

System- und Innovationsforschung im Wandel

Aus der Geschichte für die Zukunft lernen¹

1. Einleitung

Es ist zu einem Gemeinplatz geworden, dass wir zur Bewältigung der enormen gesellschaftlichen Herausforderungen, vor denen wir weltweit stehen, Wandel unterstützen müssen. Um dies zu tun, müssen wir Innovation mobilisieren. Da Innovation und Wandel eng miteinander verwoben sind, ist es notwendig, ihr Zusammenspiel auch wissenschaftlich besser zu verstehen. Dies wird seit über fünf Jahrzehnten wesentlich von einzelnen Feldern der sogenannten System- und Innovationsforschung (SIF) geleistet. Hier wollen wir aufzeigen, wie sich diese Forschungsfelder im Zusammenspiel mit der durch sie beratenen Politik historisch entwickelt haben. Eine Reflexion dieser Ko-Evolution zielt darauf ab, das gegenseitige Verständnis zu stärken und damit das wechselseitige Einflussverhältnis von Wissenschaft und Politik zu verbessern. Angesichts dringender und komplexer werdender gesellschaftlicher Problemlagen erscheint uns das akuter denn je.

Für diese Reflexion schlagen wir nun ein Konzept vor, mit dem typische Muster der Forschungsfeldentwicklung verdeutlicht werden können. Wir illustrieren dies mit Beispielen aus der Entwicklung von ausgewählten SIF-Forschungsfeldern, basierend auf Beiträgen in Edler und Walz (2024c). Auf der Basis dieser Rekonstruktion werden wir einige Herausforderungen und Empfehlungen bzgl. der Funktionalität der Forschungsfelder in der Zukunft ableiten. Starten wollen wir mit der Definition, Abgrenzung und Differenzierung der System- und Innovationsforschung.

1 Dieser Beitrag basiert auf Edler/Walz 2024a und Edler/Walz 2024b. In Edler/Walz 2024c finden sich historische Analysen von neuen Feldern der System- und Innovationsforschung.

2. System- und Innovationsforschung

Die System- und Innovationsforschung bearbeitet wissenschaftlich zwei sich überschneidende Problemfelder. Erstens geht es darum, jene Prozesse besser zu verstehen, durch welche Neuerungen hervorgebracht werden, und wie sie in die Anwendung diffundieren und dort ihre Wirkung auf Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt entfalten. Um die dafür zugrundeliegenden Bedingungen zu erfassen, bedarf es eines Denkens in „Innovationssystemen“, d.h. alle Akteure und Institutionen, die den Innovationsprozess direkt oder indirekt beeinflussen, müssen einbezogen werden (Edquist 1997; Lundvall 1992). Zweitens analysiert die SIF die Art und Weise, wie funktionale (sektorale) „Produktions- und Konsum-Systeme“ (Geels et al. 2023) in allen gesellschaftlichen Bereichen (zum Beispiel Energie, Mobilität oder Gesundheit), funktionieren und sich weiterentwickeln.

Bei den einzelnen SIF-Feldern können wir zwischen horizontalen und vertikalen, d.h. sektorspezifischen Feldern, unterscheiden. Trotz ihrer Unterschiede haben die horizontalen Felder gemeinsam, dass sie durch analytische, methodische und diskursive Ansätze die Governance von unterschiedlichen Systementwicklungen analysieren und verstehen möchten. Beispiele für solche Forschungsfelder sind die Policy-Forschung im Bereich Wissenschafts- und Innovationspolitik, die Innovationsökonomie und -indikatorik, die Evaluation von Wissenschafts- und Innovationspolitik, die Technikfolgenabschätzung sowie Foresight. Vertikale Forschungsfelder fokussieren auf ausgewählte spezifische Anwendungsfelder bzw. Konsum- und Produktions-Systeme. Wichtige Beispiele für diese sind die Forschung zu systemischen Bedingungen von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz, zu Entwicklungen des Wasserinfrastruktursystems oder zu Produktionstechnologien.

