

Kapitel 13. Innovationssystem und -politik

Koordinierende_r Leitautor_in

Matthias Weber

Leitautor_in

Klaus Kubeczko

Koordination der Strukturkapitel

Michael Ornetzeder

Revieweditor

Gerhard De Haan

Zitierhinweis

Weber, M. und K. Kubeczko (2023): Innovationssystem und -politik. In: APCC Special Report: Strukturen für ein klimafreundliches Leben (APCC SR Klimafreundliches Leben) [Görg, C., V. Madner, A. Muhar, A. Novy, A. Posch, K. W. Steininger und E. Aigner (Hrsg.)]. Springer Spektrum: Berlin/Heidelberg.

Kernaussagen des Kapitels

Status quo und Dynamik

- In der wissenschaftlichen Debatte werden Innovationen inzwischen weitgehend als soziotechnische Phänomene behandelt. In der Politik beginnt sich dieses soziotechnische Verständnis ebenfalls durchzusetzen, auch wenn traditionelle technologiezentrierte Ansätze („Technology Push“) nach wie vor häufig anzutreffen sind. (hohe Übereinstimmung, starke Literaturbasis)
- In Österreich lassen sich erste gelungene Beispiele einer neuen Generation transformativ angelegter Politikstrategien und ihrer Implementierung in Form konkreter Maßnahmen und Programmen feststellen. (hohe Übereinstimmung, mittlere Literaturbasis)

Notwendige Veränderungen

- Das Zusammenwirken von technologischen und sozialen, organisatorischen und institutionellen Innovationen wird als zentral für einen Systemwandel angesehen. Wenn es gelingt, dieses soziotechnische Verständnis, das angebotsseitige (z.B. Forschung und Entwicklung) und nachfrageseitige (z.B. gesellschaftliche Bedarfe) Impulse gleichberechtigt als Determinanten von Innovation betrachtet, im Rahmen einer stärker transformativen und klimafreundlichen Politik zu verankern, dann erweitert sich der Handlungsraum auf dem Weg hin zu einer klimafreundlichen Gesellschaft beträchtlich. (mittlere Übereinstimmung, mittlere Literaturbasis)

Strukturen und Akteur_innen

- Der verbreitete Einsatz von klimafreundlichen soziotechnischen Innovationen in der Praxis ist entscheidend dafür, ob sie eine positive Wirkung im Hinblick auf eine klimafreundliche Gesellschaft haben werden. (hohe Übereinstimmung, starke Literaturbasis)
- Zu den zentralen Hindernissen auf dem Weg zu einer klimafreundlicheren Governance zählen die Versäulung politischer Verantwortlichkeiten mit ihren jeweiligen Eigenlogiken und der Mangel an längerfristigem und strategisch adaptivem Politiklernen. (mittlere Übereinstimmung, mittlere Literaturbasis)

Gestaltungsoptionen

- Die mit soziotechnischen Innovationen und ihrer Anwendung verbundenen komplexen Dynamiken und Ungewissheiten hinsichtlich ihrer Wirkungen erfordern neuartige Governance-Konzepte,

insbesondere hinsichtlich (1) des Zusammenwirkens von Innovationspolitik und Sektorpolitiken sowie (2) der Einbeziehung breiterer Gruppen von Stakeholdern in Politikprozesse. (hohe Übereinstimmung, mittlere Literaturbasis)

- Damit einher geht ein Wandel des staatlichen Rollenverständnisses in Bezug auf komplexe Prozesse soziotechnischer Transformationen. Statt mechanistischer Planung und Steuerung von Transformationsprozessen wird verlässliche und richtungsgebende („direktionale“) Orientierung im Hinblick auf klimafreundliche soziotechnische Innovationen sowie eine moderierende und mobilisierende Rolle des Staates in Bezug auf private wie öffentliche Akteur_innen nahegelegt (z. B. durch zukunftsgerichtete Prozesse der Visionsentwicklung und Orchestrierung, Roadmapping mit partizipativem Foresight etc.). (mittlere Übereinstimmung, mittlere Literaturbasis)
- Eine Mischung aus verschiedenen angebots- und nachfrageseitigen Politikinstrumenten ist geeignet, um Prozesse des Systemwandels anzustoßen und zu begleiten. Die Instrumente können dabei von der Forschungs- und Innovationsförderung bis hin zur Regulierung und Beschaffung (z. B. grüne und innovationsorientierte Beschaffung, vorwettbewerbliche Prozesse) reichen. (mittlere Übereinstimmung, mittlere Literaturbasis)
- Dabei besteht häufig die Notwendigkeit einer experimentellen Erprobung des Zusammenwirkens von unterschiedlichen angebots- und nachfrageseitigen Politikinstrumenten (z. B. mit Hilfe von Reallaboren, regulatorischen Experimenten, Pilotregulierungen, Regulatory Sandboxes etc.), die durch entsprechende Monitoring-, Lern- und (begleitende) Evaluierungsprozesse über längere Zeiträume begleitet werden. (hohe Übereinstimmung, starke Literaturbasis)

13.1 Der Wandel des Innovationsverständnisses in Wissenschaft und Politik

Neue technologische und nichttechnologische Entwicklungen und damit zusammenhängende soziotechnische Innovationen spielen eine wichtige Rolle, um Transformationen hin zu einer klimafreundlicheren Gesellschaft zu erreichen. Gerade in hoch klimarelevanten Bereichen wie Mobilität, Energieerzeugung, -versorgung und -nutzung oder Nahrungsmittelversorgung und Ernährung ist die Verknüpfung neuer technologischer Optionen mit organisatorischen Innovatio-

nen und Verhaltensänderungen zentral, um gesellschaftliche Veränderungen im Sinne der Bewältigung der Klimakrise anzustoßen und zu ermöglichen. Die soziale Dimension von Innovation ist sowohl für deren Gehalt als auch für deren Aufgreifen in der Breite von hoher Relevanz.

Das Potenzial von soziotechnischen Innovationen wird von der Politik zunehmend erkannt, der Begriff der Innovation ist daher meist positiv konnotiert (Godin, 2015). Diese Erkenntnis hat im Laufe der vergangenen rund zehn Jahre zu einem normativen Wandel in der Forschungs- und Innovationspolitik geführt (Daimer et al., 2012; Biegelbauer & Weber, 2018; Uyarra et al., 2019), der sich in neuen Begründungsmustern, Governance-Prozessen und Instrumentarien der F&I-Politik manifestiert (Weber & Rohrer, 2012). Dieser Wandel zeigt sich insbesondere darin, dass komplementär zur traditionellen Betonung von wirtschaftlichen Zielen – wie der Steigerung von Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung, für die die strukturelle Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft eine wichtige Rolle spielt – auch zunehmend richtungsgebende, direktionale Zielsetzungen in der F&I-Politik betont werden (Schot & Steinmueller, 2018; Wanzenböck et al., 2020). Die direktionale Ausrichtung von Forschungs- und Innovationspolitik zielt auf die Bewältigung verschiedener gesellschaftlicher Herausforderungen ab und orientiert sich auch an den UN-Nachhaltigkeitszielen. Sie ist eingebettet in eine programmatische Weiterentwicklung der europäischen Politikziele, die sich in Strategien wie dem European Green Deal (European Commission 2019; European Commission 2021a) oder der industriepolitischen Strategie der digitalen und grünen Twin Transition (European Commission 2020) widerspiegeln.

