

Transformation des Innovationssystems: Neue Anforderungen an die Innovationspolitik

Alfons Botthof¹, Jakob Edler², Katrin Hahn³,
Hartmut Hirsch-Kreinsen⁴, Matthias Weber⁵, Jan Wessels¹

¹ [Institut für Innovation und Technik](#), VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

² [Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI / Manchester Institute of Innovation Research](#),
University of Manchester

³ [Munich Center for Technology in Society](#), Technische Universität München

⁴ [Sozialwissenschaftliche Fakultät und Sozialforschungsstelle](#) der Technischen Universität Dortmund,

⁵ [Center for Innovation Systems & Policy](#), AIT Austrian Institute of Technology / [LISIS](#), Université Gustave Eiffel

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Das Innovationssystem im Wandel: Triebkräfte und Dynamiken	2
2.1	Interdisziplinarität und die Erosion von Sektorgrenzen	2
2.2	Neue einflussreiche Akteure in entstehenden und etablierten Sektoren.....	3
2.3	Neue Innovationsstrategien der Unternehmen.....	4
2.4	Wandel der Koordinationsmechanismen und Systemöffnung	5
2.5	Internationalisierung	6
2.6	Neuorientierung der Forschungs- und Innovationspolitik	7
2.7	Die Neupositionierung des Bildungssystems	10
2.8	Das Wissenschaftssystem unter wachsendem Leistungs- und Rechtfertigungsdruck.....	12
3	Zwischenresümee: Ein Paradigmenwechsel hin zu agilen und transformativen Innovationsökosystemen?	14
4	Governance-Anforderungen in einem gewandelten Innovationssystem	17
4.1	Grundanforderungen an die Governance von agilen und transformativen Innovationsökosystemen.....	17
4.2	Innovationspolitische Governance-Aufgaben auf nationalstaatlicher Ebene	19
5	Konzeptionelle Desiderata: Innovationssysteme neu denken	21
5.1	Innovationssysteme als analytisches Konzept	21
5.2	Innovationssysteme als politisch-normatives Konzept	23
	Referenzen	26

1 Einleitung

Die Bedingungen und Verlaufsformen von Innovationen haben sich in den letzten Jahren deutlich gewandelt. Stichworte sind hier veränderte Innovationsstrategien von Unternehmen, "offene" Innovationsmodelle, steigende Anforderungen an Geschwindigkeit und Agilität von Innovationsprozessen, globale Kooperation und insbesondere der zentrale Fokus auf digitale Technologien. Gleichzeitig haben sich die gesellschaftlichen Anforderungen an den Problemlösungsbeitrag des Innovationssystems – Stichwort Sustainable Development Goals – massiv erhöht. Eine politische Reaktion auf diese vielfältigen Veränderungen kann der Wandel der Innovationspolitik hin zu einer "Missionsorientierung" gelten. Innovationspolitik weitet ihren Wirkungsbereich zunehmend aus, von einer Politik für Innovationen zu einer Politik, die auf Innovationen ausgerichtet ist und die gesellschaftlich gewünschten Wirkungen dieser Innovation zum Ausgangspunkt nimmt. Damit werden deutlich mehr Politikfelder, institutionelle Regelungen und Akteure Teil des Innovationssystems (IS) als zuvor. Schließlich wirkt aktuell die COVID-19-Pandemie als externe Schock und Trendverstärker. Die mittel- und langfristigen Auswirkungen der sich insgesamt deutlich erhöhenden gesellschaftlichen und politischen Anforderungen an unser Innovationssystem sind bislang nur zu erahnen. Die generelle Folge dieser Entwicklungen ist, dass das eingespielte nationale IS und dessen etablierte innovationspolitische Strategien durch das Zusammenwirken von sozio-technischen Dynamiken und gesellschaftlichen Anforderungen zunehmend unter Transformationsdruck geraten sind. Dieser Druck wird sich absehbar weiter beschleunigen.

Das nachfolgende Papier greift diese Entwicklungstrends auf (Kap. 2). Nach einem Zwischenresümee (Kap. 3) werden daraus die möglichen Konsequenzen für die Innovationspolitik abgeleitet (Kap. 4). Wir diskutieren die Frage, wie die Innovationspolitik zukünftig auf die anstehenden Steuerungsherausforderungen angemessen reagieren kann. Abschließend (Kap. 5) werden mit einer verstärkt konzeptionellen Perspektive Konsequenzen dieser Entwicklung ausgeführt. Neben der Diskussion neuer innovationspolitischer Ausrichtung zielen wir als Grundlage dafür auf die Entwicklung eines neuen konzeptionellen Verständnisses von IS ab.

Unsere Analyse zeigt gravierende soziale, ökonomische und technologische Spannungsfelder, die ineinander verwoben sind und deren Bewältigung ein durchgreifendes und systemisches Handeln erfordern. Um diese tiefgreifenden Herausforderungen politisch anzugehen und insbesondere Forschungs- und Innovationspolitik neu auszurichten, müssen die säkularen Veränderungen des Innovationssystems systematisch beleuchtet und konzeptionell neu unterfüttert werden. Dazu will unser Papier beitragen. Es ist das Ergebnis eines gut einjährigen Diskussionsprozesses über innovationspolitische Herausforderungen und Debatten, in die die Autoren/in kontinuierlich involviert sind. Den

Fokus haben wir dabei bewusst auf das deutsche Innovationssystem gelegt, ohne dabei den Blick auf die internationalen Entwicklungen insbesondere in den europäischen Mitgliedsstaaten zu verlieren.

2 Das Innovationssystem im Wandel: Triebkräfte und Dynamiken

2.1 Interdisziplinarität und die Erosion von Sektorgrenzen

Das deutsche IS ist geprägt durch starke und über lange Jahre etablierte sektorale und branchenspezifische Kooperationsbeziehungen. Gegenwärtig öffnen sich diese Strukturen, getrieben insbesondere durch die Adaption digitaler Technologien bspw. in der Produktion. Sektorgrenzen verschwimmen, neue Kooperationsbeziehungen entstehen. Ein besonderes Merkmal digitaler Innovationen ist dabei ihre unabdingbare Interdisziplinarität und in Teilen sogar Transdisziplinarität. Die Öffnung etablierter Sektoren für digitale Technologien bringt neue Wissensquellen und Anwendungsfelder mit sich. Die Charakterisierung digitaler Technologien als "General Purpose" bedeutet für Innovationen und die konkrete Anwendung stets auch Vernetzung mit spezifischen Wissensdomänen. Im Vordergrund stehen dabei insbesondere Wissen, Prozesse und Technologien des jeweiligen Anwendungsfeldes, ganz gleich, ob es sich dabei um den Industrie- oder Dienstleistungssektor handelt. Erforderlich ist daher ein systematisches Überschreiten disziplinärer und sektoraler Grenzen bei der Wissenserzeugung und Genese von Innovationen. Konkret sind neben Ingenieurwissenschaften und Informatik vor allem breit gestreute Anwendererfahrungen und wissenschaftliche Expertise in Hinblick z.B. auf soziale, ökologische oder rechtliche Implikationen einer Innovation gefragt.

Gleichzeitig wird Interdisziplinarität im Zusammenspiel mit transdisziplinären Elementen das Potenzial zugesprochen, komplexe Probleme, sog. Grand Challenges, bearbeiten zu können. Dieses Potenzial betrifft exemplarisch die Bewältigung der Herausforderungen von Pandemien wie aktuell der COVID-19-Pandemie. Wie in der laufenden Debatte hierzu immer wieder betont, sind die hierfür erforderlichen medizinischen wie aber auch sozialen Innovationen allein auf der Basis einer systematischen interdisziplinären Vorgehensweise erfolgversprechend (zusammenfassend z.B. Kortmann und Schulze 2020). Schließlich wird davon ausgegangen, dass interdisziplinäre Forschung das Entstehen grundlegender Neuerungen fördert, die oftmals an der Grenze zwischen Disziplinen entstehen. Sie schafft ungewöhnliche und überraschende Anschlüsse zwischen bisher unverbundenen Wissensbeständen, die besonders kreative Ergebnisse fördern können. Das Zusammenführen diverser Innovationsperspektiven, so die Annahme, lässt vollständig neue Wissenschaftsfelder entstehen, die Impulse für die Weiterentwicklung der Wissenschaft geben.

2.2 Neue einflussreiche Akteure in entstehenden und etablierten Sektoren

Mit Blick auf die Akteure des IS beobachten wir eine Positionsverschiebung verschiedener Akteursgruppen, die auch die bisherige Vormachtstellung von IngenieurInnen infrage stellt. Bislang waren im deutschen IS vor allem die Ingenieurwissenschaften – in enger Kooperation mit Unternehmen aus den verschiedenen industriellen Sektoren – die einflussreichsten Akteure. Diese herausgehobene Position wird seit einiger Zeit durch die informatikaffine Industrie 4.0-Vision infrage gestellt. Es entsteht eine paradoxe Situation: Zwar haben die Ingenieurwissenschaften insbesondere für den industriellen Sektor seit langer Zeit die Entwicklung IT-basierter produktionstechnologischer Systeme vorangetrieben, es gelang jedoch erst mit dem stark von Informatikern geprägten Konzept der Industrie 4.0, eine hohe politische und öffentliche Aufmerksamkeit zu gewinnen. Es zeichnet sich daher ab, dass sowohl der Innovationsdiskurs als auch die Zielsetzungen und Entwicklungsperspektiven des Innovationssystems zunehmend informatikgetrieben sein werden.

Dies wird von der aktuellen Situation der COVID-19-Pandemie beschleunigt. Denn fraglos erfährt die Digitalisierung der Gesellschaft gegenwärtig einen deutlichen Schub, der auf einer Vielzahl neuer technologischer Lösungen basiert. Zugleich aber gewinnen in diesem Kontext im IS bislang nachgeordnete Wissenschaftsdisziplinen und Branchen wie Medizin, Pharma und das Gesundheitswesen massiv an Bedeutung.

Konsequenz ist, dass die Erweiterung der Wissensquellen und Anwendungsbezüge notwendigerweise die Beteiligung einer wachsenden Zahl heterogener Akteure aus unterschiedlichen Domänen an Innovationsprozessen impliziert (siehe auch Warnke et. al. 2016). Dabei sollte es sich eben nicht nur um wissenschaftliche ExpertInnen einer immer größeren Zahl von Disziplinen, um VertreterInnen internationaler Unternehmen und kleiner Start-ups sowie um forschungspolitische Akteure handeln, sondern auch und verstärkt um BeraterInnen und Intermediäre etwa aus Verbänden und regionalen bzw. kommunalen Einrichtungen sowie um VertreterInnen der Zivilgesellschaft. Wie schon vor langer Zeit vorausschauend prognostiziert, würde sich damit die Zahl der sozialen Orte, an denen Wissen produziert wird und die im Verlauf von Innovationen miteinander abgestimmt und koordiniert werden müssen, deutlich verstärken (vgl. Bender 2005; Gibbons et al. 1994). Diese Ausweitung des Kreises von Akteuren lässt sich in Deutschland zwar bereits in Ansätzen beobachten, steht aber vermutlich erst am Anfang einer breiteren Entfaltung.