3. Gemeinsame Ursprünge der SIF-Felder

Eine ausgiebige Analyse der Entwicklung der genannten Forschungsfelder zeigt gemeinsame Muster, die in einem einfachen Modell dargestellt werden können². Entstanden sind die Forschungsfelder vor 50–60 Jahren aufgrund der Erkenntnis, dass die traditionellen, seit langem etablierten wissenschaftlich-akademischen Disziplinen nicht mehr ausreichten, um neue Ansprüche zu erfüllen. Diese

2 Dieses konzeptionelle Modell und die weiter unten aufgeführten Beispiele basieren auf Edler/Walz 2024a, für die Analyse der einzelnen Felder siehe die Beiträge in dem Band von Edler/Walz 2024c.

bestanden im Wesentlichen darin, die sozioökonomischen und ökologischen Konsequenzen der rasanten technologischen Entwicklungen nach dem Zweiten Weltkrieg so zu verstehen, dass sie durch Politik besser gesteuert, eingehegt oder ausgerichtet werden konnten. Dieser Impuls war Ausdruck einer breiten Steuerungsgläubigkeit dieser Zeit (Esser et al. 2014). Eines der spezifischen und bestimmenden Merkmale der hier vorgestellten SIF-Bereiche besteht darin, dass sie von Anfang an eng mit der Politikgestaltung verbunden waren. Im Laufe ihrer Geschichte haben sie Konzepte und empirische Erkenntnisse zur Unterstützung, Untermauerung oder Bewertung politischer Maßnahmen geliefert.

Dieses Bedürfnis nach unmittelbar steuerungsrelevanten Erkenntnissen über die Entwicklung des Zusammenspiels von Technologie, Gesellschaft und Politik führte zur Entstehung eines praxisorientierten Forschungsansatzes und so auch zur Entwicklung von anwendungsorientierten Forschungsfeldern. Basierend auf etablierten akademischen Disziplinen entwickelte sich dieser Prozess kumulativ und rekursiv. Im Laufe der Zeit führte dieser ko-evolutionäre Prozess zu eigenen Forschungsfeldern mit ihren eigenen etablierten epistemologischen Strukturen und Akteurslandschaften.

Die SIF-Forschung entwickelte sich nach dem Zweiten Weltkrieg vor allem in den USA, etwa im Kontext der RAND Corporation, aber auch in Europa gibt es frühe Beispiele für diese Entwicklung (zum Beispiel Internationales Institut für anwendungsorientierte Systemanalyse (IIASA) in Österreich). Ende der 1960er und Anfang der 1970er Jahre wurden in mehreren europäischen Ländern neue Innovationsforschungseinrichtungen gegründet, zum Beispiel die Science Policy Research Unit an der University of Sussex, Policy Research in Engineering, Science and Technology an der University of Manchester, das Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA) an der Universität Straßburg und das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, wobei letzteres explizit für die System- und Innovationsforschung konzipiert wurde.

4. Gemeinsame Muster der SIF-Entwicklung

Obwohl sich die Ko-Evolution der einzelnen SIF-Forschungsfelder zusammen mit der durch sie beratenen Politik in jedem Forschungsbereich unterscheidet und sich im Laufe der Zeit verändert, kann man dennoch allgemeine Muster des gegenseitigen Einflusses von Politik und Forschung erkennen, die sich in vier Dimensionen unterteilen lassen.