In Bezug auf Forschungs- und Innovationspolitik wird diese Veränderung vor allem in den Rahmenprogrammen für Forschung und Innovation sichtbar, wo mit dem vergangenen Horizon-2020-Rahmenprogramm explizit direktional ausgerichtete Ziele aufgenommen und nun mit dem neuen Rahmenprogramm Horizon Europe auch in Form neuer Instrumentarien wie den EU-Missionen (European Commission 2021b) konkretisiert wurden. Vier der fünf von der EU-Kommission gemeinsam mit Rat und Parlament beschlossenen Missionen in Horizon Europe besitzen eine hohe Klimarelevanz.¹ Die neuen Instrumentarien in Horizon Europe, wie Missionen und bestimmte Arten Europäischer Partnerschaften (European Commission, 2021c; European Commission, 2021d), sind auch eine Reaktion auf die unbefriedigende Übersetzung der programmatischen Ambitionen von Horizon 2020 in operative Instrumentarien und Arbeitsprogramme (European Commission, 2017).

¹ Diese vier Missionen beziehen sich auf die Missionsfelder „Climate-Neutral and Smart Cities“, „Soil Health and Food“, „Climate Adaptation, including Societal Transformation“ und „Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters“.

In Österreich ist es – aufbauend auf einer langjährigen Tradition thematisch ausgerichteter Forschungs-, Technologie- und Innovationsförderprogramme – in den letzten Jahren ebenfalls zu Veränderungen im institutionellen Umfeld für soziotechnische Innovationen gekommen. Im Zuge der seit Mitte der 1990er Jahre in Österreich eingeführten thematischen FTI-Förderprogramme in Bereichen wie Energie, Verkehr/Mobilität oder Bauen wurde das Argument der sogenannten „Doppeldividende“ vertreten, dass darauf abzielt, mithilfe dieser Programme sowohl industriell als auch umweltpolitische Ziele und Wirkungen zu verfolgen (Meyer et al., 2009). Das große Augenmerk, das die aktuelle Bundesregierung auf die Klimaziele bis 2030 legt (Bundeskanzleramt, 2020), hat nicht nur die Aufmerksamkeit für direktionale Maßnahmen, die klimafreundliche Innovationen bevorzugt unterstützen sollen, erhöht, sondern vor allem auch für umsetzungsorientierte Maßnahmen, die rasche Wirkungen auf die österreichische Emissionsbilanz bis 2030 erwarten lassen. In dieser Hinsicht spielen insbesondere die Maßnahmen des Klima- und Energiefonds wie beispielsweise die Vorzeigeregionen eine wichtige Rolle (UBA, 2021).

Im internationalen Vergleich zeichnet sich die österreichische öffentliche Forschungsfinanzierungs- und Förderlandschaft durch einen hohen Anteil nicht direktonaler Mittel aus (OECD, 2018; Buchinger et al., 2017). Dies lässt sich auf drei Faktoren zurückführen:² (1) einen hohen Anteil universitärer Grundfinanzierung (OECD, 2018), (2) die hohe und in den letzten Jahren weiter gestiegene Bedeutung ungerichteter steuerlicher Anreize für private Forschungs- und Entwicklungs(F&E)-Investitionen wie der Forschungsprämie (OECD, 2018) und (3) den hohen Anteil themenoffener Förderprogramme, insbesondere im angewandten Bereich (z. B. Basisprogramme der FFG, Kompetenzzentrenprogramm COMET). Mehr als 60 Prozent der F&E-Ausgaben in Österreich werden von privaten in- und ausländischen Unternehmen getätigt (BMBWF, BMK, BMDW, 2021; OECD, 2018). Zu den zentralen Empfehlungen des OECD Innovation Policy Review für Österreich zählt daher, dass eine stärkere Ausrichtung auf Themen (1) mit Bezug zu gesellschaftlichen Herausforderungen, (2) mit Relevanz für Prioritäten des EU-Rahmenprogramms Horizon Europe und (3) mit entsprechenden internationalen Partnern verfolgt werden soll (OECD, 2018).

In den vergangenen 20 Jahren haben sich die F&E-Ausgaben in Österreich dynamisch entwickelt. Die F&E-Quote zählt inzwischen mit 3,23 Prozent (2020) zu den höchsten in Europa (vgl. OECD, 2018; BMBWF, BMK, BMDW, 2021). Das verweist auf eine deutliche Stärkung der

Forschungs- und Innovationsfähigkeit Österreichs. Während dies grundsätzlich eine positive Entwicklung ist, stellt sich die Frage, ob sie neben der Stärkung der Forschungs- und Innovationsleistung von Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen auch hinreichend zur Bekämpfung des Klimawandels wirksam wird bzw. ob stärker direktionale (und nicht vorherrschend strukturelle) Innovationsimpulse vonnöten wären, wie dies beispielsweise auch im Rahmen der Innovation Policy Review durch die OECD nahegelegt wurde (OECD, 2018). Wichtig ist im Hinblick auf den hohen Anteil privater F&E-Finanzierung die Signal- und Mobilisierungswirkung öffentlicher Politik auf die Forschungs- und Innovationsaktivitäten von Unternehmen. Diese hängt auch von den strategischen Impulsen der Politik auf nationaler und europäischer Ebene ab – es kommt darauf an, ob die Politik eine glaubhafte Umorientierung auf einen Systemwandel hin zu einer klimafreundlicheren Politik vermittelt oder nicht.

In jüngster Zeit lassen sich erste Schritte hin zu einer stärkeren Betonung direktonaler Maßnahmen feststellen, und zwar auch in dem Sinne, dass strukturell ausgerichtete Politikmaßnahmen mit einer direktonalen Komponente versehen werden. Jüngstes Beispiel dafür ist die Ausgestaltung der COVID-19-Investitionsprämie, bei der Investitionen in den Bereichen Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Lebenswissenschaften mit einer höheren Prämie unterstützt werden (14 Prozent) als andere Investitionen (7 Prozent). Diese kommt auch Investitionen in Forschung und Innovation zugute (Dachs & Weber, 2022). Für andere mögliche direktonal wirksame Ansatzpunkte wie die Unterstützung sozialer Innovationen oder die Nutzung der Potenziale geistes-, sozial- und kulturwissenschaftlicher Forschung lassen sich in Österreich derzeit nur wenige Beispiele finden. Verwiesen sei diesbezüglich auf das Förderprogramm Mobilität der Zukunft, das seit einigen Jahren soziale und organisatorische Innovationen explizit neben technologischen in den Vordergrund rückt (BMK, 2020). Insgesamt spielt die soziale Dimension von Innovation in der österreichischen Förderpolitik aber nach wie vor eine untergeordnete Rolle.

Mit dieser Entwicklung geht die Erkenntnis einher, dass für Systemveränderungen über soziotechnische Innovationen hinaus insbesondere deren „Generalisierung“, das heißt ihre Diffusion, Skalierung, Replikation und Adaption sowie ihre gesellschaftliche und kulturelle Einbettung, von zentraler Bedeutung für ihre klimarelevanten Wirkungen sind. Sowohl in Bezug auf soziotechnische Innovationen als auch in Bezug auf ihre Generalisierung existieren jedoch erhebliche Barrieren und es mangelt an geeigneten Beschleunigungsmechanismen, um historisch gewachsene Pfadabhängigkeiten zu überwinden. Hier sind häufig über Jahrzehnte gewachsene zentralisierte Infrastrukturen [vgl. Kap. 22 Netzgebundene Infrastrukturen], aber auch regulative Barrieren zu nennen. Als Beispiel sei hier auf neue Formen dezentraler Energieer-

² Vergleiche hierzu im Detail die österreichischen Forschungs- und Technologieberichte der vergangenen Jahre, in denen wiederholt die Aufteilung der öffentlichen Forschungs- und Innovationsförderung untersucht wurde.

zeugung verwiesen (z. B. Energiegemeinschaften), die sich erst seit wenigen Jahren durchzusetzen beginnen, nachdem das in diesem Bereich bestehende Systemversagen durch regulative Anpassungen behoben wurde. Zugleich gilt es die Möglichkeiten, die neue technologische Entwicklungen für ein gutes und zugleich klimafreundlicheres Leben bieten, frühzeitig zu erkennen, zu unterstützen und ihre Umsetzbarkeit im Systemkontext zu ermöglichen. Strukturelle und institutionelle Bedingungen spielen hierbei eine zentrale Rolle.