2.3 Neue Innovationsstrategien der Unternehmen

Getrieben wird dieser Systemwandel sehr stark von neuen offenen und agilen Innovationsstrategien der Unternehmen. Das hier viel diskutierte Stichwort zur Charakterisierung eines Strategiewechsels ist *Open Innovation* (West et al. 2014). Der Begriff bezeichnet bekanntlich die Öffnung von vormalig organisationsinternen Innovationsprozessen nach außen. Ziel ist eine aktive unternehmensstrategische Nutzung externer Wissensquellen zur Vergrößerung des Innovationspotenzials und zur Stimulierung neuer und vor allem auch radikaler Innovationen und ihrer erfolgreichen Vermarktung. Open Innovation ist damit untrennbar mit der oben beschriebenen Auflösung von tradierten Wertschöpfungs- und Innovationsmuster verbunden. Sie ist ein Ausdruck von und Katalysator für die genannte Aufweichung bisheriger sektoraler und disziplinärer Strukturierung des IS, an deren Stelle eine neue Vielfalt von Vernetzungen und Wissensaustausch treten. Es findet eine Verlagerung der Erzeugung von Wissen und Innovationen aus disziplinär und sektoral bestimmten Kontexten in breiter definierte ökonomische und soziale Zusammenhänge statt. Innovationsbeziehungen orientieren sich immer weniger an sektoralen und tradierten produktbezogenen Grenzen. Unstrittig ist dabei der anhaltende Trend zu kürzeren Innovationszyklen, der durch volatile Märkte, neue Designmethoden und Prozesse (SCRUM etc.) getrieben wird. In der Folge führt diese Restrukturierung von Innovationsnetzwerken zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und damit auch zu einer Restrukturierung von Wertschöpfungsketten. Bezogen auf den industriellen Sektor lässt sich diese Tendenz vor allem an neuen Strategien einer Ausweitung bisheriger produktbezogener Innovation um damit verknüpfte Dienstleistungsfunktionen festmachen.¹

Insbesondere digitale, auf Big Data und Künstliche Intelligenz basierende Technologien eröffnen eine Reihe von neuen Geschäftsmodellen, die Hardware, Software, Organisationen und Menschen auf neuartige Weise zueinander in Beziehung setzen, damit herkömmliche Sektorgrenzen und Wertschöpfungsstrukturen umwälzen und auch für die Innovationspolitik neue Herausforderungen darstellen. Ein Beispiel für die tiefgreifenden Effekte ist der Automobilsektor. Der absehbare Wandel zu Angeboten innovativer, flexibler und effizienter individueller Mobilitätsdienstleistungen ergänzt das Angebot des Automobilsektors an Hardwareprodukten (Autos) und eröffnet neue Geschäftsmodelle. Gleichzeitig drängen neue Konzerne wie Uber, Google, Apple, Amazon oder Carsharing-Anbieter als neue Spieler in den Markt für Individualverkehr. Traditionelle Automobilhersteller konkurrieren mit diesen neuen Akteuren zunehmend sowohl auf dem Produktmarkt als auch um die Dienstleistung individuelle Mobilität. Die Herausforderungen für

¹ Zu eher skeptischen Befunden über neue Innovationsstrategien vgl. ein aktuell abgeschlossenes EU-Projekt: <http://www.iit-project.eu/project-overview/>

die Generierung von Innovation, als Verknüpfung von Dienstleistung, Big Data und Hardware sind ebenso offensichtlich wie die Herausforderung für das Hardware- und Sektorbasierte Innovationsmodell Deutschland im neuartigen globalen, sektortranszendierenden Wettbewerb um Wertschöpfung. Innovationspolitik wird – gewollt oder nicht – unweigerlich zur Industriepolitik.

Offen sind in diesem Kontext die Effekte der COVID-19-Pandemie auf die Ausrichtung, Struktur und Dynamik des Innovationssystems. Zu fragen ist, inwieweit die ökonomischen Restriktionen, ein abgeschwächtes Produktivitätswachstum und die in vielen Fällen erkennbare Kürzung der FuE-Budgets zu einer Abschwächung der unternehmensgetriebenen Innovationsdynamik führen (hierzu zuletzt Wessels 2020). Einiges spricht dafür, dass sich die Effekte je nach Branchen und Regionen unterscheiden und sowohl Gewinner wie auch Verlierer aus dieser Krise hervorgehen. Zudem kann angenommen werden, dass sich die aktuelle Krise vor allem auch negativ auf die Start-up-Situation und das Gründungsgeschehen auswirken, da junge Unternehmen häufig nicht über die notwendigen Rücklagen verfügen, um eine Krise ungewisser Dauer zu überstehen (Dachs und Peters 2020). Weiterhin könnten sehr ungleiche positive bzw. negative Folgen je nach Digitalisierungsgrad und Innovationsorientierung der Unternehmen die Diffusion von Innovationen weiter erschweren, da insbesondere "frontier firms" (Andrews et al. 2015) die Krise besser überstehen dürften.

2.4 Wandel der Koordinationsmechanismen und Systemöffnung

In Folge der veränderten Innovationsbezüge deutet eine ganze Reihe von Evidenzen auf einen *Wandel der Koordinationsmechanismen der relevanten Akteure* hin, insbesondere zwischen den beteiligten Unternehmen und innerhalb der Wertschöpfungsnetzwerke. Im Zuge der Durchsetzung von Strategien der Open Innovation (s.o.) und der zunehmenden Bedeutung horizontaler IT-basierter Technologien insbesondere bei technologieintensiven, größeren Unternehmen werden die bisherigen organisationalen Netzwerkbeziehungen und eingespielten Hersteller-Anwender-Relationen zunehmend durch digital gestützte Koordinationsmodi wie internet- bzw. plattformgestützte Interaktionsprozesse ergänzt und erweitert. Die COVID-19-Pandemie wirkt hier als Trendverstärker. Einerseits beschleunigt sie Digitalisierungsprozesse über praktisch alle Branchen (wie auch gesellschaftliche Bereiche) hinweg, andererseits könnte sie bereits stark digitalisierten Unternehmen und ihren Netzwerken einen zusätzlichen Wettbewerbsvorteil bieten und damit die Heterogenität der Unternehmenslandschaft in "superstar firms" und laggards weiter verstärken (Bertschek 2020).

Dieser Wandel wird neuerdings in der einschlägigen Forschung und Politik unter Bezugnahme auf das Konzept der *Innovation Ecosystems (IES)* diskutiert (Thomas und Autio 2020). Angesichts der Heterogenität des Konzepts bezeichnen wir damit den Übergang von einem eingespielten und strukturierten IS hin zu einem flexiblen, relativ unstrukturierten Innovationsmuster, dessen Kommunikations- und Interaktionsprozesse digital ermöglicht und gestützt werden sowie zu einer deutlichen Erweiterung der Anzahl der an Innovationen beteiligten Partnern aus unterschiedlichsten Sektoren und "Milieus" führen. Verschiedentlich wird von einer Tendenz zur digitalen Enträumlichung des Wissensaustauschs im IES gesprochen, und zwar in doppelter Hinsicht:

- Zum einen wird ein IES als quer liegend zu den bisherigen regionalen, sektoralen oder nationalen Systemgrenzen angesehen. Es umfasst die unterschiedlichsten Kooperations- und Interaktionsmuster. Häufig bildet sich in IES auch eine spezifische interdisziplinäre und offene Innovationskultur heraus. Dieser Zusammenhang wird als eine der zentralen Voraussetzungen für flexible, schnelle und disruptive Innovationen angesehen.
- Zum anderen sind Innovationen eng mit gewandelten Agglomerationseffekten verknüpft, die u.U. regionale Disparitäten verstärken können. Städte dienen dabei als "Integratoren" der vielfältigen Möglichkeiten von und Einflüsse auf Innovation. Gesprochen werden kann von einer Urbanisierung von Innovationspolitik, zumindest als komplementäres Element. Städte werden zunehmend als Räume multipler lokaler Systemtransformation begriffen (z.B. Gornig et al. 2018).

2.5 Internationalisierung

Mit dieser Tendenz zur Öffnung bisheriger primär national basierter, strukturierter Kooperationsmuster ist die Verstärkung der ohnehin seit längerem beobachtbaren und viel diskutierten Internationalisierung (bzw. Transnationalisierung) des IS verbunden. Die generellen Internationalisierungsstrategien der Unternehmen wie auch der Wissenschaft werden nun verstärkt und erleichtert durch die digitalen Medien, die zu einer Virtualisierung von Austausch- und Kooperationsbeziehungen in länderübergreifenden Netzwerken führen. Zudem spielt sich die Entwicklung und Diffusion digitaler Technologien unmittelbar im globalen Maßstab ab. Insbesondere technologie- und wissensintensive Unternehmen, aber auch entsprechende Startups nutzen bekanntlich diese neuen Möglichkeiten strategisch, z.B. um die Internationalisierung ihrer Full-Aktivitäten zu verstärken. Das heißt, es bilden sich gerade auch im internationalen Maßstab neue Innovationsbeziehungen heraus, die die bisherigen Innovationsmuster erodieren lassen und vielfältige Optionen für weitreichende Innovationen ermöglichen (sollen). So wird beispielsweise im Kontext der KI-Entwicklung die Schaffung eines hierauf ausgerichteten, europäischen Ecosystems diskutiert (European Commission 2020). Diese neuen internationalisierten Beziehungen können einerseits einen ausgesprochenen transnationalen Charakter haben, andererseits

können sie aber auch (im globalen Maßstab) eine regionale Clusterbildung "unterhalb" der jeweils bestehenden, vor allem nationalen Ebene verstärken und auf diesem Wege zu einem weiter ausdifferenzierten Mehrebenensystem der Innovation führen.

Ein schon etwas länger laufender gegenläufiger Trend verstärkt sich aktuell in der COVID-19-Pandemie. Unter dem Stichwort Resilienz von Wertschöpfungsketten und der Sicherung von Versorgung mit medizinischen Gütern werden national orientierte Produktions- und Innovationsstrategien breiter diskutiert und auch politisch eingefordert. Sie werden dabei mit der bereits zuvor aufgrund wachsender technologischer Rivalitäten insb. zwischen den USA und China geführten Diskussion um nationale (bzw. EU-bezogene) technologische Souveränität zusammengeführt (Edler et al. 2020). Noch ist nicht absehbar, ob und in welcher Form sich hier innovations- und technologiepolitisch strukturelle Re-Nationalisierungstendenzen abzeichnen. Diese Entwicklungen verstärken ohne Frage die schon seit längerem vorgebrachten Argumente einer wieder verstärkten nationalen Orientierung der Wirtschafts- und Industriepolitik.