Erste Dimension: Disruptive Entwicklungen

Auf den ersten Blick sind die vorherrschenden Triebkräfte für die Entwicklung der SIF-Felder *disruptive Entwicklungen im gesellschaftlichen, politischen, technologischen und/oder wirtschaftlichen Kontext* (vgl. Abbildung 1). Diese Veränderungen brachten neue Herausforderungen und Fragen mit sich, die neu entwickelte Forschungsdisziplinen zu beantworten versuchten. Die erste Ölpreiskrise Anfang der 1970er Jahre und die dadurch ausgelösten weltwirtschaftlichen Verwerfungen rückten die mit dem ersten Bericht des Club of Rome über die „Grenzen des Wachstums“ aufkommende Diskussion über die Passfähigkeit des vorherrschenden Wirtschaftsmodells mit den planetaren Grenzen in das breite öffentliche Interesse. Dies trug wesentlich zur Ausbildung von sektorspezifischen (vertikalen) Forschungsfeldern bei, zum Beispiel zu erneuerbaren Energien, zu Energieeffizienz oder zur effizienten Nutzung von Wasserressourcen (Hillenbrand et al. 2024; Jochem et al. 2024; Panny et al. 2024). Auch gesamtwirtschaftliche Herausforderungen rückten mehr und mehr in den Forschungsfokus der neuen Disziplinen. Die in den 1970er Jahren aufkommende Stagflation unterstützte die Suche nach Politiken, die Innovationen fördern und zur Überwindung der Stagnation beitragen sollten. In jüngerer Zeit führte die weltweite Entwicklung hin zu einer Plattformökonomie mit einem kontinuierlichen Strom neuer Wertschöpfungsmodelle. Neue theoretische Modelle und empirische Methoden mussten entwickelt werden, um die Generierung und die Rolle von Innovationen in den sich immer schwungvoller entwickelnden Innovationssystemen zu verstehen (Frietsch et al. 2024). Die politische Dynamik, die durch die Formulierung der Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) ausgelöst wurde, machte neue Analysen im Hinblick auf breitere Dimensionen der Nachhaltigkeit erforderlich und führte so zu neuen, umfassenderen Formen von Foresight-Aktivitäten (Cuhls et al. 2024). In der Innovationspolitik führte unter anderem die gestiegene Bedeutung der SDG zu einer Adressierung globaler Herausforderungen im Sinne einer missionsorientierten Politik. Dies inspirierte wiederum die Entwicklung einer konzeptionellen und evaluativen Unterstützung in der Implementierung einer derartigen Innovationspolitik. (Lindner et al. 2024).

Zweite Dimension: Befriedigung politischer Anliegen

Unser Vergleich der Genese von neun SIF-Feldern (vgl. Edler/Walz 2024c) legt nahe, dass der wichtigste Mechanismus in der Beeinflussung der Forschungsfelder die explizite *Formulierung konkreter politischer Anliegen* war (vgl. Abbildung 1). Eines der herausragendsten Beispiele hierfür ist die Technikfolgenabschätz-

zung. Sie entstand in den USA aus dem Bedürfnis der Parlamentarier nach einer von der Exekutive unabhängigen Expertise zur Unterstützung der Entscheidungsfindung in Bezug auf neue, disruptive technologische Entwicklungen (Heyen et al. 2024). Ein ähnlicher Mechanismus lässt sich bzgl. Foresight in der Wissenschafts-, Technologie- und Forschungspolitik (WTI) beobachten. Das Bedürfnis nach Evaluationen der WTI reagiert auf das Bedürfnis politischer Entscheidungsträger nach Erfüllung ihrer Rechenschaftspflicht und ist Ausdruck politischer Planungsambitionen im Rahmen zunehmender Unsicherheit und Komplexität. Die Forschungsfelder Wasser und Energie zeigen ein ähnliches Muster der Interaktion zwischen politischen Anliegen und (Weiter-)Entwicklung der Forschung. Im Forschungsfeld Wasserwirtschaft sind zahlreiche Rückkopplungen zwischen neu formulierten Zielen des Gewässerschutzes und Ausrichtung der Forschung zu beobachten. Gleichzeitig lösten die Forschungsergebnisse Anpassungen in der Wasserwirtschaft aus, die im Ergebnis den ökologischen Fußabdruck der Wasserressourcennutzung reduzierten, zugleich aber auch die Machbarkeit weiterer Reduktionen der Gewässerbelastung signalisierten. Auch im Forschungsfeld der Energieeffizienztechnologien sind diese Rückkopplungsschleifen zwischen politischem Anliegen und wissenschaftlicher Antwort zu beobachten: Die durch Forschung und Innovation erzielten Verbesserungen führten zu neuen politischen Ambitionen in Bezug auf die Festlegung von höheren Energieeffizienzstandards, was wiederum neue Forschung auslöste, um diese Ambitionen zu erreichen.