13.2 Notwendige Veränderungen struktureller und institutioneller Bedingungen für soziotechnische Innovationen und ihre Generalisierung

Um die Möglichkeiten für ein gutes klimafreundliches Leben zu schaffen, gilt es nicht nur die strukturellen und institutionellen Bedingungen für die Entstehung und Genese soziotechnischer Innovationen zu überdenken, sondern auch jene, die für deren Generalisierung und gesellschaftliche Einbettung erforderlich sind. Neben diesen beiden Facetten gehen wir im Folgenden auch auf wichtige dynamische Phänomene ein, die bei der Gestaltung dieser Bedingungen beachtet werden müssen.

13.2.1 Genese soziotechnischer Innovationen

Innovationen wurden und werden nach wie vor häufig im Sinne technologischer Innovationen verstanden, die insbesondere durch Impulse aus Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten vorangetrieben werden. Dieses auch als lineares „science and technology-push“ bezeichnete Modell von Innovation wird zwar seit Jahrzehnten als realitätsfern kritisiert,³ spiegelt sich aber dennoch in den strukturellen und institutionellen Bedingungen sowie den zugehörigen Politikmaßnahmen unseres Forschungs- und Innovationssystems wider. Das traditionelle Verständnis, dass Forschungs- und Technologieentwicklung als wichtiger Treiber von Innovation angesehen wird, soll nicht gänzlich verworfen werden – man denke nur an die Auswirkungen der Digitalisierung auf nahezu alle Lebensbereiche –, es wird aber zunehmend anerkannt, dass (1) die Nutzung der Möglichkeiten neuer

Technologien erst durch komplementäre soziale, organisatorische und institutionelle Innovationen möglich wird und dementsprechend auch in einem direktionalen Sinne gelenkt werden kann (z. B. vor dem Hintergrund ethischer Prinzipien) und (2) dass die soziale Dimension von Innovationen im Hinblick auf ihre klimafreundlichen Effekte zunehmend in den Vordergrund rückt⁴ und neue technologische Möglichkeiten dabei eine eher instrumentelle Rolle einnehmen (van der Have & Rubalcaba, 2016; Wittmayer et al., 2022). Dementsprechend wird auch die häufig als positiv betrachtete Verknüpfung von (technologischer) Innovation mit Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum zunehmend hinterfragt und zumindest durch das Anstreben gleich- oder höherrangiger direktonaler Ziele wie den Nachhaltigkeitszielen der UN ergänzt (Kastrinos & Weber, 2020; Schlaile et al., 2017; Tödting & Trippel, 2018). Offene Reflexionsprozesse können dazu beitragen, den kontinuierlichen Wandel gesellschaftlicher Zielorientierungen unter den Bedingungen von Komplexität, Ungewissheit und Ambivalenz transparent zu begleiten (Funtowicz & Ravetz, 1999; Stirling, 2007).

Ein entsprechender Wandel des Innovationsverständnisses und der politischen Programmatik könnte auch zu Veränderungen der institutionellen Bedingungen und Anreize führen. Für eine Transformation zu einem guten klimafreundlichen Leben müsste man die komplementären sozialen und organisatorischen Innovationsdimensionen institutionell verankern (z. B. durch die Ausrichtung von Fördermaßnahmen auf umfassende und nicht nur technologisch definierte Innovationskonzepte), damit neue, nicht zuletzt auch technologisch inspirierte Innovationen in der Praxis wirksam werden können. Derzeit ist der Stellenwert sozialer und organisatorischer Innovationen in der Forschungs- und Innovationsförderung in Österreich allerdings gering, besonders im Vergleich mit Deutschland und einigen anderen europäischen Ländern.⁵ Darüber hinaus gilt es beispielsweise bei der Innovationsförderung nichttechnologischen Innovationen einen eigenständigen Raum neben den technologischen zuzuweisen bzw. nutzer- und bedarfsseitigen Impulsen („demand-/society-pull“) einen angemessenen Stellenwert als eigenständige Triebkräfte von Innovation zuzuweisen (Franke, 2014). Dazu kann auch zählen, einen ressourcenschonenderen Einsatz von neuen und existieren-

³ Die Kritik am linearen Science-and-technology-push-Modell von Innovation lässt zumindest bis in die frühen 1980er Jahre zurückverfolgen. Die Entstehung evolutionärer Ansätze in der Innovationsökonomie ist eng mit dieser Kritik verbunden (Nelson & Winter, 1982; Dosi et al., 1988). Sie findet sich aber auch in wissenschafts- und techniksoziologischer Forschungsansätzen, die etwa zur gleichen Zeit unter dem Leitbegriff des „social shaping of technology“ die soziale Gestaltung und Gestaltbarkeit von Technologien betonten (MacKenzie & Wajcman, 1985; Bijker et al., 1987).

⁴ Siehe hierzu die entsprechenden Kapitel zu den Handlungsfeldern Wohnen, Ernährung, Mobilität, Erwerbsarbeit und Sorgearbeit, für die soziale Innovationen eine große Rolle spielen, um ein gutes und klimafreundliches Leben zu ermöglichen [vgl. Kap. 4, 5, 6, 7 und 8].

⁵ Die Förderung sozialer Innovationen ist explizites Ziel der deutschen Hightech-Strategie 2025 und spiegelt sich in der Formulierung von deren Zukunftsthemen wider (BMBF 2018). Die neue Generation von Forschungs- und Innovationsförderprogrammen der schwedischen Agentur VINNOVA (z. B. Challenge-Driven Innovation) adressiert ebenfalls explizit soziale Innovationen als Teil eines umfassenden Innovationskonzepts (Lundin & Schwaag-Serger, 2018; Mollas-Gallart et al., 2021).

den Technologien durch entsprechende Verhaltensänderungen und gegebenenfalls auch suffizienzorientierte Konzepte zu ermöglichen.

Parallel zu dieser Verankerung eines erweiterten Innovationsverständnisses sind auch die Bedingungen für einen Ausstieg aus nicht nachhaltigen Praktiken („Exnovation“) zu beachten (David, 2017). So spielt das Eröffnen von Ausstiegsoptionen aus nichtnachhaltigen und klimaschädlichen Praktiken eine wichtige Rolle, um Widerständen gegen alternative, klimafreundlichere Optionen zu überwinden. Diese Debatte hat in Österreich bereits in einigen Bereichen Widerhall gefunden (z. B. beim Phase-out von Ölkesselheizungen, bei der offenen Debatte über den Ausstieg aus der Gasversorgung für den Wiener Altbaubestand und – perspektivisch – bei Plänen zur Umstellung der Stahlerzeugung von Koks und Gas auf Wasserstoff, aber auch im ökologischen Landbau), während in Deutschland häufig auf die breitgefächerten Aushandlungsprozesse im Zusammenhang mit dem Kohleausstieg verwiesen wird.

