationsorientierten Mission und nur selten von vornherein absehbar und planbar.

Welche Rolle können Missionen nun im Kontext technologischer Souveränität spielen? Einige Parallelen zwischen beiden Konzepten sind nicht von der Hand zu weisen: So erfordert sowohl der Ausbau von technologischer Souveränität als auch eine missionsorientierte Innovationspolitik einen ganzheitlichen Ansatz, der verschiedene Instrumente entlang der Innovationskette kombiniert. Auch die Einbindung einer Vielzahl von Stakeholdern ist beiden Ansätzen immanent. Darüber hinaus können Missionen zu wesentlichen technologischen Sprüngen beitragen, wie beispielsweise von Mazzucato (2021) im Kontext der Apollo-Mission eindrucksvoll nachgewiesen.

Zugleich bestehen zwischen beiden Konzepten auch klare Unterschiede. Der Erhalt von technologischer Souveränität ist eine Daueraufgabe, die niemals abgeschlossen ist. Selbst der erfolgreiche Abschluss einzelner technologieori-

entierter Missionen kann hier nur einen temporären Vorteil verschaffen. Von einer systemtheoretischen Perspektive ist technologische Souveränität eher die Voraussetzung für erfolgreiche Missionen als deren Konsequenz. Darüber hinaus werfen Missionen, die vorrangig auf die Weiterentwicklung oder Diffusion einer vorab spezifizierten Technologie abzielen,⁷ die Frage auf, ob hier der missionsorientierte Ansatz seine volle Wirkung entfalten kann. Dabei ist die zentrale These, dass sich die Vorteile des missionsorientierten Ansatzes gerade in der Aktivierung einer höchstmöglichen Kreativität beim Suchen nach Lösungen für ein vorgegebenes Ziel manifestieren. Die Begrenzung des Suchraums wirkt dann eher kontraproduktiv. Wird die Charakterisierung als Mission hingegen vor allem an der Festlegung eines klaren Ziels und der Koordination verschiedener Stakeholder und Politikinstrumente festgemacht, läuft das Konzept Gefahr, lediglich eine Umetikettierung bekannter politischer Programme darzustellen und somit an Schlagkraft zu verlieren.

Missionen benötigen einerseits technologische Souveränität als Fundament und können andererseits vor allem in zweierlei Hinsicht zu technologischer Souveränität beitragen (siehe Abbildung 2, These 1–3): Sie können neue Technologiefelder aufdecken, die für die Lösung vertrackter gesellschaftlicher Probleme zentral sind, und damit wesentliche Eigenschaften einer Schlüsseltechnologie erfüllen. Zudem können Missionen in Einzelfällen technologische Sprünge ermöglichen, die für die Aufrechterhaltung von technologischer Souveränität in der gewählten Schlüsseltechnologie entscheidend sind, sich aber nicht linear aus dem bisherigen Technologiepfad ergeben.

Darüber hinaus ergibt sich jedoch noch eine dritte Schnittstelle zwischen technologischer Souveränität und missionsorientierter Innovationspolitik: Wie im vorherigen Kapitel argumentiert, erfordert technologische Souveränität den Aufbau eines Mechanismus, der es kontinuierlich erlaubt, die relevanten Schlüsseltechnologien und den politischen Handlungsbedarf frühzeitig zu erkennen und in einem politisch-gesellschaftlichen Miteinander Lösungswege festzulegen. Diese Zielstellung lässt sich mit Fug und Recht als »vertracktes Problem« bezeichnen: Es ist mehrdimensional, da es das Monitoring einer Vielzahl von Technologien sowie wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bedarfen und die Einbindung zahlreicher Stakeholder erfordert. Es ist umstritten, da bei der Auswahl der Technologien und politischen Instrumente nicht nur verschiedene Lösungswege existieren, sondern auch verschiedene, oft widerstreitende Interessen zusammenkommen. Und es ist hochgradig unsicher, da es im Wesentlichen um die Vorhersage zukünftiger Entwicklungen geht. Darüber hinaus erfordert der Aufbau eines Mechanismus für technologische Souveränität sowohl technologische Innovationen, etwa für die