2.6 Neuorientierung der Forschungs- und Innovationspolitik

In Wechselwirkung mit diesen Trends steht ein erkennbarer Wandel der öffentlichen Forschungs- und Innovationspolitik auf ihren verschiedensten Ebenen. Die in Deutschland traditionell vorherrschende Ful-Politik kann gängigen Kategorien folgend als "diffusionsorientiert" verstanden werden. Sie richtet sich größtenteils auf eine Förderung gegebener industrieller Strukturen und unspezifisch auf die Unterstützung der industriellen Innovationsfähigkeit, ohne Innovationen in eine bestimmte Richtung lenken zu wollen und Ressourcen auf einige wenige ausgewählte Spitzentechnologien zu konzentrieren.

Zu beobachten ist nun ein gesellschaftspolitisch erweitertes Verständnis von Innovationen: Der Begriff Innovation entwickelt sich von einem primär auf wirtschaftliche Entwicklung ausgerichteten Konzept zu einem, das Veränderung in der Gesellschaft und das Lösen gesellschaftlich formulierter Probleme umfasst (Systeminnovationen). Wie insbesondere die Semantik des Digitalisierungsdiskurses deutlich macht, werden mit Innovation vor allem auch Lösungsmöglichkeiten drängender gesellschaftspolitischer Herausforderungen verknüpft. Die Erwartungen beschränken sich nicht allein auf technologische Perspektiven, vielmehr werden zugleich explizit gesellschaftliche Zukunftsperspektiven formuliert. Adressiert werden in der Regel ungebrochene Wachstums- und Fortschrittsperspektiven. Auf Grund dieses Nexus von technologischen Potenzialen und positiv konnotiertem gesellschaftlichen Wandel sind Innovationen weit mehr als nur ein technologisches "Expectation Statement", vielmehr wird mit neuen Technologien eine weit in die Zukunft weisende gesellschaftliche Perspektive verbunden (z.B. BMWI 2015).

Mit dieser erweiterten gesellschaftlichen Perspektive verbinden sich jedoch zugleich auch neue, politikfeldspezifische Zielkonflikte der Innovationspolitik (z.B. Wachstum vs. Nachhaltigkeit). In jedem Fall aber erfordert dieses breitere Innovationskonzept eine Komplementarität technologischer, sozialer, organisatorischer und institutioneller Innovationen. Die überraschende forschungspolitische Konjunktur des Begriffs der "Sozialen Innovation" ist hierfür hinreichendes Indiz (Hightech Forum 2019).

Das veränderte Innovationsverständnis wurde inzwischen auch in politisches Handeln übersetzt. Bereits Mitte des letzten Jahrzehnts fand mit der Etablierung der "Hightech-Strategie" (BMBF) eine deutliche Neuorientierung der Ful-Politik statt. Dieser Politikwechsel kann vereinfacht als "missionsorientiert" charakterisiert werden. Damit findet eine Konzentration auf wenige Bereiche statt, die sich entweder auf innovationspolitisch als zukunftsweisend erachtete Wissens- und Technologiebereiche beziehen oder gesellschaftliche Zukunftsherausforderungen adressieren, für deren Bewältigung von Ful wesentliche Beiträge erwartet werden. Mit anderen Worten, es werden explizit Schwerpunkte der Ful-Politik definiert und festgeschrieben. Diese Schwerpunkte ergeben sich aus dem Beitrag dieser Wissens- und Technologiebereiche zur Verfolgung der verschiedenen definierten Missionen, welche von übergreifenden gesellschaftlichen Zielen (Kampf dem Krebs) über industriepolitische Ziele (Industrie 4.0) bis hin zu sehr konkreten gesellschaftlichen Funktionen reichen können (elektronische Patientenakte, digitale Medizin) (BMBF 2018). Aktuell kommt COVID-19-bedingt ein massiver Fokus auf Gesundheitsthemen hinzu, der in größerem Maßstab Forschungsressourcen umleitet. Begleitet wird dieser Effekt durch eine Bündelung vieler Mittel auf die Zieldimensionen Klimaschutz und Nachhaltigkeit, um die zusätzlichen Ressourcen des Krisenmanagements für eine systemische Umsteuerung zu nutzen.

Die Argumentationsmuster, die dieser Neuorientierung zugrunde liegen, gehen deutlich über jene der früheren Jahre hinaus. So sollen nicht mehr nur ausgewählte Technologiebereiche angesprochen werden, in denen Deutschland schon eine hohe Forschungskompetenz und einen Entwicklungsvorsprung aufweist, bzw. neue Technologiefelder mit ihren Wertschöpfungspotenzialen adressiert werden (vgl. EFI 2010: 22), sondern es sollen explizit Systeminnovationen angestoßen und damit Systemtransformationen ermöglicht werden. Einher gehen hiermit mehr oder minder ausgeprägt systemtransformierende Ambitionen dieser missionsorientierten Programme, die aber nur im Zusammenspiel mit sektoralen Politikstrategien eingelöst werden können. Dieser gesteigerte Anspruch lässt sich beispielsweise an den zwölf in der aktuellen Hightech-Strategie definierten Missionen ablesen, die in Zusammenarbeit zwischen BMBF und anderen Ministerien adressiert werden sollen.

Zu diesem höheren Anspruch an Innovationspolitik passt auch die wachsende Aufmerksamkeit, die dem Faktor Zeit beigemessen wird ("time matters"): Scaling, Agilität, Diffusion, Transfer und Generalisierung von Innovationen sind entscheidend für den Innovationserfolg (z.B. ten Hompel et al. 2019). Die Bedeutung von Zeit und Beschleunigung wurde nicht zuletzt auch durch die COVID-19-Pandemie deutlich. Anders formuliert, der Staat soll zunehmend die Rolle eines "Innovationstreibers" übernehmen; die Gründung der "Agentur für Sprunginnovation" ist hierfür ein deutlicher Beleg.² Wie zudem in verschiedenen Strategiepapieren der Bundesregierung ausgeführt wird, sollte diese Fokussierung zugleich begleitet werden von einer Ausweitung des Akteurskreises der am Innovationsdiskurs und entsprechender Forschungsaktivitäten Beteiligten auf die Zivilgesellschaft (vgl. Abschnitt 2.2).

Auch der verstärkt formulierte Bedarf nach mehr Agilität des staatlichen FuE-Handelns (z.B. Hightech-Forum 2020) wird aktuell durch die COVID-19-Pandemie noch einmal intensiver. Einerseits sollen so krisenbedingte Reibungsverluste kompensiert werden, zum Beispiel in einer Verschlankung von Förderprozessen. Andererseits sollen so dringend benötigte wissenschaftlich-technische Lösungen für die Krise – z.B. in der Impfstoffforschung oder auch der Forschung zur Digitalisierung von Lehr-/Lernprozessen – beschleunigt werden. Möglicherweise werden die hier in der Krise gewonnenen Erfahrungen dauerhaft eine Agilitätssteigerung des Gesamtsystems zugutekommen. Ergänzend wird eine aktivere Rolle des Staates eingefordert und – z.B. durch die Beteiligung an Unternehmen – auch bereits eingelöst.

Mit anderen Worten, es stellt sich die oben angesprochene Herausforderung, dass der Staat nicht mehr nur Rahmensetzer, sondern als "unternehmerischer Staat" (Mazzucato 2013) agieren sollte. Hierfür ist zum einen die Bereitschaft zum proaktiven, strategischen und normativen staatlichen Handeln gefragt. Zum zweiten ist die Fähigkeit zur strategischen Vorausschau unabdingbar. Vorausschau wird zentral für die Verständigung über Problemlagen, über den Status quo und über die Direktionalität von anzustoßenden Innovationen und Transformationen. Erst auf einer solchen Grundlage erscheint es möglich, wirksame kollektive Orientierungen zu formulieren, die die betroffenen Akteure resp. Stakeholder zu mobilisieren in der Lage sind.

In jüngster Zeit gewinnt eine explizit industriepolitische Strategiediskussion wachsendes Gewicht (BMW 2019). Eingedenk der wahrgenommenen und hier zum Teil beschriebenen Umwälzungen wird eine Politik angemahnt, die Kompetenzen, Kapazitäten und Wertschöpfung in Deutschland – und nur sekundär in Europa – auf Dauer sichern hilft.

² Eine einordnende konzeptionelle Besprechung des Ansatzes findet sich in Cuhls et al. 2019.

Dieser Diskurs erkennt zwar neue Innovationskonstellationen an, ist aber in ihrer Rationalität und Stoßrichtung traditionell, d.h. sie fokussiert auf Wettbewerbsfähigkeit, rekurriert trotz transnationaler Innovationsdynamiken verstärkt wieder auf nationale Bezugsmuster und verzichtet auf eine produktive Verknüpfung zur gesellschaftlich ambitionierten, missionsorientierten Innovationspolitik. Wie oben schon angesprochen (Kap. 2.5) gewinnt diese nationale Perspektive auf Produktion und Innovation durch die COVID-19-Pandemie an Dynamik. Einmal mehr spielt hier die vielfach als schmerzhaft empfundene Abhängigkeit von fragilen internationalen Wertschöpfungsketten eine Rolle, die in der Krise massiv gestört wurden. Unter dem Stichwort der Resilienz werden neue Argumentationsmuster sichtbar und eng mit der Diskussion um technologische Souveränität verwoben.

2.7 Die Neupositionierung des Bildungssystems

Wesentliche Basisfunktionen für das IS nimmt das Bildungssystem wahr. Es muss gewährleisten, dass funktionale wie extrafunktionale Kompetenzen über die primäre bis zur quartären Bildung in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft entwickelt werden. Forschungsfelder sind ebenso wie Wirtschaftsbereiche ständigen Veränderungen unterworfen, starke Treiber hierfür sind digitale Technologien. Das Bildungssystem ist daher gefordert, für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und die Leistungsfähigkeit der Wissenschaft neue Kompetenzprofile vorausschauend zu erkennen und zeitgerecht verfügbar zu machen. Dabei wird das Bildungssystem selbst durch die Anwendung digitaler Technologien in der Organisation sowie der methodischen und didaktischen Gestaltung von Lehr-/Lernprozesse innoviert. Die damit verbundenen Herausforderungen sind nicht neu, Versäumnisse und Defizite sind allerdings mit der COVID-19-Pandemie eklatant sichtbar geworden. Die nachfolgenden Schlaglichter beleuchten zentrale Anpassungs- und Veränderungsdynamiken, denen sich das Bildungssystem ausgesetzt sieht, um seiner Rolle des Kompetenzaufbaus zur Stärkung der Innovationsfähigkeit einer Gesellschaft gerecht zu werden (acatech et al. 2016; Botthof und Kriegesmann 2008; Wittpahl 2016).