Vor diesem Hintergrund sind soziotechnische oder Systeminnovationen als Kombinationen von Veränderungen entlang mehrerer der genannten Innovationsdimensionen zu verstehen. Diese können sowohl inkrementeller als auch radikaler Natur sein und im Falle der technologischen Dimension Hightech-Lösungen ebenso umfassen wie Lowtech-Varianten. Die Reichweite und der Beitrag unterschiedlicher Innovationsdimensionen in Bezug auf eine klimafreundliche Gesellschaft lassen sich daher nur in ihrem Zusammenspiel adäquat erfassen. Zwar sind Abschätzungen des Potenzials von technologischen Innovationen insbesondere in stabilen Entwicklungsphasen möglich, ihre gesellschaftliche Wirkung zeigt sich aber erst durch die Verbindung mit veränderten sozialen Praktiken und organisatorischen oder institutionellen Veränderungen.

Deutlich schwieriger ist die Situation bei radikalen oder potenziell disruptiven Entwicklungen, bei denen bereits die Abschätzung technologischer oder wirtschaftlicher Parameter mit großen Unsicherheiten verknüpft ist, z. B. bei der kostengünstigen Bereitstellung von grünem Wasserstoff. Hinzu kommt, dass Innovationen, und zwar unabhängig davon, ob sie technologischer oder sozialer Natur sind, in hohem Maße der Ungewissheit unterliegen (vgl. u. a. Grunwald, 2018). Es bedürfen nicht nur bestimmte Parameter und Varianten einer Innovation der Klärung, sondern sie eröffnen komplett neue, bis dato unbekannte Möglichkeitsräume. Diese Ungewissheit verstärkt sich, wenn im Falle soziotechnischer Innovationen sowohl technologische als auch organisatorische und soziale Veränderungen erprobt werden sollen (bzw. auch ergänzt durch institutionelle Innovationen). Seit den 1990er Jahren wurde insbesondere in den Niederlanden versucht, dieser Problematik durch Verfahren des Constructive Technology Assessment und der Entwicklung sozio-technischer Szenarien zu begegnen (Rip, 2018; Schot & Rip, 1997), letzt-

lich lässt sich das Problem der Ungewissheit dadurch aber nur mildern. In der Praxis wird seit einigen Jahren versucht, durch sogenannte Reallabore bewusst Kontexte zu schaffen, um frühzeitig das Zusammenwirken der verschiedenen Aspekte von Innovation zu testen und dabei systematisch über geeignete Ausgestaltungsmöglichkeiten zu lernen.⁶ Reallabore gehen über klassische Test- und Demonstrationsumgebungen hinaus und sollen die notwendigen Übersetzungs- und Aushandlungsprozesse bis hin zur Bereitstellung von Forschungsinfrastruktur ermöglichen. Sie füllen damit eine Lücke im Innovationssystem, um über soziotechnische Innovationen hinauszugehen und transformative Veränderungen anzustoßen. Dies kann beispielsweise im Sinne eines klimaverträglichen Zusammenwirkens von neuen Technologien und Verhaltensänderungen geschehen sowie im Hinblick auf die organisatorischen und regulativen Rahmenbedingungen, die hierfür notwendig wären (An et al., 2019). Seit Herbst 2020 liegen in Österreich nun auch die rechtlichen Voraussetzungen für „Regulatory Sandboxes“ vor, mit deren Hilfe die regulativen und organisatorischen Rahmenbedingungen erprobt werden können, wie jüngst am Beispiel von Energiegemeinschaften in Österreich (Veseli et al., 2021).

Hinzu kommt das aus vielen Bereichen bekannte Phänomen der Rebound-Effekte, aufgrund derer die Nachhaltigkeits- oder auch klimabezogenen Potenziale von Innovationen durch Verhaltensänderungen überkompensiert werden (Polimeni et al., 2009). Es gilt Rahmenbedingungen zu schaffen, die das Auftreten negativer Rebounds reduzieren und sicherstellen, dass sowohl die technologischen als auch die verhaltensseitigen Veränderungen den Anforderungen eines guten klimafreundlichen Lebens entsprechen. Ähnliche Rebound-Effekte können daneben auch im Hinblick auf raumstrukturelle Faktoren auftreten. Diese zeigen sich beispielsweise in Bezug auf das Mobilitätsverhalten (Seebauer et al., 2018). Ein Beispiel hierfür ist die Beobachtung, dass eine Reduktion des Zeiteinsatzes für das tägliche Pendeln zur Arbeit (z. B. aufgrund von Telearbeit) durch einen zumindest teilweise höheren Zeiteinsatz für Freizeitmobilität kompensiert wird. Auch erhöht sich im Sinne eines Rebound-Effekts die Bereitschaft für längere Pendelzeiten und eine größere Entfernung zwischen Wohn- und Arbeitsort, wenn nicht mehr täglich, sondern nur noch an einzelnen Tagen Präsenz im Büro erforderlich ist (Rietveld, 2011). Diese Art von Phänomenen gilt es bei der Entwicklung von neuen innovativen Lösungen zu antizipieren und zu berücksichtigen.

Im Zusammenhang mit soziotechnischen Innovationen bestehen Probleme bei der Ex-ante-Wirkungsabschätzung von Innovationen, deren Eigenschaften und mögliche Verwendung häufig noch gar nicht bekannt sind. Dies mag ein ver-

⁶ Als Beispiele sei hier auf die Vorzeigeregionen des KLIEN und die Mobilitätslabore im Rahmen des Förderprogramms Mobilität der Zukunft verwiesen.

gleichsowie geringes Problem bei inkrementellen Innovationen sein, aber eine massive Herausforderung in der Frühphase radikaler Neuerungen und bei sehr raschen Entwicklungen wie beispielsweise im Bereich der Digitalisierung. Im Sinne des Collingridge-Dilemmas lassen sich die möglichen Wirkungen von Innovationen und damit ihre Bewertung (ökonomisch, ökologisch, sozial) erst im Zuge ihrer Umsetzung beobachten, was aber zugleich bedeutet, dass sie in ihrer Einbettung häufig bereits so weit fortgeschritten sind, dass ihre Entwicklungsrichtung und Direktionalität nur noch eingeschränkt veränderbar ist (Collingridge, 1980). Die angesprochenen Reallabore können dieses Dilemma nicht vollständig auflösen. Eine engmaschige Begleitung und Wirkungsbewertung im Zuge der Praxisumsetzung von soziotechnischen Innovationen ist daher eine wichtige Ergänzung, gegebenenfalls im Rahmen szenariobasierter Verfahren der Wirkungsabschätzung. Es lässt sich in Österreich zwar ein wachsendes Bewusstsein für die Notwendigkeit einer Weiterentwicklung der Assessment-, Monitoring- und Evaluierungspraktiken feststellen, was sich bislang aber noch nicht hinreichend in der Ausgestaltung begleitend-formativer Evaluierungsprozesse von Programmen und Strategien niederschlägt.