7 Sogenannte Akzelerator-Missionen (Wittmann et al. 2021).

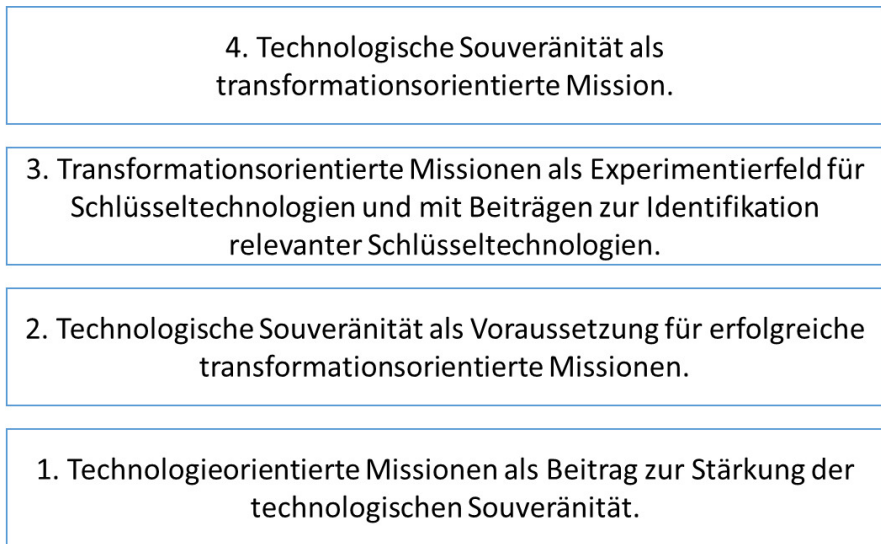


Abb. 2: Schnittstellen zwischen technologischer Souveränität und missionsorientierter Innovationspolitik
Quelle: eigene Darstellung

Verbesserung des Forecasting, als auch soziale Innovationen insbesondere für die Zusammenarbeit in umfangreichen und zugleich variablen Akteurskonstellationen entlang des Technologielebenszyklus.

Somit ist der Aufbau eines technologiesouveränitätsorientierten Innovationsmechanismus vielleicht die eigentliche Mission, was zur vierten These in Abbildung 2 führt. So formuliert die »Zukunftsstrategie Forschung und Innovation« der Bundesregierung vom Februar 2023 eine Mission zur technologischen und digitalen Souveränität.

Literatur

- Albert, T.; Moehrle, M. G.; Meyer, S. (2015): Technology maturity assessment based on blog analysis. In: *Technological Forecasting and Social Change*, Band 92, S. 196–209.
- Allison, G.; Klyman, K.; Barbesino, K.; Yen, H. (2021): *The Great Tech Rivalry: China vs the U.S.* Cambridge, MA: Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School.
- Anderson, P.; Tushman, M. L. (1990): Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change. In: *Administrative Science Quarterly*, Band 35, S. 604–633.