Der – nicht nur in Bezug auf Digitalisierung – sehr dynamische technologische Fortschritt und insbesondere die damit einhergehende Notwendigkeit zum interdisziplinären und systemischen Denken erfordern eine beschleunigte Adaption von Wissensbeständen im Rahmen neuer Curricula und innovativer Transfer- und Transformationsprozesse. Digital literacy und soziale Kompetenzen erfahren in diesem Kontext nachhaltig eine steigende Bedeutung.

Damit ist die (digitale) Technologie zunächst Lehr- und Lerngegenstand, kann aber auch selbst für die Gestaltung von Wissenserwerbs- und -anwendungsprozesse methodisch und didaktisch zum Einsatz kommen. Die Herausforderungen der COVID-19-Pandemie

haben grundsätzliche Möglichkeiten und Beschränkungen digitaler Medien bei der Vermittlung und Aneignung von Kenntnissen und Kompetenzen deutlich werden lassen. Der erleichterte Zugang zu multimedialen Wissensbeständen im Internet, personalisierte Angebote an Lerngegenstände, neue Orte der Kompetenzvermittlung bis hin zur Enträumlichung und Virtualisierung von Lernprozessen sowie wissenschaftliche Weiterbildungsangebote auf gemeinsamen Plattformen³ werden weiter zur Reife entwickelt und können lebenslanges Lernen unterstützen.

KI-gestützte Verfahren im Bereich learning analytics ermöglichen neue Qualitäten in der Bildungsberatung, individualisiertes Lernen, automatisch anpassbare Curricula oder auch Vorhersagen von Lernerfolgen. Damit verbunden sind Fragen des Datenschutzes und gewollter Datennutzungen sowie ethische Debatten z.B. im Zusammenhang mit der Beobachtung von Lernverhalten und Erfolgsbewertung. Der Umgang mit diesen Fragen bestimmt die Einsatzpotenziale und Diffusion KI-gestützter Verfahren und entscheidet mit darüber, ob sie an Innovationsbarrieren scheitern.

Die Akteurskonstellationen des Bildungssystems werden sich verändern: Die demografische Entwicklung mit der Folge längerer Erwerbsbiografien und eines zunehmenden Fachkräftemangels einerseits und die kürzere Halbwertszeit des für Innovationen verwertbaren Wissens andererseits begründen die Notwendigkeit für Einzelpersonen und Unternehmen, in Weiterbildung und lebenslanges Lernen zu investieren. Im quartären, von privatwirtschaftlichen Akteuren getragenen Bildungssektor entwickeln sich neue datenbasierte Geschäftsmodelle zur Kompetenzentwicklung, die den Weiterbildungsbedarf der Wirtschaft flexibel und zeitnah aufgreifen. Diese Chancen werden neue Wettbewerber mit neuen Kompetenzprofilen und Geschäftsideen in den Bildungsmarkt führen. Defizite des staatlichen Bildungssystems im Primar-, Sekundar- und tertiären Bereich werden diese für eigene kommerzielle Angebote nutzen. In diesen neuen, von digitalen Medien geprägten Settings und damit möglicher Entkopplung von Lehr- und Lernprozessen von festen Zeiten und Orten wandeln sich Rollen und Kompetenzprofile von Institutionen und Lehrpersonal. In deren Ausbildungscurricula spiegeln sich neue Kompetenzerfordernisse allerdings bislang unzureichend wider.

Neben dem Aspekt der permanenten Kompetenzentwicklung hängt die Innovationsfähigkeit von Personen und Organisationen in hohem Maße auch von der grundsätzlichen Fähigkeit zur Identifikation und Bewertung wichtiger, sich durchaus auch außerhalb des gewohnten Suchraumes befindlicher Wissensgegenstände ab. Auch Kompetenzaufbau hierfür wie für die Aneignung, schnelle Transformation und Integration von Wissen durch

³ Deren Bildungsangebote müssen sich mit OER-Portalen (Open Educational Resources) messen lassen.

den industriellen Anwender ist zu gewährleisten, bzw. allgemein ausgedrückt durch transdisziplinäre Forschungsansätze, bei denen Systemwissen, Orientierungswissen und Transformationswissens integriert zum Tragen kommen.

Die Weiterentwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik kann die Interaktion zwischen den Akteuren der Wissenswertschöpfung erleichtern, neue Organisationsformen der Wertschöpfung wie "open innovation" oder crowd sourcing verstärken sowie das Bereitstellen von unmittelbar nutzbarem oder adaptierbarem Wissen in "Echtzeit" ermöglichen und dadurch Prozesse zur Kompetenzaneignung verändern. Dem Zeitverzug bei der Diffusion von Forschungsergebnissen in die Aus- und insbesondere Weiterbildung wird damit ansatzweise begegnet. Anzustreben ist allerdings eine frühzeitige und zügige Adaption neuer Wissens Elemente der Forschung in Ausbildung und berufs begleitende Weiterbildung bis hin zur unmittelbaren Nutzbarkeit am Arbeitsplatz. Digitale Technologien eröffnen hier neue Optionen für unmittelbarere Kompetenzaneignungs- und Transformationsprozesse (bspw. durch Remote-Zugriffe auf Forschungsdaten, -equipment und Simulationsmodelle in der Wissenschaft). Digitale Technologien erlauben eine Abkehr von einer sequenziellen Abfolge von der Wissenserzeugung über die Wissensaufbereitung letztendlich zur Wissensvermittlung hin zu einer Parallelität.

Schließlich erfordern gerade systemische Innovationen eine Diskurs- und Entscheidungsfähigkeit über Chancen und Risiken von Innovationen und ihrer Bedeutung für die Lösung sozioökonomischer Herausforderungen in der Gesellschaft. Das Bildungswesen als Teil des nationalen IS trägt hier eine Mitverantwortung für eine aufgeklärte Gesellschaft, die erst einen gemeinsamen Diskurs und breite Beteiligungsprozesse ermöglicht.

2.8 Das Wissenschaftssystem unter wachsendem Leistungs- und Rechtfertigungsdruck

Insgesamt zeichnet sich das deutsche Wissenschaftssystem im internationalen Vergleich durch eine hohe Binnendifferenzierung (Universitäten, Fachhochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Ressortforschungseinrichtungen) aus und hat diese strukturelle Eigenart über viele Jahre relativ konstant erhalten. Gleichwohl lassen sich aktuell gegenläufige Tendenzen einer weiteren Ausdifferenzierung (z.B. durch Exzellenzorientierung und Profilbildung) wie Angleichung (z.B. bei der Frage des Promotionsrechts) seiner Teilsysteme beobachten. Darüber hinaus wirken unterschiedliche Treiber auf das Wissenschaftssystem ein und verändern seine Position im gesamten IS.

Neben originär wissenschaftsimmanenten Zieldimensionen des Beitrags zum Erkenntnisfortschritt und zu Ausbildung von WissenschaftlerInnen und akademischen Berufsab-

schlüssen werden neue Erwartungen (Beitrag zur Stärkung der Gründungsdynamik, regionale Eingebundenheit, gesellschaftliche Wirkungen) an das Wissenschaftssystem gestellt, die z.B. unter dem Stichwort der "dritten Mission" zusammengefasst werden können. Der Ruf nach der dritten Mission kann auch als Indikator dafür verstanden werden, dass sich das Wissenschaftssystem immer weniger der stärker werdenden gesellschaftlichen und politischen Anforderungen erwehren kann, die seine, über die letzten Jahrzehnte genossene hohe Autonomie (und öffentliche Finanzierung) infrage stellen. Konkret sieht sich das Wissenschaftssystem mit stärkeren Regulierungs- und Steuerungsanforderungen konfrontiert, die sich in Zielvereinbarungen, Evaluationen und Rankings etc. ausdrücken. Hierin zeigt sich die weitere Ausdifferenzierung der unterschiedlichen Zieldimensionen, denen das Wissenschaftssystem gerecht werden soll.

Das deutsche Wissenschaftssystem sieht sich zugleich immer stärker auch in internationale Kontexte eingebettet, die z.B. die Konkurrenz um Spitzenwissenschaftler oder die Einwirkung europäischer Wissenschaftspolitik betreffen. Auch innerhalb des föderalen deutschen Wissenschaftssystems werden Veränderungstrends (zunehmende Rolle des Bundes) spürbar, die zu komplexeren Governance-Anforderungen führen. Den neuen Anforderungen steht eine prekärer werdende Ressourcenausstattung gegenüber. Die Akademisierung der Bildung und eine kritische Finanzierungssituation haben das Wissenschaftssystem zum Teil an Leistungsgrenzen gebracht und seine Attraktivität für den wissenschaftlichen Nachwuchs beeinträchtigt. Mit Reformprozessen wie der Einführung von Tenure-Track-Optionen wird hier versucht gegenzusteuern.

Schließlich haben auch Digitalisierungseffekte erste Veränderungen im Wissenschaftssystem gezeitigt (neue Forschungsmethoden, Open Research Data/Forschungsdatenmanagement, digitale Hochschulbildung und Lehre, Diskussion um Open Access, Nutzung von Preprint-Servern etc.), die durch den Digitalisierungsschub der COVID-19-Pandemie weiter beschleunigt wurden. Im Moment werden diese Technologien insbesondere für eine Effizienzsteigerung eingesetzt. Inwiefern hier der Prozess der wissenschaftlichen Forschung selbst im Kern durch Digitalisierung verändert wird, ist heute nur in ersten Ansätzen abzusehen.

COVID-19-bedingt steht das Wissenschafts- und Bildungssystem derzeit und in Zukunft unter einem doppelten und zugleich widersprüchlichen Druck: zum einen nehmen die Erwartungen an und der Effizienzdruck auf die Leistungsfähigkeit des Wissenschaftssystems. Zum anderen ist das Vertrauen in die Wissenschaft und ihre Leistungsfähigkeit über die letzten Jahrzehnte (und zuletzt durch den Einbruch des Unvorhergesehenen der Pandemie) in vielerlei Hinsicht erschüttert worden. Insofern gerät gerade auch Wissenschaft zunehmend unter Rechtfertigungsdruck und alte wissenschaftlich begründete kollektive Gewissheiten werden infrage gestellt (Münkler und Münkler 2020).