Dritte Dimension: Neue Konzepte und Theorien

Neue Konzepte und Theorien bilden die dritte Dimension (vgl. Abbildung 1) für den Wandel der Forschungsfelder. Ein Beispiel ist das nach dem Zweiten Weltkrieg etablierte und lange dominierende Konzept eines „linearen Innovationsmodells“, wonach Finanzierung von Grundlagenforschung linear auf Wirtschaft und Gesellschaft wirkt. Diese Vorstellung führte zur Entwicklung einer Reihe von Indikatoren im Bereich des Wissenschafts- und Innovationsmonitorings (Bush 1945). Ein weiteres herausragendes Beispiel ist die Entwicklung des Ansatzes der „Innovationssysteme“ (Edquist 1997; Freeman 1982; Lundvall 1992). Dieser fußt auf der evolutionären Ökonomie (Edquist 1997; Freeman 1982; Lundvall 1992; Nelson/Winter 1982) und fokussiert auf die Notwendigkeit, das Zusammenspiel sämtlicher Akteure und Institutionen umfänglich zu verstehen, die die Generierung und Wirkung von Innovationen beeinflussen. Dieser Ansatz entwickelte sich zu einer leistungsfähigen Heuristik für das Verständnis und den Vergleich der Funktionsweise nationaler und später auch regionaler, sektoraler und technologischer Systeme. Auch politische Entscheidungsträger erkannten zunehmend

die Notwendigkeit, ihre Aktivitäten ebenfalls in einen systemischen Kontext zu stellen. Dabei mussten sie neue Fragen beantworten, zum Beispiel hinsichtlich des Zusammenspiels von Akteuren im System, und dazu neue Instrumente der Innovationspolitik entwickeln (Lindner et al. 2024).

Vierte Dimension: Neue Methoden und Daten

Methodische Fortschritte und neue verfügbare Daten bilden die letzte Triebfeder für Veränderungen in den von uns betrachteten Forschungsbereichen (vgl. Abbildung 1). Ein sehr konkretes Beispiel dafür findet sich wiederum in der Wasserforschung (Hillenbrand et al. 2024), wo eine Reihe von Verbesserungen in den Messmethoden die Identifizierung zuvor unbekannter Formen der Gewässerbelastung ermöglichte. Die dadurch erzielte Identifikation neuer Problemlagen und die Formulierung entsprechender politischer Gewässerschutzziele trieb die Forschung und Entwicklung von weiteren Technologien und Ansätzen zur Reduktion der Emissionen in die Gewässer an. Die weitreichendsten Entwicklungen gab es jedoch hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Informationsverarbeitung. Die Erschließung neuer Wissensquellen und die kontinuierliche Weiterentwicklung der Modellierung, sowie bessere Rechnerleistungen eröffneten immer wieder bisher unbekannte Perspektiven auf die Leistungsfähigkeit und Dynamik von Systemen, wodurch wiederum neue Fragen aufgeworfen wurden. Insbesondere in den Energieforschungsfeldern ermöglichte dies enorme Fortschritte bei der Modellierung komplexer Energiesystementwicklungen. Dies führte zu einem immer systemischer werdenden Blick in der Analyse von Energiesystementwicklungen.

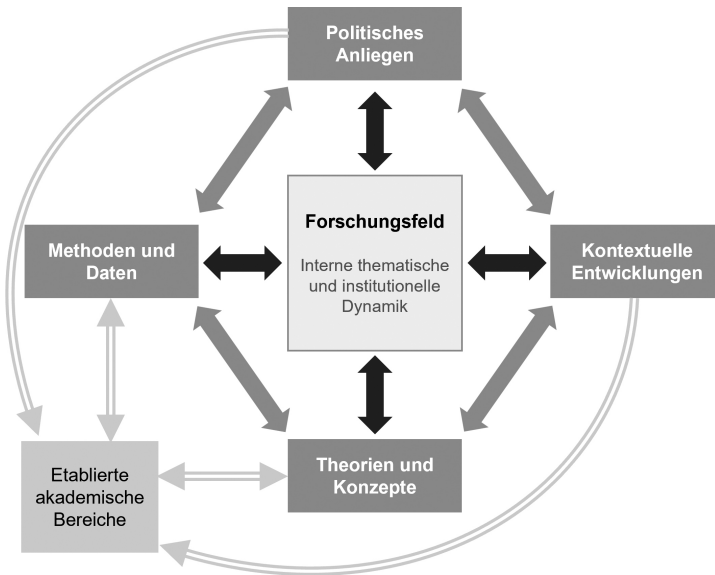


Abbildung 1: Modell der Entwicklung von SIF-Forschungsfeldern. Quelle: Edler und Walz 2024a