- Bergek, A. et al. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. In: *Research Policy*, Band 37, S. 407–429.
- Bitkom (2022): Kriterien zur Identifikation von digitalen Schlüsseltechnologien. Berlin: Bitkom e. V.
- BMBF (2021): Technologisch souverän die Zukunft gestalten. BMBF-Impulspapier zur technologischen Souveränität. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Bresnahan, T. F. (2010): General purpose technologies. In: *Handbook of the Economics of Innovation*. S. l.: Elsevier, S. 761–791.
- Congleton, R. D.; Grofman, B.; Voigt, S. (2019): *The Oxford Handbook of Public Choice*. New York: Oxford University Press.
- Congleton, R. D.; Hillman, A. L.; Konrad, K. A. (2008): 40 Years of Research on Rent Seeking 2. Applications: Rent Seeking in Practice. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Crespi, F.; Caravella, S.; Menghini, M.; Salvatori, C. (2021): European Technological Sovereignty: An Emerging Framework for Policy Strategy. In: *Intereconomics* 56(6).
- Darnis, J.-P. (2020): A COVID-19 Moment for Technological Sovereignty in Europe? Rome: Istituto Affari Internazionali.
- Edler, J. et al. (2020): Technologiesouveränität. Von der Forderung zum Konzept. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Edler, J.; Blind, K.; Kroll, H.; Schubert, T. (2021): Technology Sovereignty as an Emerging Frame for Innovation Policy – Defining Rationales, Ends and Means. In: *Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis*, No. 70.
- EFI (2022): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022. Berlin: EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation.
- European Commission (2009): Preparing for our future: Developing a common strategy for key enabling technologies in the EU. Brussels: s. n.
- European Commission (2012): A European strategy for Key Enabling Technologies – A bridge to growth and jobs. Brussels: s. n.
- European Commission (2018): Re-finding Industry. Defining Innovation. Report of the independent High Level Group on industrial technologies. Brussels: s. n.
- Hekkert, M. P. et al. (2007): Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. In: *Technological Forecasting & Social Change*, Band 74, S. 413–423.
- Janssen, M. J.; Torrens, J.; Wanzenböck, I.; Wesseling, J. H. (2021): The promises and premises of mission-oriented innovation policy – A reflection and ways forward. In: *Science and Public Policy* 48(3), S. 438–444.
- Kapoor, R.; McGrath, P. J. (2014): Unmasking the interplay between technology evolution and R&D collaboration: Evidence from the global semiconductor manufacturing industry, 1990–2010. In: *Research Policy*, Band 43, S. 555–569.
- Kroll, H. et al. (2022): Schlüsseltechnologien. In: *Studien zum deutschen Innovationssystem*, Issue 7–2022.
- Lee, C. (2021): A review of data analytics in technological forecasting. In: *Technological Forecasting and Social Change*, Band 166, S. 120646.
- Lee, C.; Kwon, O.; Kim, M.; Kwon, D. (2018): Early identification of emerging technologies: A machine learning approach using multiple patent indicators. In: *Technological Forecasting and Social Change*, Band 127, S. 291–303.

- March, C.; Schieferdecker, I. (2021): Technological Sovereignty as Ability, Not Autarky. In: *CESifo Working Paper*, No. 9139.
- Markard, J. (2020): The life cycle of technological innovation systems. In: *Technological Forecasting and Social Change*, Band 153, S. 119407.
- Maurer, T.; Morgus, R.; Skierka, I.; Hohman, M. (2014): *Technological Sovereignty: Missing the Point?* Berlin: Global Public Policy Institute.
- Mazzucato, M. (2021): *Mission Economy: A Moonshot Guide to Changing Capitalism*. S. I.: Allen Lane.
- Miles, I. (2010): The development of technology foresight: A review. In: *Technological Forecasting & Social Change*, Band 77, S. 1448–1456.
- Rotolo, D.; Hicks, D.; Martin, B. R. (2015): What is an emerging technology? In: *Research Policy* 44(10), S. 1827–1843.
- Schieferdecker, I.; March, C. (2020): Digitale Innovationen und Technologiesouveränität. In: *Wirtschaftsdienst*, Band 100, S. 30–35.
- Tassey, G. (2005): Underinvestment in Public Good Technologies. In: *Journal of Technology Transfer* 30(1/2), S. 89–113.
- van der Pol, J.; Rameshkoumar, J.-P.; (2018): The co-evolution of knowledge and collaboration networks: the role of the technology life-cycle. In: *Scientometrics*, Band 114, S. 307–323.
- von der Leyen, U. (2020): Europas »technologische Souveränität«. *Handelsblatt*, 19.02.
- Wanzenböck, I.; Wesseling, J. H. F. K.; Hekkert, M. P.; Weber, K. M. (2020): A framework for mission-oriented innovation policy: Alternative pathways through the problem-solution space. In: *Science and Public Policy* 47(4), S. 474–489.
- Weyerstraß, K. et al. (2021): *Globalisation – Quo Vadis? Economic, supply and technological sovereignty*. Vienna: AIT.
- White House (2020): *National Strategy on Critical and Emerging Technologies*. Washington D.C.: United States White House Office.
- Wittmann, F. et al. (2021): Governign varieties of misison-oriented innovation policies: A new ty-pology. In: *Science and Public Policy*, Band 48, S. 727–738.
- Zenglein, M. J.; Holzmann, A. (2019): *Evolving Made in China 2025. China's industrial policy in the quest for global tech leadership*. Berlin: MERICS Mercator Institute for China Studies.