3 Zwischenresümee: Ein Paradigmenwechsel hin zu agilen und transformativen Innovationsökosystemen?

Die im vorangegangenen Kapitel skizzierten Entwicklungen zeichnen ein herausforderndes Bild, das die Dringlichkeit einer Weiterentwicklung des IS und der das IS beeinflussenden staatlichen Politik in Deutschland unterstreicht. Dabei lassen sich drei übergreifende Beobachtungen anstellen:

- **Wachsende Unübersichtlichkeit und Veränderungsdruck:** Die skizzierten Faktoren, die auf einen Wandel des IS drängen, sind das Ergebnis des Zusammenspiels unterschiedlicher und teils widersprüchlicher sozio-technischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Dynamiken und Entwicklungstrends. Diese Dynamiken und Veränderungen sind keineswegs abgeschlossen, sondern ein fortwährender Prozess. Dementsprechend sind auch ihre Effekte in Hinblick auf den Wandel des IS offen und führen zu einer Verunsicherung der Innovationsakteure.
- **Wachsende Spannungen zwischen Erneuerungs- und Beharrungskräften:** Digitalisierung und die wachsende Vielfalt von Full-Akteuren mit ihren jeweiligen Interessen und normativen Orientierungen führen zudem zu einer Vervielfältigung von Spannungsverhältnissen und möglichen Konfliktlinien. Neue Akteure verfolgen neue Innovationsziele und Entwicklungsperspektiven, wodurch zugleich etablierte Allianzen und Machtverhältnisse infrage gestellt werden. Die Chancen und Risiken dieser Entwicklungen sind ungleich verteilt und hängen sowohl von den Startbedingungen als auch von der Anpassungsfähigkeit der jeweiligen Akteure ab. Es ist absehbar, dass dies Gewinner ebenso hervorbringen wird wie Verlierer, die sich gegen den Wandel sträuben werden.
- **Höhere Anpassungsleistung des IS:** Angesichts dieser beiden übergreifenden Beobachtungen zeichnet sich ein steigender Bedarf an Anpassungsleistungen des IS ab, und dies bei absehbar knapper werdenden Budgets; eine Schere, die zudem durch COVID-19 immer weiter und schneller auseinandergeht. Diese Anpassung erfordert eine wechselseitige Abstimmung zwischen Institutionen und Akteuren des IS, – insbesondere im Hinblick auf die Digitalisierung von Unternehmen, Geschäftsmodellen und Wertschöpfungsketten sowie von gesellschaftlichen Bereichen, insbesondere aber des Wissenschafts- und Bildungssystems. Agilität auf Akteurs- und Systemebene, verstanden als Fähigkeit zur vorausschauenden Gestaltung aufgrund veränderter Umweltbedingungen wird damit zu einer zentralen Erfolgsbedingung. Gerade auf Systemebene sind aber auch gemeinsame Orientierungen und verlässliche Rahmenbedingungen erforderlich, um innovatives Handeln und eine kohärente Entwicklung des Innovationssystems zu ermöglichen.
- **Steigende Steuerungserwartungen an den Staat:** Damit zeichnen sich auch wachsende Steuerungs- und Leistungsanforderungen an den Staat ab. Diese manifestieren sich in Form eines stärkeren Einflusses auf unternehmerisches Handeln, z.B. durch thematisch-inhaltliche Prioritätensetzungen. Diese Entwicklung steht in einer

Wechselbeziehung mit den gesteigerten gesellschaftlichen Erwartungen an die Problemlösungsfähigkeit staatlicher Ful-Politik generell. Es zeigt sich somit ein erhöhter und erweiterter Koordinationsbedarf für die Ful-Politik. Konkret äußert sich dies in horizontaler (mit anderen Politikfeldern), vertikaler (mit Projektträgern) und zeitlicher (im Sinne der Synchronisation von Maßnahmen) Hinsicht, aber auch im Kontext des europäischen Mehr-Ebenen Systems und im Zusammenspiel mit einer wachsenden Vielfalt von Ful-Akteuren und Stakeholdern. Schließlich wird von staatlicher Seite ein Beitrag zur Stabilisierung der Kontextbedingungen für Ful erwartet, um die konstatierte Unübersichtlichkeit zumindest zu dämpfen und damit zuträgliche Bedingungen für Ful zu schaffen.

Verstärkt werden die meisten Entwicklungen durch die gegenwärtige COVID-19-Pandemie, und dies in vielfacher Hinsicht. Als "massiver externer Schock" (Wessels 2020) hat sie bereits zu einer gravierenden Umleitung von Ressourcenflüssen in Richtung des Gesundheitssystems geführt, sowohl als unmittelbare Reaktion auf den Schock als auch im Rahmen des mittelfristig angelegten Zukunftspakets der Bundesregierung. Dies kann aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass mittelfristig die erhebliche Verschuldung der öffentlichen Haushalte zu Verteilungskonflikten führen kann, mit potenziell negativen, aber schwer abschätzbaren Auswirkungen auf das Bildungs- und IS. Im Hinblick auf private FuE-Investitionen könnte die Krise zu einer Verknappung der verfügbaren Mittel führen, zumindest legen dies Erfahrungen aus früheren Krisen nahe. Die Reaktion des Staates auf COVID 19 wirkt auch verstärkend auf schon bestehende Tendenzen. So werden die Anpassungsleistungen des IS aufgrund der COVID-19 -Pandemie und deren Auswirkungen deutlich schneller erfolgen müssen, als noch vor einem Jahr zu erwarten war, dies macht Zeit und Agilität einmal mehr zu einem kritischen Faktor. Zudem wird die angesprochene globale Arbeitsteilung in der Generierung von Innovationen noch stärker als bisher von politischen Re-Nationalisierungsbestrebungen konterkariert.

Diese Spannungsverhältnisse und Veränderungsdynamiken können analytisch nicht durch das herkömmliche Konzept der (nationalen) Innovationssysteme erfasst und erklärt werden. Dynamische Betrachtungen sind unterbelichtet, Fragen der Natur von Direktionalität weitgehend ausgeklammert und Governance-Aspekte nur in Teilen berücksichtigt. Ebenso wird die Fokussierung auf den Nationalstaat und traditionelle Innovationsakteure den transnationalen und transdisziplinären Dynamiken im Innovationsgeschehen immer weniger gerecht, und schließlich ist die Bedeutung politischer Dynamiken, national und global, für das Politikfeld Ful Politik und ihre Rückwirkungen auf das IS zu wenig berücksichtigt. Folglich greifen auch Politikempfehlungen zunehmend zu kurz, welche auf etablierte Konzepte von Innovationssystemen und Ful-Politik aufbauen.

Diese Beobachtungen legen nahe, dass wir vor einer tiefgreifenden Überarbeitung des Leitkonzepts der IS stehen, die mit einem ebenso tiefgreifenden Wandel unseres Verständnisses von Ful-Politik einhergehen muss. Wir schlagen daher vor, im Sinne eines Arbeitskonzepts, von einem "agilen und transformativen Innovationsökosystem" zu sprechen. "Agil" deshalb, weil zugleich höhere und raschere Anpassungsleistungen erbracht werden müssen, orientiert an antizipierten, zukünftigen gesellschaftlichen Erwartungen und Bedarfen. "Transformativ" bezeichnen wir das IS aus zweierlei Gründen. Zum einen, weil die notwendigen Anpassungsleistungen tiefgreifend struktureller und institutioneller Natur sein werden. Zum anderen, weil das IS der Zukunft immer stärker daran gemessen werden wird, wie sehr es die notwendigen Transformationen funktionaler Systeme (Energie, Verkehr etc.) befördert. Wir sprechen von "Innovationsökosystemen", weil ein deutlich breiteres Spektrum von Akteuren und Stakeholdern bei der Erbringung von Anpassungsleistungen involviert ist – einschließlich gesellschaftlicher Akteure. Darüber hinaus löst sich der Innovationsökosystem-Ansatz explizit von geographischen Grenzen und kann sich von der lokalen bis in Einzelfällen globalen Ful-Governance erstrecken (z.B. in Hinblick auf UN-Nachhaltigkeitsziele oder das Pariser Klimaabkommen).

Damit ist zugleich auch der Anspruch definiert, der an die zukünftigen Steuerungsleistungen der Ful-Politik zu legen ist, und zwar sowohl hinsichtlich der erforderlichen Anstöße und Impulse als auch im Hinblick auf die frühzeitige Bereitstellung verlässlicher strategischer Orientierungen und Rahmenbedingungen, die sich auch auf die zentralen normativen Aspekte für die Ausrichtung von Ful-Politik erstrecken sollten. Neben diesen strategischen Aufgaben sollte die neue Generation von Ful-Politik bei der Umsetzung ein höheres Maß an Flexibilität und Agilität aufweisen, um auch kurzfristig, rasch auf neue und unerwartete Entwicklungen reagieren zu können. Wir schlagen in diesem Zusammenhang vor, von einer "proaktiven und zugleich adaptiven Ful-Politik" zu sprechen".

In den folgenden beiden Abschnitten werden diese beiden Konzepte im Sinne eines Ausblicks näher erläutert. Kap. 4 fokussiert dabei auf die Anforderungen und Implikationen für Formen "proaktiver und adaptiver Ful-Politik", während sich Kap. 5 möglichen Stoßrichtungen für die Vertiefung des Konzepts des "transformativen, agilen und inklusiven Innovationsökosystems" widmet.

4 Governance-Anforderungen in einem gewandelten Innovationssystem

4.1 Grundanforderungen an die Governance von agilen und transformativen Innovationsökosystemen

Die skizzierten Wandlungstendenzen des IS, die gesteigerten Anforderungen an die Problemlösungsfähigkeit von Innovationen und insbesondere die aktuellen Herausforderungen der COVID-19-Pandemie wirken sich fraglos auf die konkreten Governance-Strukturen und-strategien von IS aus. Die geänderten Herausforderungen an den Staat als Steuerungsakteur erwachsen besonders aus dem beschriebenen Dualismus von geänderten Bedingungen und Praktiken im Innovationsprozess einerseits und der Missionorientierung von Innovationspolitik andererseits.

In Bezug auf das Beispiel der Missionsorientierung muss man sich vor Augen führen, dass Innovationspolitik de facto aktiv zu einem gezielten Systemwandel beitragen will. Innovationspolitik für die Mission "sichere, vernetzte und saubere Mobilität" ist dabei beispielsweise ein Teil der staatlichen und nichtstaatlichen Maßnahmen, die zur Transformation des Systems Mobilität beitragen. Gleichzeitig wird auch immer deutlicher, dass die Politik diese Transformationsprozesse immer weniger dominant oder gar alleine "steuern" kann. Betrachtungen zur Governance in einem gewandelten IS müssen beide Dimensionen berücksichtigen, die ausdifferenzierte Rolle des Staates angesichts erweiterter Ambitionen und gleichzeitig die Notwendigkeit zu breiteren Interaktionen.