13.2.2 Generalisierung soziotechnischer Innovationen und gesellschaftlicher Wandel

Die Generalisierung und Einbettung von Innovationen sind entscheidend dafür, ob sie eine Wirkung im Hinblick auf eine klimafreundliche Gesellschaft entfalten können oder nicht. Generalisierungsprozesse von Innovationen sind zum einen im Sinne einer konzeptionellen Verallgemeinerung zu verstehen (z. B. im Sinne der Ableitung von allgemeinen Prinzipien, Modellen und Praktiken) und zum anderen im Sinne einer breiteren Wirksamkeit durch die Diffusion, Skalierung, Replikation (gegebenenfalls ergänzt durch Adaption) oder Institutionalisierung von neuen Lösungen. Durch die Generalisierung von Innovationen können generell wichtige richtungsgebende Impulse gegeben werden, die auch Signalwirkung für die Ausgestaltung zukünftiger Innovationsprozesse haben. Die gestalterischen Möglichkeiten im Zuge dieser Generalisierungsprozesse bedürften generell größerer Aufmerksamkeit und entsprechender institutioneller Verankerung.

Sengers et al. (2021) unterscheiden vier verschiedene Generalisierungspfade, um ausgehend von Innovationsexperimenten eine breitere Einbettung der dabei entwickelten neuen Lösungen zu ermöglichen:

- Replizieren und Verbreiten („Replication & Proliferation“): Durch die Übertragung und Anpassung von neuen experimentellen Lösungsansätzen an andere Standorte kommt es zur Verbreitung dieser neuen Ansätze.
- Expandieren und Konsolidieren („Expansion & Consolidation“): Durch das Wachsen einer neuen experimentellen Lösung konsolidiert sich ihre Rolle und gegebenenfalls ihr Marktanteil, bis sie unter Umständen eine dominierende Rolle in einem System einnimmt und dieses nachhaltig verändert.
- Infragestellen und Umdeuten („Challenging & Reframing“): Es werden die vorherrschenden Spielregeln und institutionellen Bedingungen in Frage gestellt, um auf diese Weise transformativ wirkende Veränderungen in den institutionellen und Governance-Arrangements anzustoßen.
- Zirkulieren und Verankern („Circulation & Anchoring“): Im Gegensatz zum Infragestellen und Umdeuten von außen kommt es hierbei zu einer internen Weiterentwicklung aufgrund der Verbreitung und Verankerung von neuem Wissen.

Für Generalisierungsprozesse sind nachfrageseitige Impulse sehr wichtig (Edler & Georghiou, 2007; Boon & Edler, 2018). So spielen Marktmechanismen, Skaleneffekte (z. B. Kostendegression durch hohe Stückzahlen und gemeinsame Standards) und Netzwerkeffekte (z. B. Synergien bei einer großen Anzahl von Nutzer_innen) eine große Rolle für die Beschleunigung von Generalisierungsprozessen bei Innovationen. Insofern sind auch nachfrageseitige Instrumente wie CO₂-Steuern ein geeignetes Anreizinstrument für das Aufgreifen und die Einbettung klimafreundlicher Innovationen. Die in Österreich im Jahr 2022 eingeführte ökologische Steuerreform weist directionale Elemente auf und kann durch ihre nachfrageseitigen Effekte eine beschleunigende Wirkung auf die Generalisierung soziotechnischer Innovationen ausüben. Soziale und organisatorische Innovationen sind häufig weniger durch Skaleneffekte und ihre Wirkung auf Preise getrieben, weshalb Marktmechanismen bei derartigen Innovationen in ihrer Generalisierungswirkung beschränkt sind (Howaldt et al., 2017). Es ist nach wie vor eine offene Forschungsfrage, wie Generalisierungsmechanismen im Falle sozialer Innovationen ausgestaltet werden können. Erste Ansätze dafür werden in einigen wenigen österreichischen Förderprogrammen erprobt, wo beispielsweise durch Aufbau von Communities of Practice oder den Einsatz von Innovationslaboren versucht wird, soziale Innovationen nicht nur anzustoßen, sondern ihnen auch zu einer breiteren Wirksamkeit zu verhelfen. Ein weiterer Ansatzpunkt ist im Ausbau innovationsorientierter Beschaffungsprozesse zu sehen, die neben Regulierung und Standardisierung sowie Informationen und Anreizen für das Konsum- und Investitionsverhalten einen vierten wichtigen Baustein nachfrageseitiger Generalisierungsmechanismen darstellen (Edquist et al., 2015; Edquist & Zabala-Iturriagoitia, 2020). In Österreich sind in den vergangenen Jahren die Möglichkeiten für die Unterstützung von innovativen Lösungsansätzen durch den Einsatz

öffentlicher Beschaffung verbessert worden. So wurde die innovationsorientierte Beschaffung strukturell und institutionell in der Bundesbeschaffungsbehörde verankert. Bislang wird dieses Instrument allerdings nur in bescheidenem Maße eingesetzt (Buchinger, 2017).

Die jüngere Literatur zu transformativer und missionsorientierter Innovationspolitik betont, dass durch das Zusammenwirken angebotsseitiger (z. B. durch Forschungs- und Innovationsförderung) und nachfrageseitiger (z. B. Beschaffung, Regulierung) Impulse ein Regime- und Systemwandel zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen angestoßen werden kann (OECD, 2021; Wanzenböck et al., 2020; Diercks et al., 2019; Kattel & Mazzucato, 2018). Zu den zentralen institutionellen Herausforderungen zählt in diesem Zusammenhang das kohärente und abgestimmte Vorgehen verschiedener Politikbereiche und – in manchen Feldern – Politikebenen. Die effektive Verzahnung der verschiedenen Politikfelder gilt als eine der zentralen institutionellen Voraussetzungen für das Anstoßen von Systemtransformationen. Die jüngeren Debatten über transformative Missionen (vgl. Kuittinen et al., 2018; Polt et al., 2021; Wanzenböck et al., 2020) betonen daher den Bedarf an verbesserter Politikkoordination, und zwar sowohl in horizontaler (zwischen Politikfeldern), vertikaler (zwischen Politikebenen) und in zeitlicher (in Bezug auf das Timing von Interventionen) Hinsicht. Mit den jüngeren Strategien wie Mission Innovation im Energiebereich und der FTI-Strategie Mobilität⁷ wurden Schritte gesetzt, um die bisherigen thematischen Förderprogramme in diesen Bereichen stärker im Sinne transformativer Missionen auszurichten und enger mit den Strategien der jeweiligen sektoralen Politiken abzustimmen.

Die von der EU-Kommission angestoßenen Missionen haben ebenfalls dazu beigetragen, die Aufmerksamkeit für das Problem der Politikkoordination zu erhöhen. Die fünf Missionen in Horizon Europe haben dazu geführt, dass auf nationaler Ebene komplementäre Governance-Strukturen aufgebaut werden, um die EU-Missionen effektiv zu unterstützen und zugleich bestmöglich nutzen zu können. Im Rahmen der österreichischen FTI-Strategie 2030 wurde im September 2021 die Arbeitsgruppe „EU-Missionen“ etabliert, um im Zusammenwirken verschiedener Ministerien, Agenturen und forschungs- und innovationstreibender Organisationen die Aktivitäten in Österreich in Bezug auf die fünf EU-Missionen besser abzustimmen und auszurichten. In einer längerfristigen Perspektive sind für die Generalisierung soziotechnischer Innovationen im Sinne eines guten klimafreundlichen Lebens auch weitere Politikbereiche (über die jeweils relevanten sektoralen Politikbereiche hinaus) für einen Regime- und Systemwandel von Bedeutung

(z. B. Bildungspolitik, Handelspolitik, Wettbewerbspolitik). Insbesondere der Bereich der Bildung spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle. Neben den strukturellen und politischen Maßnahmen zur Förderung von Innovationen und deren Anwendung in der Gesellschaft ist auch die Bildung von zukünftigen Innovatoren (z. B. auf universitärer Ebene) wichtig, um neue Denkmuster zu etablieren und dadurch einen kulturellen Wandel anzustoßen (OECD, 2019).