5. Was folgt daraus? Drei Herausforderungen für die SIF-Felder

Abschnitt 4 zeigte auf, dass gerade Änderungen in den politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen sowie damit verknüpfte politische Anliegen die Entwicklung der SIF-Felder treiben. Die Anforderungen an und die Herausforderung für die betrachteten SIF-Bereiche steigen gegenwärtig weiter an. Es stellt sich die Frage, welche Konsequenzen dies für die künftige Entwicklung der SIF-Forschungsfelder hat. Es zeichnet sich ein Rahmen für die sektorale wie auch die horizontale WTI-Politik ab, in welchem Nachhaltigkeitsziele von geopolitischen Entwicklungen überlagert werden, was zu einem Wettbewerb verschiedener politischer Systeme und einer Renationalisierung politischer Initiativen führt. Dynamiken in Wissenschaft, Technologie und Innovation werden nicht nur in Bezug auf das Wirtschaftswachstum oder die Transformation in Richtung der SDGs interpretiert, sondern mittlerweile auch mit einer übergreifenden Sorge um die nationale Sicherheit verknüpft. Vieles deutet darauf hin, dass diese Entwicklun-

gen die aktuelle Rolle des Staates verstärken könnten, wenn auch in einer mehr nach innen gerichteten und in Teilen defensiven oder sogar aggressiven Weise.

Vor diesem Hintergrund sind die hier betrachteten Forschungsfelder in drei verschiedenen Aspekten gefordert.

Erstes Herausforderungsbündel: Ausrichtung

Das *erste Herausforderungsbündel* ergibt sich aus der Frage, wie sich das Profil und die Beziehungen der SIF-Felder entwickeln werden. Zunächst einmal könnte die problemorientierte Forschung, bei der der eigentliche Zweck darin besteht, zu Lösungen (für das Gemeinwohl) beizutragen, in Zukunft an Bedeutung gewinnen und damit wiederum die Nachfrage nach empirischer Evidenz steigern. Für traditionelle Wissenschaftsbereiche, die ein anderes Verständnis von Zweck und Exzellenz haben, wäre es eine große Herausforderung, über ihre eigene gesellschaftliche Verantwortung nachzudenken. Den SIF-Bereichen jedoch könnte diese Entwicklung helfen, ihre Rolle zu stärken, Evidenz zu liefern und die Steuerung zukünftiger Entwicklungen zu unterstützen.

Die zunehmende Dringlichkeit gesellschaftlicher Herausforderungen in Verbindung mit der Entwicklung hin zu einer immer komplexer werdenden Welt wird nach einem tiefergehenden Verständnis von technologischen und sektoralen Dynamiken verlangen. Dies impliziert weitere methodische Herausforderungen, um dem systemischen Charakter, der Vielschichtigkeit und der Dringlichkeit der Problemlagen gerecht zu werden. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, dass Wissenschaftler*innen horizontaler Bereiche synergetisch mit Wissenschaftlern*innen vertikaler Politikbereiche zusammenarbeiten. In Europa wird diese Art dicht vernetzter Forschungszusammenarbeit in einigen Forschungseinrichtungen schon seit etlicher Zeit umfassend und sehr bewusst gefördert (z. B. Utrecht/Kopernikus; SPRU/Brighton, Fraunhofer ISI/Karlsruhe), etwa durch die Etablierung von Forschungsteams mit Forscher*innen aus horizontalen und sektoralen Forschungsfeldern. Wie Lindner et al. (2024) nachdrücklich gezeigt haben, muss diese Fragmentierung nicht nur im Wissenschaftssystem selbst, sondern auch in der Politik überwunden und die ressortübergreifende Zusammenarbeit entsprechend den Anforderungen einer missionsorientierten Politik gestärkt werden. Gleichzeitig müssen alle hier betrachteten Forschungsfelder die Art und Weise, wie sie die Politik auf nationaler und EU-Ebene unterstützen, weiter verbessern, indem sie geopolitische und geoökonomische Entwicklungen konzeptionell und analytisch reflektieren, und in ihre Forschung mit einbeziehen. Weiterhin müssen sie darauf achten, nicht nur Ergebnisse für einen Politikbereich bereitzustellen, sondern in ihre Empfehlungen auch immer weitere betroffene

Politikfelder mit einzubeziehen. Erschwert wird diese Forderung durch den gegenwärtigen Trend zu einer Renationalisierung politischer Belange, welcher den freien Raum der Wissenschaft für globale Wissensströme und Kooperationen zunehmend unter Druck setzt. Es wird gerade für die von uns betrachteten anwendungsorientierten SIF-Felder eine zentrale Aufgabe sein, das richtige Gleichgewicht zwischen Offenheit und internationaler Zusammenarbeit einerseits sowie den notwendigen Einschränkungen im Hinblick auf die Gefährdung durch geopolitische Bedrohungen andererseits zu finden.