Mit der Hinwendung ambitionierteren Politikzielen als Ergebnis neuer gesellschaftlicher und politischer Anforderung an Innovation und dem ausdifferenzierten Verständnis der Generierung und Nutzung von Innovation hat sich folglich die Rolle des Staates in der Innovationspolitik in den Jahrzehnten ausdifferenziert (Weber und Rohrer 2012, Edler und Fagerberg 2017, Schot und Steinmüller 2017). Die Funktion des Staates wurde dabei jeweils begründet durch Vorsorge in zentralen Bereichen der Wissensproduktion, durch Marktversagen bei der Wissensproduktion und – beschleunigt durch die verschiedenen akademischen IS-Ansätze - durch verschiedene Definitionen und Ausprägungen von Systemversagen. Dabei handelte es sich zunächst um "strukturelles" Systemversagen (z.B. Infrastruktur, Fähigkeiten, Interaktionen, institutionelle Rahmenbedingungen), welches in den letzten Jahren durch "transformationales" Systemversagen ergänzt wurde (Weber und Rohrer 2012). Aus diesem transformationalen Systemversagen erwächst die Notwendigkeit des Staates, bei Systemtransformationen einen Beitrag zu leisten hinsichtlich

- der **Bestimmung der Ausrichtung des Systemwandels** und damit auch der Innovationsgenerierung. Hierbei ist mit Zielkonflikten zu rechnen, für deren Moderation dem Staat eine wichtige Rolle zukommt. Beispiele sind Wachstum vs. Nachhaltigkeit

oder das Erreichen der Klimaziele vs. Energiepolitik. Einerseits soll das System agiler und flexibler gestaltet werden, andererseits sollen langfristig wirkende gesellschaftliche Herausforderungen bewältigt werden; Grand Challenges wie etwa die Bewältigung der COVID-19-Pandemie und Wachstumsparadigma stehen ganz offensichtlich in einem Spannungsverhältnis, ebenso nationale Strategien der Industrie- und Innovationspolitik und Open Innovation-Ansätze, die stärker international ausgerichtet sind.

- der **Unterstützung der notwendigen Nachfrage nach Innovationen**. Der über viele Jahre verfolgte Fokus auf forschungsgetriebene Innovationen hat zu einer Vernachlässigung der nachfrageseitigen Bestimmungsfaktoren geführt, die aber für Missionorientierung ebenso wie für die Gestaltung der Entwicklungs- und Diffusionspfade für gesellschaftlich wünschenswerte Technologien von herausragender Bedeutung sind.
- der **Koordination der vielfältigen beteiligten Akteure**. Diesbezüglich ist insbesondere auch die Abstimmung mit anderen, häufig sektoralen, Politikfeldern zu sehen, aber generell auch mit neuen Akteuren, die in der Vergangenheit nur eine nachgeordnete Rolle gespielt haben.
- der **Reflektionsfähigkeit des komplexen Multi-Akteurssystems**, die für die Governance von längerfristigen und komplexen Systemtransformationen essenziell ist. Wenn der Staat nicht mehr nur als Rahmensetzer und "Ermöglicher" agieren soll, sondern gezielt das IS dabei unterstützen soll, Innovationsaktivitäten stärker und koordinierter in gesellschaftlich gewünschte Bahnen zu lenken, erfordert dies eine deutlich pro-aktiveren Rolle staatlicher Akteure. Das umfasst zum Beispiel die Fähigkeit zur Antizipation gesellschaftlicher Problemlagen und Entwicklungen und damit auch über die Direktionalität von anzustoßenden Innovationen und Transformationen. Ansatzpunkte hierfür sind sowohl in der explorativen Erfassung des Möglichkeitsraums (d.h. mögliche Systempfade und damit einhergehende Strategiebündel als "Denkmodelle") zu sehen als auch in normativen Visionen und Leitbildern, die eine Verständigung über kollektiv anzustrebende Entwicklungspfade unter Einbindung verschiedener Stakeholder (d.h. Wissenschaft, Industrie, Zivilgesellschaft etc.) ermöglichen sollen.

Innovationspolitik wird sich also im Paradigma der Missionsorientierung und der sich beschleunigenden Innovations- und Transformationszyklen an diesen Anforderungen messen lassen müssen und Instrumente und Verfahren entwickeln, die diese Anforderungen erfüllen (Kuhlmann und Rip 2018). Gleichzeitig muss eine solche Innovationspolitik ihr Verhältnis zu einem Innovationsverständnis klären, welches nach wie vor fast ausschließlich einem Wachstums- und Wettbewerbsparadigma verpflichtet ist.

Der hier formulierte Steuerungsanspruch an den Staat stellt außerordentlich hohe Anforderungen an dessen Steuerungsfähigkeit. Es bleibt zu fragen, wie staatliche Institutionen entsprechende dynamische organisatorische und kollektive Fähigkeiten ("dynamic capabilities") aufbauen können, um die Steuerbarkeit von missionsorientierter und transformativer Politik zu gewährleisten.

Schließlich bleibt festzuhalten, dass die legitimatorische Grundlage für Politik noch immer der Nationalstaat ist. Trotz der offensichtlich globalen Natur vielfältiger Probleme, und der offensichtlich notwendigen globalen Abstimmung zu ihrer Lösung sind globale Steuerungsansätze jenseits der internationalen Aushandlung von mehr oder weniger bindenden Zielvereinbarungen (Pariser Klimaschutzabkommen, UN Sustainable Development Goals) bis auf weiteres nicht denkbar. Selbst auf Ebene der EU sind der Demos und die transnationale Solidarität bislang nicht in dem Maße ausgeprägt, dass die Verantwortlichkeit für eine dem wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wohl dienende und über Steuern zu finanzierende Innovationspolitik gänzlich auf die europäische Ebene verschoben werden könnte. Das heißt, die Rolle des Staates in der Governance von Innovationsprozessen ist bis auf weiteres national und subnational zu definieren, ergänzt um internationale Verhandlungen und begrenzten delegierten Kompetenzen auf europäischer Ebene. Wie angesprochen, werden sich vermutlich im Kontext der COVID-19-Pandemie nationalstaatliche Orientierungen und darauf basierende Ful-Politiken eher noch verstärken, denn abschwächen.

4.2 Innovationspolitische Governance-Aufgaben auf nationalstaatlicher Ebene

Was bedeuten nun diese generellen Überlegungen zur Governance und zu den Möglichkeiten und Grenzen staatlichen Eingreifens konkret für die nationale Innovationspolitik?

Die Rolle des Staates in der Innovationspolitik differenziert sich weiter aus und muss über generische oder strukturelle Maßnahmen zur Stärkung der Innovationsfähigkeit per se hinausgehen. Governance muss sich sehr deutlich zwischen verschiedenen sozio-technischen Systemen, resp. spezifischen technologischen oder räumlichen Teilsystemen, unterscheiden. Hinzu kommt, dass nationale Innovationspolitik zugleich internationale und europäische Innovationsaktivitäten bis hin zu Systemtransformation berücksichtigen und – soweit möglich – mitgestalten muss. Die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie dürften sich international sehr unterscheiden, damit wird die Heterogenität sowohl innerhalb der EU als auch international weiter zunehmen und fördert einmal mehr die angesprochenen Tendenzen einer Re-Nationalisierung. Dies verstärkt den Bedarf nach ausgleichenden Mechanismen, erschwert aber gleichzeitig auch die europäische und internationale Kooperation.

Das zentrale Spannungsfeld der Innovationspolitik besteht darin, dass einerseits höhere Steuerungsanforderungen an sie gestellt werden, ohne dass sich die Steuerungsmöglichkeiten im notwendigen Maße erweitern. Ein sich daraus ableitendes adäquates Rollenverständnis der Politik lässt sich vor diesem Hintergrund wie folgt charakterisieren:

- Weniger oder keine Mikrosteuerung, aber stärkeres Engagement bei der **Prozesssteuerung für Agenda-Setting, Erwartungsmanagement und Orchestrierung/Koordination** im Sinne einer "tentativen" Governance (Kuhlmann et al. 2019) angesichts einer größeren Vielfalt von (organisierten und nichtorganisierten) Akteuren und Interessen/Konflikten.
- Proaktiver Akteur in der **Formulierung gesellschaftlich bindender Direktionalität**, für die der Staat als Innovationstreiber und Risikoträger fungiert (Mazzucato 2019). Damit auch stärker aktiv als **Ermöglicher und Promotor von Lösungen**, die zur Erfüllung von definierten Missionen als notwendig erachtet werden, unter Berücksichtigung der Balance von Zielgerichtetheit und Lösungswettbewerb.
- Abgestimmte **Arbeitsteilung und Politikkoordination** von Aufgaben in einem sich weiter ausdifferenzierenden System, in dem mehrere Politikebenen und Politikfelder ein Innovationsfeld über die Zeit beeinflussen und dessen Entwicklungstrajektorie prägen.
- Schaffung der notwendigen **Rahmenbedingungen für die Ermöglichung einer hohen industriellen Dynamik**, statt eines Rückgriffs auf traditionelle interventionistische, industriepolitische Ansätze (vgl. Altmaier 2018). So sollte beispielsweise durch das rasche Wachstum von neu gegründeten Unternehmen und Spin-outs eine Transformation der industriellen Landschaft im Einklang mit neuen technologischen Möglichkeiten (und dazugehörigen Geschäftsmodellen) ermöglicht werden. Dabei sind zunehmende Anforderungen an Resilienz, wie sie im Zuge der COVID-19-Pandemie formuliert wurden, zu berücksichtigen, die im aktuellen Diskurs auch mit dem Thema technologischer Souveränität verknüpft und damit in Richtung eines aktiveren Staats genutzt werden.

Im Hinblick auf die instrumentelle Implementierung der Innovationspolitik ergeben sich ebenfalls eine Reihe von neuen Ansätzen im Angesicht von Ungewissheit, Komplexität und Ambiguität, die sich unter dem Begriff der "goal-oriented modulation" (Kemp et al. 2004) zusammenfassen lassen:

- **Neue Förderkonzepte**, die neue Akteure (insbesondere auch Zivilgesellschaft) adressieren, höhere Ambitionen und höheres Risiko verfolgen, die Agilität des IS durch Unterstützung von disruptiven Innovationen unterstützen und die Skalierung, Replikation und Diffusion von Innovationen vorantreiben und die Erfahrungen der COVID-19-Pandemie mit neuen Ansätzen (z.B. Hackathons) und einer Flexibilisierung des etablierten Fördersystems aufgreifen.
- Neue Maßnahmen zur nachfrageseitigen Stimulierung von Innovation und Diffusion, inklusive der **Regulierung, Standardisierung, innovativen Beschaffung, Bewusstseinsbildung und Training auf Anwender-/Nutzerseite**
- **Innovationsinfrastrukturen** als flexible und offen zugängliche Basis für Innovationsaktivitäten, insbesondere für junge digitale Unternehmen. Diese können auch neue dezentrale Innovationsstrukturen im ländlichen Raum schaffen.

- **Synchronisation der verschiedenen Interventionstypen** auf dynamische Mechanismen, um Beharrung zu überwinden und neue transformative Dynamiken zu entfalten. Derartige Zeitstrategien der Intervention (vgl. Sartorius und Zundel 2005) fokussieren auf
- neue **Indikatorik und Wirkungsmessung in Echtzeit**, um experimentelle Politik zu begleiten und Lernprozesse zu ermöglichen sowie die komplexen Systemveränderungen insbesondere bei der gezielten Missionsorientierung zu erkennen. Auch hier hat die COVID-19-Pandemie zu neuen Ansätzen der systemischen Analyse und zur experimentellen Nutzung von Echtzeit-Indikatoren beigetragen.