Der Fokus auf Generalisierungsprozesse zeigt, dass ein breiteres Set von institutionellen Rahmenbedingungen betrachtet werden muss, um soziotechnische Innovationen im Sinne eines Systemwandels effektiv nutzen zu können. Dafür müssen auch das Rollenverständnis des Staates (Borrás & Edler, 2020) und die Legitimationsmuster für staatliche Interventionen in Innovationsprozessen (Weber & Rohrer, 2012) weiterentwickelt werden. Aspekte der Direktionalität und der Klimawirksamkeit sind dabei stärker zu berücksichtigen.

13.2.3 Innovations- und Transformationsdynamik unter den Bedingungen von „wickedness“

Soziotechnische Innovationen und damit zusammenhängende Transformationen sind Prozesse, bei denen Komplexitätsphänomene unterschiedlicher Art auftreten. Die Entstehung von Pfadabhängigkeiten und die Herausbildung von sogenannten dominanten Designs (also von Designs, an denen sich alle Wettbewerber und Innovatoren in einem Markt orientieren müssen, um Erfolg zu haben, vgl. Abernathy & Utterback, 1978) zählen ebenso dazu wie die Ungewissheit, die untrennbar mit Innovationen verbunden ist. Im Falle einer Transformation hin zu einem guten klimafreundlichen Leben verschärfen sich diese Problematiken zu sogenannten „wicked problems“.⁸ Zu diesen tragen die Spannungsfelder und Tradeoffs zwischen der Befriedigung gesellschaftlicher Bedürfnisse einerseits und klimafreundlicher Anforderungen andererseits bei.

Die zentrale Herausforderung besteht darin, die Dynamik soziotechnischer Innovationen im Sinne der Schaffung neuer und der Überwindung überkommener Entwicklungspfade zu nutzen, und dies angesichts der vielfältigen Facetten von Ungewissheit, Komplexität und Ambivalenz dieser Pfade.

Besonders anschaulich zeigt sich diese Problematik im Bereich der digitalen Plattformen, die eine rasche Verbreitung neuer sozialer Praktiken auf der Basis vernetzter Infrastrukturen ermöglicht haben,⁹ deren Effekte häufig unklar

⁷ Vgl. Mission Innovation (<http://mission-innovation.net/>) und FTI-Strategie Mobilität (<https://mobilitaetderzukunft.at/de/fti-strategie-mobilitaet/fti-strategie-mobilitaet.php>).

⁸ „Wicked problems are societal problems that are complex, unpredictable, and have poorly defined boundaries, while the so-called tame problems are inherently different by resembling more typical scientific and technical problems.“ (Rittel & Webber, 1973).

⁹ Tuomi (2012) spricht in diesem Zusammenhang von „ontological expansion“, also der Erweiterung des vorstellbaren Möglichkeitsraums von Innovationen.

sind, die sich zugleich aber deutlich schneller entwickeln, als staatliche Akteure zeitgerecht und gestaltend eingreifen könnten. Dabei können noch unbekannte, in manchen Fällen auch schlichtweg übersehene oder vernachlässigte Rebound-Effekte beim Einsatz von neuen technologischen Möglichkeiten in ihrem Zusammenwirken mit sozialem Verhalten auftreten.

Im Hinblick auf institutionelle Rahmenbedingungen für ein gutes klimafreundliches Leben bedeutet dies, dass die Fähigkeit zur direktionalen Gestaltung von Transformationspfaden und zur Wirkungsabschätzung soziotechnischer Innovationen sehr eingeschränkt ist und eine sehr engmaschige Begleitung dieser Veränderungsprozesse in Echtzeit notwendig wäre. Die skizzierten institutionellen Veränderungsprozesse stellen sehr hohe Governance-Anforderungen, die zwischen Gestaltungs- und Orientierungsanspruch der Politik einerseits und der Anerkennung der Autonomie und Selbstorganisation der Akteur_innen im Innovationssystem andererseits eine geeignete Balance finden muss. Diesbezüglich stoßen wir an die Grenzen des derzeitigen Wissensstandes, was die Notwendigkeit nach sich zieht, neue Ansätze gesellschaftlicher und politischer Gestaltung struktureller und institutioneller Bedingungen in demokratischen Gesellschaften zu entwickeln.

13.3 Handlungsmöglichkeiten und Gestaltungsoptionen

Die skizzierten Entwicklungen legen eine Reihe von Ansatzpunkten und Handlungsoptionen für die weitere Gestaltung struktureller und institutioneller Bedingungen nahe, mit deren Hilfe klimarelevante Innovationsaktivitäten und deren Generalisierung vorangetrieben werden könnten:

- Markt- und strukturelles Systemversagen bilden die etablierten Begründungen für staatliche Intervention in Innovationssysteme. Das Argument transformativen Systemversagens hat zumindest im Bereich der FTI-Politik zunehmend Gehör gefunden. Wenn es gelingt, transformatives Systemversagen als Legitimationsgrundlage für staatliches Handeln auch in anderen innovations- und transformationsrelevanten Politikbereichen zu etablieren, kann das Instrumentarium zur politischen Mitgestaltung von Systemtransformationen ausgeweitet werden.
- Richtungsgebung bzw. Direktionalität wurde im Bereich der FTI-Politik bislang im Wesentlichen mit Hilfe von thematischen Förderprogrammen verfolgt. Sie spielt derzeit vor allem im Rahmen der Bemühungen um eine missionsorientierte Innovationspolitik eine große Rolle. Nur in Einzelfällen (wie jüngst bei der gestaffelten Umsetzung der steuerlichen Investitionsprämie aus dem österreichischen Corona-Maßnahmenpaket) sind bislang auch strukturelle Maßnahmen richtungsgebend ausgestaltet worden. Durch die Berücksichtigung direktonaler Elemente bei der Ausgestaltung struktureller Instrumente, themenoffener Programme und steuerlicher Anreize für F&E könnte die Klimawirksamkeit ihrer Wirkung erhöht werden.
- Soziale, organisatorische und institutionelle Dimensionen von Innovation werden in der Literatur als zunehmend wichtig anerkannt, und zwar sowohl als wichtige Ergänzung technologischer Innovationen als auch im Sinne eines Anstoßes für diese. Dies gilt speziell auch mit Blick auf die Verbreitung und Einbettung von neuen Lösungen. Bislang werden soziale Innovationen nur in geringem Ausmaß in den verschiedenen Förderinstrumentarien berücksichtigt, auch wenn es einzelne Vorreiterinitiativen wie Innovationslabore, Regulatory Sandboxes (z. B. Energie.Frei.Raum Programm; vgl. FFG (2021)) oder Vorzeigeregionen Energie gibt. Das komplexe Zusammenwirken der verschiedenen Innovationsdimensionen macht einen experimentellen Zugang bei der Innovationsförderung notwendig. Ein Ausbau des FTI-politischen Instrumentariums um soziale und organisatorische Dimensionen könnte daher neue Anstöße für klimafreundliche Innovationen geben.
- Eine angemessene Balance zwischen themenoffener Grundlagen- und angewandter Forschung sowie zwischen strukturellen und thematisch ausgerichteten F&I-Fördermaßnahmen gilt als wichtige Voraussetzung für ein leistungsfähiges und klimafreundliches Innovationssystem. Durch eine Stärkung des Beitrags sozial- und gesellschaftswissenschaftlicher Forschung und Innovation könnten auch die sozialen, organisatorischen und institutionellen Dimensionen von Innovation besser angesprochen werden.
- Nachfrageseitige Instrumentarien wie öffentliche Beschaffung und Regulierung bilden einen wichtigen Bestandteil eines Policy Mix, mit dessen Hilfe die Verbreitung und Generalisierung klimafreundlicher Innovationen vorangetrieben werden kann. Die hierfür notwendigen Instrumentarien sind grundsätzlich vorhanden, werden aber bislang nur begrenzt eingesetzt und wirksam. Durch einen breiteren Einsatz speziell von öffentlichen Beschaffungsinitiativen könnten verstärkt klimafreundliche Innovationsimpulse induziert werden.
- Systemtransformationen bedürfen eines abgestimmten Vorgehens unterschiedlicher Akteur_innen des öffentlichen, privaten und dritten Sektors. Klare strategische Orientierungen seitens der Politik, unterstützende strukturelle und institutionelle Bedingungen und eine frühzeitige Einbindung der betroffenen Stakeholder können dazu beitragen, die Unsicherheiten in Bezug auf Zukunftsinvestitionen zu reduzieren und somit auch eine langfristige Ausrichtung der Innovationsstrategien von Unternehmen, Forschungsorganisationen und anderen Innovationsakteu-