Zweites Herausforderungsbündel: Interdisziplinarität

Ein zweites *Herausforderungsbündel* ergibt sich aus der Notwendigkeit, die interdisziplinäre Zusammenarbeit zu verstärken und in die vertikale und horizontale Kompetenz zu integrieren. Wir sehen eine Notwendigkeit für die neuen SIF-Forschungsfelder, zu klären, wie ihr Feld mit den ihnen zugrundeliegenden, disziplinären akademischen Konzepten und Theorien zusammenhängt und wie sich die verschiedenen Forschungsansätze und -methoden zueinander verhalten. Allerdings stellt sich die Frage, welche Auswirkungen eine gesteigerte Interdisziplinarität auf die Interaktion der SIF-Felder mit den etablierten akademischen Disziplinen hätte. Es gibt erste Anzeichen dafür, dass die etablierte Definition von Exzellenz in der Forschung, die vor allem an Publikationen, Impact-Faktoren von Zeitschriften und Zitationen gemessen wird, in Frage gestellt wird. Die Wissenschaft wird zunehmend gefordert, ihre gesellschaftliche Verantwortung zu reflektieren (Maikämper/Walz 2024), und wir können nur spekulieren, dass dies auch die traditionellen akademischen Bereiche ermutigen könnte, offener für breite, umfassende interdisziplinäre Ansätze von SIF-Forschungsfeldern zu sein³.

Drittes Herausforderungsbündel: Normativität

Eine dritte Herausforderung ist die Art und Weise, wie Forschungsgebiete ihre Normativität definieren und entwickeln. Ein wichtiger Legitimationsanspruch gerade der politikorientierten SIF-Felder ist, dass ihre evidenzbasierten Schlussfolgerungen und Empfehlungen explizit in Bezug auf demokratisch getroffene Entscheidungen und Politikziele abgegeben werden. Dieser Anspruch war jedoch schon immer umstritten. Der Ursprung der System- und Innovationsforschung wurde durch normative Bedenken vorangetrieben, nicht nur von Gesellschaft und Politik, sondern auch von Wissenschaftler*innen, die ambitioniertere Politik-

3 Eine Forderung, die jüngst der Wissenschaftsrat am Beispiel der Agrar- und Lebenswissenschaften vehement erhoben hat (Wissenschaftsrat 2024).

ziele einforderten. So war beispielsweise die Sorge um die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Länder gegenüber den USA (Ende der 1960er Jahre) oder Japan (1980er Jahre) eine Triebfeder für die Gründung und Weiterentwicklung von Bereichen wie der WTI-Politik und des Innovationsmonitorings. Die akademische Besorgnis bezüglich der Überschreitung der planetaren Grenzen durch Energieproduktion und -verbrauch förderte unter anderem das Wachstum der Forschung zu Energieeffizienz und erneuerbaren Energien. In dem Maße, wie die Notwendigkeit und Dringlichkeit von Transformationen zunahmen, wuchs auch das Bewusstsein von Akademiker*innen, insbesondere in den vertikalen Bereichen, für die Bedeutung und Notwendigkeit von Forschung zur Unterstützung der Transformation. Sollten Wissenschaft, Technologie und Innovation weiterhin in einen Wettbewerb zwischen politischen und wertdivergenten Systemen eingebettet sein, könnte jede analytische Arbeit in unseren horizontalen Bereichen viel normativer definiert werden, um gemeinsame Werte gegen externe Bedrohungen zu unterstützen. Für die Forscher*innen wird es deshalb immer wichtiger werden, sich über ihre eigene Rolle und den Umgang mit ihrer eigenen Normativität klar zu werden.