Bereits heute lassen sich erste Elemente eines neuen Rollenverständnisses des Staates und neuer Umsetzungsinstrumente identifizieren. Allerdings hat der Veränderungsprozess gerade erst begonnen, sein weiterer Verlauf ist noch unbestimmt und nicht zuletzt abhängig vom Ausgang des Diskurses über ein neues Verständnis von IS und ihren Veränderungsprozessen sowie insbesondere von den nur schwer antizipierbaren Herausforderungen der gegenwärtigen Krise.

5 Konzeptionelle Desiderata: Innovationssysteme neu denken

Wie eingangs betont, richtet sich der primäre Fokus des vorliegenden auf die Konsequenzen des Wandels des ISs für Innovationspolitik. Freilich darf dabei Frage, welche konzeptionellen Folgen für den Begriff daraus folgen, nicht ausgeklammert werden. Denn es braucht nicht betont zu werden, dass erst konzeptionelle Zusammenhänge die systematische Basis für den innovationspolitischen Diskurs schaffen. Zudem ist diese Frage eng verknüpft mit einem langlaufenden internationalen Diskurs. Weitgehend einig ist man sich seit längerem in diesem Diskurs, dass das etablierte Konzept des IS einer "Modernisierung" bedarf (z.B. Lundvall 2007). Daher sollen abschließend – als weiter zu bearbeitende Desiderata – einige konzeptionelle Überlegungen und Forderungen in Bezug auf eine angemessene analytische Reichweite und normative Anforderungen skizziert werden. Diese Überlegungen sollen den Anstoß geben für ein zukünftiges konzeptionelles und in der Folge empirisches Forschungsprogramm und gleichzeitig die politische Debatte über Anpassungsnotwendigkeiten befruchten.

5.1 Innovationssysteme als analytisches Konzept

Das Konzept des IS wird traditionell in verschiedenen Blickrichtungen verfolgt, wobei insbesondere nationale, regionale, sektorale oder technologische IS im Fokus stehen. Resümiert man überblicksartig den Stand der Forschung, so wird in einer sozio-ökonomischen Perspektive der Einfluss institutioneller Variablen auf technische Innovationen

zwar plausibel gemacht, jedoch selten spezifiziert. Dem widerspricht nicht, dass sich innovative technologisch induzierte Entwicklungen in der Regel innerhalb eines "technologischen Paradigmas" bewegen, das einen relativ stabilen Entwicklungspfad konstituiert (Dosi 1982). Unabhängig von einer konkreten technischen Innovation werden dabei die institutionellen Bedingungen von Ländern, Sektoren und Regionen danach beurteilt, ob sie Innovationen eher fördern oder hemmen. Wie bereits in den Pionierarbeiten werden auch in den neueren Studien die grundsätzlichen technischen Möglichkeiten, die Größe der Märkte, die Möglichkeiten der Finanzierung und eigentumsrechtlichen Aneignung von Neuerungen, die Struktur des jeweiligen Sektors sowie die Investitionen in öffentlich verfügbares Wissen als wichtigste Innovationen auslösende und strukturierende Faktoren genannt (zusammenfassend Werle 2005). Genereller Befund ist, dass die strukturell-institutionellen Unterschiede der verschiedenen Systeme eine bemerkenswerte Beständigkeit aufweisen.

Vor dem Hintergrund der in diesem Papier gemachten Beobachtungen verbinden sich in analytischer Hinsicht mit dem IS-Konzept allerdings zunehmend eine Reihe offener Fragen:

- Akteure, Institutionen und Interaktionen sind die etablierten Kernelemente von IS. Eine Differenzierung des Spektrums dieser Elemente und vor allem eine Präzisierung der Interaktionsmechanismen sind insbesondere angesichts neuer Akteurskonstellationen erforderlich. Anders formuliert, die **zunehmende Komplexität der sich neu formierenden IS** macht es noch wichtiger, mit umfassenden Konzepten Varietät und Kontext zu erfassen.
- In Hinblick auf verschiedene Ebenen (IS als Mehrebenensystem) sollten **Unterschiede und Komplementaritäten zwischen nationalen und regionalen IS** sowie damit verbundene Dynamiken und Wechselwirkungen systematischer berücksichtigt werden. Die Rollen- und Aufgabenteilung zwischen diesen verschiedenen Ebenen ist insbesondere im Hinblick auf die erforderlichen Innovationsleistungen für die Bewältigung von umfassenden gesellschaftlichen Herausforderungen oder allgemein für Systeminnovationen wichtig. Zudem stellen sich nach wie vor die Frage, welche Rolle im Zuge neuerer Technologieentwicklungen "quer" zu den herkömmlichen Systemebenen liegende spezifische **sektorale oder technologische IS** (z.B. Carlsson et al. 2002) spielen, die je eigene Struktur- und Entwicklungslogiken aufweisen. Mit dem Versuch, Funktionen von Innovationssystemen zu definieren (Bergek et al. 2008; Hekkert et al. 2007) sollte die Bindung an feste geographische oder sektorale Einheiten überwunden werden (Markard und Truffer 2008).
- Der etablierte Innovationsbegriff ist zu eng. Der **Kernbegriff "Innovation" muss breiter verstanden werden** und
 - soziale, organisatorische und institutionelle Innovationen umfassen ("Soziale Innovationen"),

- Aspekte der Skalierung, Replikation und Diffusion stärker als integrale Bestandteile berücksichtigen,
 - deren Zusammenspiel im Rahmen von Systeminnovationen und Transformationen sowie
 - neue Facetten von Innovationsprozessen berücksichtigen, die sich beispielsweise auf deren Offenheit ("open innovation"), die Rolle von Intangibles und multi-sektorale/multi-disziplinäre Integrationsleistungen bezieht. Diese Erweiterung des Innovationsverständnisses hat unmittelbar Auswirkungen auf das Spektrum der im IS Ansatz zu berücksichtigenden Akteursgruppen.
- Fragen der **Systemdynamik und der Wandlungsmechanismen von IS** spielten in IS-Ansätzen bislang eine zu geringe Rolle. Beharrungs- und Veränderungsmechanismen müssen stärker in den Vordergrund rücken, weil sie entscheidend für das Überwinden von bestehenden und das Aktivieren von neuen Innovationstrajektorien, bzw. -paradigmen sind. Beispielsweise stellt sich aktuell im Kontext der durch digitale Technologien getriebenen dynamischen Entwicklung die Frage, ob und in welcher Weise möglicherweise radikale, aktuell als "disruptiv" bezeichnete Innovationen Rückwirkungen auf das jeweilige IS haben. So argumentieren schon Freeman und Perez (1988), dass radikale, in vielen Technikbereichen gleichzeitig auftretende und weitreichende Innovationen einen durchgreifenden Veränderungsdruck auf eine gesamte Volkswirtschaft ausüben. Sie verändern also die Settings, innerhalb derer Innovationen entstehen. Zudem stellt sich zum wiederholten Male im Kontext der global verlaufenden Digitalisierungswelle die Frage nach den Effekten einer fortschreitenden Internationalisierung bzw. Transnationalisierung insbesondere für die Strukturen nationaler IS. Solche einschneidenden langfristigen, systemverändernden Trends müssen konzeptionell besser abgebildet werden.
 - Mit dem Abgehen von der einfachen Gleichung, dass Innovation zu mehr Wachstum und Beschäftigung führt (und damit *per se* positiv ist), und der Erkenntnis, dass Innovationen immer mit Fragen nach deren Direktionalität verknüpft sind, werfen wir die Frage nach der **Verortung normativer Debatten im Innovationssystem** auf. Unabhängig von den konkreten normativen Fragen (vgl. Kap. 5.2) muss das Konzept der Innovationssysteme einen Ort für reflexive Funktionen und normative Debatten bereitstellen, der in bisherigen Konzepten schlichtweg ignoriert wurde (Weber und Truffer 2017). Hieran schließen sich in der Folge auch neue Fragen hinsichtlich der Rolle des Staates in Bezug auf Innovation an, insbesondere in Bezug auf Interventionen mit richtungsgebender Wirkung.

5.2 Innovationssysteme als politisch-normatives Konzept

Von Anbeginn an war die Debatte um IS untrennbar mit einer politischen und normativen Perspektive in Hinblick auf spezifische Leistungsfähigkeit, wünschenswerte Verlaufsmuster und erforderliche politische Einflussnahme verknüpft. Insbesondere war z.B. die normative Frage nach den Folgen für Wachstum und Beschäftigung stets virulent. Wie

oben angesprochenen, ergeben sich aus einem erweiterten analytischen IS-Konzept insbesondere auch neue normative Frage, deren Behandlung umso drängender wird, umso mehr gesellschaftliche Erwartungen an das Innovationssystem gestellt werden und umso schneller ("agiler") es liefern soll. Als besonders wichtige offene Aspekte erscheinen hier aktuell:

- Das vorherrschende funktionale Verständnis von IS in Hinblick auf seine Leistungsfähigkeit für Wirtschaft und Gesellschaft muss aufgeweitet werden, um auch **Fragen der Direktionalität von Innovation** zu adressieren (Weber und Truffer 2017). Hier sind insbesondere Fragen nach der legitimen Einflussnahme auf die Richtung von Innovationsprozesse und die Berücksichtigung der notwendigen Innovationsabsorption und -diffusion zu nennen, die in Systemanalysen konzeptionell und methodisch unterbelichtet ist.
- Wird der Begriff der Missionsorientierung ernst genommen, so bedarf es einer erweiterten Sicht auf den Innovationsbegriff und auf die damit verbundenen Effekte für Governance und politische Maßnahmen. **Missionsorientierung muss die gesamtgesellschaftlichen Innovationspotenziale in den Blick nehmen**. Ein zentrales Element ist dabei auch die Kategorie der sozialen Innovationen und die damit verbundenen aktuellen forschungspolitischen Anstrengungen unter dem Label "Gesellschaft verstehen – Zukunft gestalten"(BMBF 2019).
- Dem Faktor Zeit kommt in globalisierten und sich beschleunigenden Innovationsprozessen eine immer größere Bedeutung zu, insbesondere im Zusammenhang mit potenziell disruptiven Innovationen, die Geschäftsmodelle und etablierte Märkte umwälzen können. Nationale Innovationssysteme können vor diesem Hintergrund nur in ihrer Einbettung in internationale Innovationszusammenhänge angemessen verstanden werden (Binz und Truffer 2017). Dementsprechend gilt es auch bei der Gestaltung von nationalen Innovationssystemen die **Adaptionfähigkeit an globale und zeitliche Innovationsdynamiken** stärker zu berücksichtigen.
- Vor diesem Hintergrund ist vor allem auch erneut nach der **Rolle des Staates in Bezug auf Innovation und IS** zu fragen. Diese Perspektive wurde jüngst nicht zuletzt in expliziter Kritik an der bisherigen Innovationsforschung umfassend thematisiert und ist zum Gegenstand wissenschaftlicher und politischer Debatten geworden (z.B. Weber und Rohrer 2012; Mazzucato 2013; Borrás und Edler 2020). Im Kern geht es hier um die Alternative eines Staates als Rahmensetzer und "Enabler" einerseits *oder* als stärker richtungsgebender Staat. Ohne Frage ist aktuell von neuen Begründungsmustern und Rationalitäten für staatliche Interventionen im IS auszugehen, die konzeptionell und normativ unterbelichtet sind.