ren auf klimafreundliche Lösungen zu unterstützen. Im öffentlichen Einflussbereich könnten in diesem Sinne auch die mehrjährigen Leistungsvereinbarungen angepasst werden.

- Die Kohärenz der politischen Innovationsimpulse – von der FTI-Politik über die sektoralen Politiken bis hin zu generischen Politikfeldern – wird bestimmt von den Governance-Strukturen und Prozessen zur horizontalen und vertikalen Politikkoordination. Die derzeit diskutierten Vorschläge für transformative und missionsorientierte Politik (z. B. im Hinblick auf die fünf EU-Missionen) verstärken den Abstimmungsbedarf zwischen Politikfeldern und reichen über den Bereich der FTI-Politik hinaus. Eine Weiterentwicklung der Governance im Sinne transformativer und missionsorientierter Ansätze könnte dazu beitragen, die ressortübergreifende Zusammenarbeit im Sinne übergreifender klimafreundlicher Strategien zu intensivieren.
- Umfassendere Governance-Konzepte mit höheren Anforderungen an die Politikkoordination (horizontal, vertikal, zeitlich und im Mehrebenensystem) erfordern entsprechende Kapazitäten und Fähigkeiten in Politik und öffentlicher Verwaltung. Sie bergen auch das Risiko aufwendiger und schwerfälliger Abstimmungsprozesse in sich, die die Handlungsfähigkeit des Staates eher schwächen als stärken könnten. Um agile Organisationsstrukturen und -prozesse im Rahmen einer transformativen Innovationspolitik zu etablieren, könnten institutionelle Innovationen experimentell erprobt werden, und zwar sowohl im Hinblick auf die operative Abwicklung von Politikmaßnahmen als auch bei den vorgelagerten strategischen Entscheidungsprozessen.
- Angesichts der wachsenden Komplexität von Innovations- und Transformationsprozessen, die durch vielfältige Ungewissheiten und Rebound-Effekte gekennzeichnet sind, spielen Prozesse des Politiklernens eine immer wichtigere Rolle. Durch den Aufbau geeigneter Kompetenzen in den Bereichen Vorausschau, formative Begleitung, Evaluierung und Anpassung von Politikstrategien könnten die Voraussetzungen geschaffen werden, um umfassende Transformationsprozesse zu begleiten und nachzujustieren, und zwar sowohl auf der Ebene einzelner Maßnahmen als auch auf der Ebene von Systemen (z. B. Energiewende, Mobilitätswende etc.).

- Australia, Austria, Germany, Italy, the Netherlands, the United Kingdom and the United States. ISGAN Annex 2 Smart Grid Case Studies. International Energy Agency.
- Biegelbauer, P., Weber, M. (2018). EU research, technological development and innovation policy. In H. Heinelt und S. Münch (eds.), *Handbook of European Policies: Interpretive Approaches to the EU* (241–259). Edward Elgar.
- Bijker, W.E., Hughes, T.O., Pinch, T. (eds.) (1987). *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Academic Press.
- BMBF (2018). *Forschung und Innovation für die Menschen. Die Hightech-Strategie 2025*. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin.
- BMBWF, BMK, BMDW (2021). *Österreichischer Forschungs- und Technologiebericht*. BMBWF/BMK/BMDW, Wien.
- BMK (2020). *Mobilität der Zukunft. Das Forschungs-, Technologie- und Innovationsförderprogramm für Mobilität 2012–2020*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Boon, W., Edler, J. (2018). Demand, challenges, and innovation. *Making sense of new trends in innovation policy*. *Science and Public Policy*, 45(4), 435–447.
- Borrás, S., Edler, J. (2020). The roles of the state in the governance of socio-technical systems' transformation. *Research Policy*, 49(5), 103971.
- Buchinger, E., Dachs, B., Leitner, K.-H., Wang, A., Polt, W., Unger, M., Streicher, J., Janger, J., Schmidt, N., Weingärtner, S., Stampfer, M., Strassnig, M., Nagl, E., Lasinger, D. (2017). *Background Report OECD Review of Innovation Policies: Austria*. AIT/Joanneum Research/WIFO/WWTF, Vienna.
- Buchinger E. (2017). *Strategische öffentliche Beschaffung in Österreich: Eine Bestandsaufnahme*, Rat für Forschung und Technologieentwicklung. AIT, Wien.
- Bundeskanzleramt (2020). *Regierungsprogramm 2020–2024*. Österreichisches Bundeskanzleramt, Wien.
- Collingridge, D. (1980). *The social control of technology*. Pinter.
- Dachs, B., Weber, M. (2022). *National recovery packages, innovation, and transformation*, Studie im Auftrag des Rats für Forschung und Technologieentwicklung. AIT, Wien.
- Daimler, S., Hufnagl, M., Warnke, P. (2012). *Challenge-Oriented Policy-Making, and Innovation Systems Theory: Reconsidering Systemic Instruments*. In Fraunhofer ISI (ed.), *Innovation system revisited – Experiences from 40 years of Fraunhofer ISI research* (217–234). Fraunhofer Verlag.
- David, M. (2017). Moving beyond the heuristic of creative destruction: Targeting exnovation with policy mixes for energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 33, 138–146.
- Diercks, G., Larsen, H., Steward, F. (2019). Transformative innovation policy: Addressing variety in an emerging policy paradigm. *Research Policy*, 48(4), 880–894.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L. (eds.). (1988). *Technical Change and Economic Theory*. Pinter.
- Edler, J., Georgiou, L. (2007). Public procurement and innovation – Resurrecting the demand side. *Research Policy*, 36(7), 949–963.
- Edquist, C., Vonortas, N.S., Zabala-Iturriagoitia, J.M., Edler, J. (eds.). (2015). *Public Procurement for Innovation*. Edward Elgar.
- Edquist, C., Zabala-Iturriagoitia, J.M. (2020). Functional procurement for innovation, welfare, and the environment. *Science and Public Policy*, 47(5), 595–603.
- European Commission (2017). *LAB – FAB – APP Investing in the European future we want. Report of the independent High Level Group on maximising the impact of EU Research & Innovation Programmes*. European Commission, Brussels.
- European Commission (2019). *The European Green Deal, Communication from the Commission, COM(2019) 640 final*, Brussels

13.4 Quellenverzeichnis

- Abernathy, W., Utterback, J. M. (1978). Patterns of industrial innovation. *Technology Review*, 80, 97–107.
- An, A., Bauknecht, D., Gianinoni, I., Heeter, J., Kerkhof-Damen, N., Pascoe, O., Peyker, U., Poplavskaya, K. (2019). *Innovative Regulatory Approaches with Focus on Experimental Sandboxes*. Casebook.