In dieser Hinsicht kann die Entwicklung hin zu einer partizipativen und gestalterischen Wende, die wir in einer Reihe unserer Forschungsfelder beobachten, eine Reihe von Auswirkungen haben. Einerseits können Forscher*innen, je mehr Bedeutung sie dem Input von und der Interaktion mit Interessengruppen beimessen und damit eine wachsende Pluralität normativer Ansprüche akzeptieren, ihre eigenen normativen Ansprüche verringern oder sich zumindest ihrer eigenen Voreingenommenheit stärker bewusstwerden. Andererseits kann eine breite Beteiligung die spezifische Rolle und Verantwortung von Forscher*innen verwässern. Da sie selbst an partizipativen normativen Prozessen beteiligt sind, können sie – unbewusst oder bewusst – noch stärkere eigene normative Ansprüche entwickeln. Daher wird es für Forscher*innen, insbesondere in den anwendungsorientierten SIF-Feldern, zunehmend notwendig sein, über ihre Normativität und ihre spezifische Art der Verantwortung nachzudenken, um ihre Legitimität zu erhalten. Sie werde in Zukunft Wege finden müssen mit der Öffentlichkeit so zu kommunizieren, dass ihre Legitimität gestärkt statt gefährdet wird – eine wichtige Voraussetzung angesichts der sehr engen Wechselwirkung zwischen den anwendungsorientierten Forschungsfeldern des SIF, der Politik und der Gesellschaft.

Literatur

- Bush, V. (1945): Science, the endless frontier. A report to the President. Washington
- Cuhls, K.; Dönitz, E.; Erdmann, L.; Gransche, B.; Kimpeler, S.; Schirrmeister, E.; Warnke, P. (2024): Foresight. Fifty years to think your futures. In: Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg
- Edler, J.; Walz, R. (2024a): Drivers and patterns of change in innovation and systems research. In: Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg
- Edler, J.; Walz, R. (2024b): Introduction. In: Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg
- Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024c): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg
- Edquist, C. (Hg.) (1997): Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organisations. London/Washington
- Esser, J.; Naschold, F.; Vöth, W. (2014): Gesellschaftsplanung in kapitalistischen und sozialistischen Systemen. Heidelberg
- Freeman, C. (1982): The economics of industrial innovation. 2. ed. Cambridge
- Frietsch, R.; Reiß, T.; Schmoch, U. (2024): Development of innovation monitoring and innovation indicators in the past 50 years. In: Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg
- Geels, F.W.; Kern, F.; Clark, W.C. (2023): System transitions research and sustainable development: Challenges, progress, and prospects. In: Proceedings of the National Academy of Sciences 120 (47), e2206230120
- Heyen, N.B.; Friedewald, M.; Jochem, E.; Reiß, T.; Thielmann, A. (2024): Assessing technological innovations. From early warning to the governance of socio-technical transformations. In: Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg
- Hillenbrand, T.; Hiessl, H.; Marscheider-Weidemann, F., Niederste-Hollenberg, J.; Sartorius, C.; Walz, R. (2024): Environmental and sustainability research using water as an example. Systemic, integrated approach in research and policy for the sustainable use of water. In: Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg
- Jochem, E.; Bradke, H.; Dütschke, E.; Klobasa, M.; Wietschel, M.; Plötz, P.; Fleiter, T. (2024): Energy Demand and Modelling of Energy Systems. Five Decades from Little Knowledge to Differentiated Know-how. In: Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg
- Lindner, R.; Edler, J.; Daimer, S. (2024): Understanding paradigm change in science, technology and innovation policy. Between science push and policy pull. In: Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg

- Lundvall, B.-Å. (Hg.) (1992): National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning. London
- Maikämper M.; Walz R. (2024): Exzellent forschen in gesellschaftlicher Verantwortung. In: GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society 33 (1), S. 200 – 201
- Nelson, R. R.; Winter, S.G. (1982): An Evolutionary Theory of Economic Change. Cambridge.
- Panny, J.; Held, A.; Winkler, J.; Breitschopf, B.; Jochem, E.; Walz, R. (2024): From Niche to Mainstream. Exploring innovation and progress of renewable energy development. In: Edler, J.; Walz, R. (Hg.) (2024): Systems and Innovation Research in Transition. Research Questions and Trends in Historical Perspective. Heidelberg
- Wissenschaftsrat (2024): Perspektiven der Agrar-, Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften. Köln. https://www.wissenschaftsrat.de/download/2024/1956-24.pdf?__blob=publicationFile&v=6