In Summe müssen "Nationale" IS gedacht werden als Rahmen für multiple sozio-technische (Teil-)Innovationssysteme, die zum großen Teil verschränkt sind mit IS in anderen nationalen und internationalen Zusammenhängen. Erstere setzen den generellen Rah-

men, letztere sind funktional zu verstehende Teilsysteme, die der Erstellung und Diffusion von Innovationen zur Erfüllung bestimmter Funktionen dienen (Gesundheit, Mobilität, militärische Sicherheit), bzw. wichtige externe Impulse und Kontextbedingungen definieren. Das Zusammenspiel ist spannend, denn ein "Nationales" System kann unterschiedlich gut geeignet sein, Systemwandel in unterschiedlichen sozio-technischen Systemen zu generieren.

Bei einer Neukonzipierung des Konstrukts (nationales) IS muss auch die immer aufkeimende Kritik an den IS-Konzepten reflektiert werden. Erinnerung sei an die häufig geäußerte Problematik, dass die "Performance" eines IS und seiner institutionellen Konfiguration nicht wirklich hinreichend erfasst werden kann oder an die Frage, inwieweit der IS-Ansatz jenseits der Deskription wirklich einen brauchbaren operationablen Wert für Policy Empfehlungen hat (z.B. Godin 2017). Eine Neukonzipierung, die die beschriebenen neuen Dynamiken und Konstellationen greifbar machen kann, wird diese grundsätzlichen Herausforderungen im Blick haben müssen, wird sie aber nicht gänzlich bewältigen können.

Referenzen

- acatech; Fraunhofer IML; equeo GmbH (2016): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. Online: www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Kooperationspublikationen/acatech_DOSSIER_Kompetenzentwicklung_Web.pdf (abgerufen am: 9.11.2020).
- Andrews, D.; Criscuolo, C.; Gal, P.N. (2015): Frontier Firms, Technology Diffusion and Public Policy: Micro Evidence from OECD Countries Online: <http://www.oecd.org/economy/growth/Frontier-Firms-Technology-Diffusion-and-Public-Policy-Micro-Evidence-from-OECD-Countries.pdf> (abgerufen am: 22.6.2020).
- Bender, G. (2005): Technologieentwicklung als Institutionalisierungsprozess, *Zeitschrift für Soziologie*, 34, 170-187.
- Bergek, A.; Jacobsson, S.; Carlsson, B.; Lindmark, S.; Rickne, A. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis, *Research Policy*, 37(3), 407-429.
- Bertschek, I (2020): Wer digitalisiert, kommt gesünder durch die Krise. Online: <https://inclusive-productivity.de/wer-digitalisiert-kommt-gesuender-durch-die-krise/> (abgerufen am: 9.11.2020).
- Binz, C.; Truffer, B. (2017): Global Innovation Systems - A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts, *Research Policy*, 46(7), 1284-1298.
- BMBF (2019): *Gesellschaft verstehen – Zukunft gestalten. BMBF-Rahmenprogramm für die Geistes- und Sozialwissenschaften (2019 – 2025)*. Berlin: BMBF.
- BMW (2015): *Memorandum der Plattform Industrie 4.0*. Berlin: BMWi.
- Botthof, A.; Kriegesmann, B. (2008): *Kompetenzentwicklung in High-Tech-Feldern – Neue Wege für die wissenschaftliche Weiterbildung*. Berlin, Bochum: Institut für Innovation und Technik.
- Borrás, S.; Edler, J. (2020): The roles of the state in the governance of socio-technical systems' transformation, *Research Policy*, 49(5), 103971.
- Carlsson, B.; Jacobsson, S.; Holmen, M.; Rickne, A. (2002): Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues, *Research Policy*, 31, 233–245.
- Cuhls, K.; Edler, J.; Koschatzky, K. (2019): Sprunginnovationen: Konzeptionelle Grundlagen und Folgerungen für die Förderung in Deutschland, Kurzstudie. Online: <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-555002.html> (abgerufen am: 9.11.2020).
- Dachs, B.; Peters, B. (2020). *Covid-19-Krise und die erwarteten Auswirkungen auf F&I in Unternehmen*. ZEW policy brief Nr. 20-02. Mannheim: ZEW.
- Dosi, G. (1982): Technological Paradigms and Technological Trajectories, *Research Policy*, 11(1982), 147-162.
- Edler, J., Fagerberg, J. (2017): Innovation policy: what, why, and how, *Oxford Review of Economic Policy*, 33(1), 2-23.
- Edler, J; Blind, K; Frietsch, R.; Kimpeler, S.; Kroll, H; Lerch, C.; Reiss, T.; Roth, F.; Schubert, T.; Schuler, J.; Walz, R. (2020): *Technologiesouveränität - Von der Forderung zum Konzept*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

- European Commission (2020): *On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust*. White Paper, Communication from the Commission, COM(2020) 65 final. Brussels: European Commission.
- Freeman, C.; Perez, C. (1988): Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour. In: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.R.; Silverberg, G.; Soete, L. (eds.) (1988): *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 38–66.
- Gibbons, M.; Limoges, C.; Nowotny, H.; Schwartzmann, S.; Scott, P.; Trow, M. (1994): *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage.
- Godin, B. (2017): *Models of Innovation*. Cambridge: MIT Press.
- Gornig, M.; Belitz, H.; Geppert, K.; Löckener, R.; Schiersch, A.; Werwatz, A. (2018): Industrie in der Stadt: Wachstumsmotor mit Zukunft, *DIW Wochenbericht*, 47(2018). Berlin: DIW.
- Hassel, A.; Prenzel, M.; Römer, J.; Wolff, B.; Woopen, C. (2019): Soziale Innovationen. Ein Impulspapier für das Hightech-Forum. Online: <https://www.hightech-forum.de/publication/soziale-innovationen/> (abgerufen am: 15.02.2020).
- Hekkert, M.; Suurs, R.A.A.; Negro, S.O.; Kuhlmann, S. (2007): Functions of Innovation Systems: A New Approach for Analysing Technological Change, *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413-432.
- Hightech-Forum (2020): Agilität im Innovationssystem — der Staat als Akteur Ein Impulspapier aus dem Hightech-Forum. Online: https://www.hightech-forum.de/wp-content/uploads/hightech-forum_impulspapier_agilit%C3%A4t.pdf (abgerufen am: 27.09.2020).
- Kemp, R.; Rotmans, J.; Loorbach, D. (2007): Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(2007), 78-91.
- Kortmann, B.; Schulze, G.G. (Hg.) (2020): *Jenseits von Corona*. Bielefeld: Transcript.
- Kuhlmann, S.; Rip, A. (2018). Next Generation Innovation Policy and Grand Challenges, *Science and public policy*, 45(4), 448-454. DOI: <https://doi.org/10.1093/scipol/scy011>
- Kuhlmann, S.; Stegmaier, P.; Konrad, K. (2019). The tentative governance of emerging science and technology: A conceptual introduction, *Research Policy*, 48(5), 1091-1097. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.006>
- Lundvall, B.-Å. (2007): National Innovation Systems - Analytical Concept and Development Tool, *Industry and Innovation*, 14(1), 95-119. DOI: 10.1080/13662710601130863
- Markard, J.; Truffer, B. (2008): Technological Innovation Systems and the Multi-Level Perspective: Towards an Integrated Framework, *Research Policy*, 37(4), 596-615, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.01.004>
- Mazzucato, M. (2013): *The Entrepreneurial State: Debunking the Public Vs. Private Myth in Risk and Innovation*. London: Anthem Press.

- Mazzucto, M. (2019): Der unternehmerische Staat: Risiken und Gewinne vergesellschaften, *Leviathan*, 47(2), 123-143.
- Münkler, H.; Münkler, M. (2020): Der Einbruch des Unvorhersehbaren und wie wir uns zukünftig darauf vorbereiten sollten. In: Kortmann, B.; Schulze, G.G. (Hg.) (2020): *Jenseits von Corona*. Bielefeld: Transcript, 101-108.
- Sartorius, C.; Zundel, S. (2005): *Time Strategies, Innovation and Environmental Policy*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Schot, J.; Steinmueller, W.E. (2018): Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change, *Research Policy* 47(9), 1554-1567.
- ten Hompel, M.; Anderl, R.; Schöning, H. (2019): *Schneller zum Markterfolg. Memorandum des Forschungsbeirats der Plattform Industrie 4.0*. München.
- Thomas, L.D.W.; Autio, E. (2020): Innovation Ecosystems in Management: An Organizing Typology, *Oxford Research Encyclopedia of Business and Management*, Online Publication Date: May 2020. DOI: 10.1093/acrefore/9780190224851.013.203
- Warnke, P.; Koschatzky, K.; Dönitz, E.; Zenker, A.; Stahlecker, T.; Som, O.; Cuhls, K.; Güth, S. (2016): *Opening up the innovation system framework towards new actors and institutions*, Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis, No. 49. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Weber, K.M.; Truffer, B. (2017): Moving innovation systems research to the next level: towards an integrative agenda, *Oxford Review of Economic Policy*, 33(1), 101-121.
- Weber, K.; Matthias, and Harald Rohrer, H. (2012): Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework, *Research Policy*, 41(6) (2012), 1037-1047.
- Wessels, J. (2020): *Zwölf Thesen zu den Auswirkungen der Corona-Pandemie auf das deutsche Innovationssystem*, Working Paper of the Institute for Innovation and Technology Nr. 51, https://www.iit-berlin.de/de/publikationen/zwoelf-thesen-zu-den-auswirkungen-der-corona-pandemie-auf-das-deutsche-innovationssystem/at_download/download. Berlin: Institut für Innovation und Technik.
- Werle, R. (2005): Institutionelle Analyse technischer Innovationen, *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 57(2), 308-332.
- West, J.; Salter, A.; Vanhaverbeke, W.; Chesbrough, H. (2014): Open innovation: The next decade, *Research Policy*, 43(5), 805-811. DOI: doi.org/10.1016/j.respol.2014.03.001
- Wittpahl, V. (2016): *Digitalisierung – Bildung, Technik, Innovation*. Wiesbaden: Springer Vieweg.