- European Commission (2020). A New Industrial Strategy for Europe, Communication from the Commission. European Commission, Brussels.
- European Commission (2021a). European Green Deal. Delivering on our targets. European Commission, Brussels.
- European Commission (2021b). European Missions, Communication from the Commission. European Commission, Brussels.
- European Commission (2021c). Horizon Europe. Strategic Plan 2021–2024. European Commission, Brussels.
- European Commission (2021d). A robust and harmonized framework for reporting and monitoring European Partnerships in Horizon Europe. First interim report, Independent Expert Group on support for the Strategic Coordinating Process for Partnerships. European Commission, Brussels.
- FFG (2021). *Energie.Frei.Raum: Förderprogramm des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) Ausschreibungsleitfaden: 2. Ausschreibung*. BMK.
- Franke, N. (2014). User-Driven Innovation, In Dodgson, M., Gann, D.M., & Phillips, N. (eds.). *The Oxford Handbook of Innovation Management* (83–101). Oxford University Press.
- Godin, B. (2015). *Innovation Contested: The Idea of Innovation Over the Centuries*. Routledge.
- Grunwald, A. (2018). Diverging pathways to overcoming the environmental crisis: A critique of eco-modernism from a technology assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, 197, 1854–1862.
- Howaldt, J. u. a. (2017). Towards a General Theory and Typology of Social Innovation, SI-DRIVE Deliverable 1.6. TU Dortmund.
- Kastrinos, N., Weber, K.M. (2020). Sustainable development goals in the research and innovation policy of the European Union, *Technological Forecasting and Social Change*, 157, 120056.
- Kattel, R., Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policy and dynamic capabilities in the public sector. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 787–801.
- Kuittinen, H., Polt, W., Weber, K.M. (2018). Mission Europe? A revival of mission-oriented policy in the European Union. in RFTE – Council for Research and Technology Development (ed.), *RE:THINKING EUROPE. Positions on Shaping an Idea* (191–207). Holzhausen Verlag, Vienna.
- Lundin, N., Schwaag-Serger, S. (2018). Agenda 2030 and A Transformative Innovation Policy Conceptualizing and experimenting with transformative changes towards sustainability. TIPC Working Paper 2018-01, Transformative Innovation Policy Consortium. University of Sussex, Brighton.
- MacKenzie, D., Wajeman, J. (eds.). (1985). *The Social Shaping of Technology*. Open University Press.
- Meyer, S., Fischl, I., Ruhland, S., Sheikh, S., Kehm, B., Leo, H., Löther, A., Sturn, F. (2009). Das Angebot der direkten FTI-Förderung in Österreich. Teilbericht 5 der Systemevaluierung der österreichischen Forschungsförderung und -finanzierung. KMU Forschung Austria, Wien.
- Mollas-Gallart, J., Boni, A., Giachi, S., Schot, J. (2021). A formative approach to the evaluation of Transformative Innovation Policies. *Research Evaluation*, 30(4), 431–442.
- Nelson, R.R., Winter, S.G. (1982.). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press.
- OECD (2018). *OECD Reviews of National Innovation Policy: Austria*. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.
- OECD (2019). *Supporting Entrepreneurship and Innovation in Higher Education in Austria*. OECD Skills Studies. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.
- OECD (2021). *The design and implementation of mission-oriented innovation policies*. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.
- Polimeni, J.M., Mayumi, K., Giampietro, M., Alcott, B. (2009). The Myth of Resource Efficiency: The Jevons Paradox. *Earthscan*.
- Polt, W., Ploder, M., Breitfuss, M., Daimer, S., Jackwerth, T., Zielinski, A. (2021): *Politikstile und Politikinstrumente in der F&I-Politik, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 7/2021*. Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.
- Ravetz, A., Funtowicz, A. (1999). Post-Normal Science – an insight now maturing. *Futures*, 31, 641–646.
- Rip, A. (2018). *Futures of Science and Technology in Society*. Springer, Wiesbaden.
- Rietveld, P. (2011). Telework and the transition to lower energy use in transport: On the relevance of rebound effects. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), 146–151.
- Rittel, H. W. J., Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences*, 4, 155–69.
- Schlaile, M.P., Urmetzer, S., Blok V., Andersen, A.D., Timmermans, J., Mueller, M., Fagerberg, J., Pyka, A. (2017). Innovation Systems for Transformations towards Sustainability? Taking the Normative Dimension Seriously. *Sustainability*, 9(12), 2253.
- Schot, J., Rip, A. (1997). The past and the future of constructive technology assessment, *Technological Forecasting and Social Change*. 54(2/3) 251–268.
- 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.
- Seebauer, S., Fruhmann, C., Kulmer, V., Soteropoulos, A., Berger, M., Getzner, M., Böhm, M. (2018). Dynamik und Prävention von Rebound-Effekten bei Mobilitätsinnovationen. Bericht an das BM-VIT im Rahmen des Programms Mobilität der Zukunft. Joanneum Research /TU Wien.
- Sengers, F., Turnheim, B., Berghout, F. (2021). Beyond experiments: Embedding outcomes in climate governance. *Environment and Planning C: Politics and Space*, 39(6), 1148–1171.
- Stirling, A. (2007). “Opening Up” and “Closing Down”: Power, Participation, and Pluralism in the Social Appraisal of Technology. *Science, Technology, & Human Values*, 33(2), 262–294.
- Tödtling, F., Trippl, M. (2018). Regional innovation policies for new path development – beyond neo-liberal and traditional systemic views. *European Planning Studies*, 26(9), 1779–1795.
- Tuomi, I. (2012). Foresight in an unpredictable world. *Technology Analysis & Strategic Management*, 24(8), 735–751.
- UBA (2021). *Ex-ante-Evaluierung des Jahresprogrammes 2021 des Klima- und Energiefonds*. Umweltbundesamt, Wien.
- Uyarra, E., Ribeiro, B., Dale-Clough, L. (2019). Exploring the normative turn in regional innovation policy: responsibility and the quest for public value. *European Planning Studies*, 27(12), 2359–2375.
- Van der Have, R.P., Rubalcaba, L. (2016). Social innovation research: An emerging area of innovation studies?. *Research Policy*, 45(9), 1923–1935.
- Veseli, A., Moser, S., Kubezko, K., Madner, V., Wang, A., Wolfsgruber, K. (2021). Practical necessity and legal options for introducing energy regulatory sandboxes in Austria. *Utilities Policy*, 73, 101296.
- Wanzenböck, I., Wesseling, J., Frenken, K., Hekkert, M.P., Weber, K.M. (2020). A framework for mission-oriented innovation policy: Alternative pathways through the problem-solution space. *Science and Public Policy*, 47(4), 474–489.
- Weber, K.M., 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), 1037–1047.
- Wittmayer, J.M., Hielscher, S., Fraaije, M., Avelino, F., Rogge, K. (2022). A typology for unpacking the diversity of social innovation in energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 88, 102513.