



# Innovationen in der Wissenschaft

Jochen Gläser und Grit Laudel

## Inhalt

1	Einleitung .....	2
2	Stand der Forschung .....	3
3	Exemplarische Darstellung an ausgewählten Studien .....	7
4	Weiterentwicklungen .....	11
	Literatur .....	14

### Zusammenfassung

Wissenschaftliche Innovationen – Forschungsergebnisse, deren Rezeption die Praktiken einer großen Anzahl von Forscherinnen verändert – werden in der Wissenschaftsforschung selten als Innovationen konzeptualisiert. Das Interesse gilt vor allem der Entstehung wissenschaftlicher Innovationen (der Natur von und Erfolgsbedingungen für wissenschaftliche Kreativität), der Rezeption innovativer Beiträge (und dem Widerstand dagegen) sowie der Entstehung neuer Fachgebiete aus Innovationen. Erforderliche Weiterentwicklungen betreffen vor allem fächer- und institutionenvergleichende Forschung.

### Schlüsselwörter

Kreativität in der Wissenschaft · Ausbreitung neuer Erkenntnisse · Entstehung von Fachgebieten · Forschungsförderung · Wissenschaftliche Innovationen

---

J. Gläser (✉)

Institut für Philosophie, Literatur-, Wissenschafts- und Technikgeschichte, Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland

E-Mail: [Jochen.Glaeser@tu-berlin.de](mailto:Jochen.Glaeser@tu-berlin.de)

G. Laudel

Institut für Soziologie, Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland

E-Mail: [grit.laudel@tu-berlin.de](mailto:grit.laudel@tu-berlin.de)

## 1 Einleitung

Innovationen werden durch die Innovationsforschung als Prozesse definiert, in denen veränderte Artefakte, Strukturen oder Praktiken in einem sozialen Kontext als neu und existierenden Lösungen überlegen konstruiert werden und sich auf dieser Grundlage ausbreiten (Gläser und Laudel 2019). Dieser Gedanke ist auf Innovationen in der Wissenschaft nicht ohne weiteres übertragbar, weil die typischen Handlungen dieses Kontexts auf die Hervorbringung von Neuheit (in Form neuen Wissens) gerichtet sind. Dass Wissenschaft auf der ständigen Produktion von Neuheit beruht, wurde bereits frühzeitig in Mertons Originalitätsnorm (Merton 1972 [1957]) und Thomas Kuhns (1963) Beobachtung einer *essential tension* zwischen Neuheit und Anschlussfähigkeit des Wissens ausgedrückt. Insofern ihre Ergebnisse überhaupt rezipiert werden, erfüllen also die die Wissenschaft dominierenden Praktiken der Wissensproduktion bereits die Definition von Innovation. Das ist vermutlich der Grund, aus dem der Begriff der Innovation in der Wissenschaftsforschung bislang kaum eine Rolle gespielt hat (Ausnahmen sind Ben-David 1960; Mulkey 1972; Edge und Mulkey 1976).

Andererseits unterscheiden sich die Beiträge von Wissenschaftlern so stark voneinander, dass es sinnvoll scheint, besonders innovative Beiträge herauszustellen und gesondert zu untersuchen. Reserviert man den Begriff „wissenschaftliche Innovationen“ für besondere wissenschaftliche Beiträge, dann verlagert sich das Definitionsproblem darauf, zwischen den wissenschaftlichen Alltag dominierenden „inkrementellen Innovationen“ und besonderen „Basisinnovationen“ zu unterscheiden. Solche besonderen wissenschaftlichen Beiträge werden in der Wissenschaftsforschung seit langem untersucht. Dies geschah lange Zeit in der Sprache der beobachteten Wissenschaftler, die herausragende „Entdeckungen“ und „besonders kreative Leistungen“ beschreiben. Die Wissenschaftsforschung hat erst in jüngster Zeit versucht, wissenschaftliche Innovationen auch begrifflich einzuordnen. Die Bezeichnungen entstanden als Reaktion auf politische Bemühungen, die Wissenschaft besonders stark voranbringende Vorhaben gezielt zu fördern. Dabei – und bei der Analyse dieser Bemühungen – entstand ein buntes Vokabularium von Bezeichnungen wie *high risk- high reward*, *ground-breaking*, *breakthrough*, *innovative*, *frontier*, *transformative* und *creative accomplishments*. Der Fokus der Unterscheidungen lag entweder auf Eigenschaften eines wissenschaftlichen Beitrages als besonders kreativ oder besonders riskant oder auf seinen Wirkungen auf die Wissenschaft als ein Gebiet transformierend oder zumindest seinen raschen Fortschritt ermöglichend.

Die letztgenannte Herangehensweise ist mit der Innovationsforschung kompatibel, weil sie die Beiträge anhand ihrer Wirkungen in einem relevanten sozialen Kontext – der wissenschaftlichen Gemeinschaft – abgrenzt. Sie bedarf lediglich einer Präzisierung dieser Wirkungen. Wir legen hier eine von uns zuvor vorgeschlagene Definition zugrunde und bezeichnen *wissenschaftliche Innovationen* als Forschungsergebnisse, deren Rezeption die Praktiken – die Wahl von Problemen, Herangehensweisen oder empirischen Objekten – einer großen Anzahl von Forscherinnen in einem oder mehreren Fachgebieten verändert (Laudel und Gläser 2014,

S. 1207).<sup>1</sup> Diese Bestimmung von Innovationen über ihre Effekte lässt eine Forschungsstrategie zu, die Zusammenhänge zwischen Eigenschaften von Innovationen und der Dynamik ihrer Diffusion untersucht, ohne solche Eigenschaften ex ante festlegen zu müssen. Insbesondere kann man geplante von zufällig entstehenden Innovationen unterscheiden und die fachgebietsspezifischen Eigenschaften von Innovationen sowie von deren Ausbreitung untersuchen.

---

## 2 Stand der Forschung

Die meisten der Studien, die wir hier unter dem Stand der Forschung diskutieren, haben wissenschaftliche Innovationen untersucht, ohne sie als solche zu bezeichnen.<sup>2</sup> Aus den in der Einleitung genannten Gründen war ein innovationssoziologischer Kontext für die Wissenschaftsforschung lange Zeit nicht interessant. Wir versuchen deshalb, Studien zur Entstehung und Ausbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse, die unsere Innovationsdefinition erfüllen, unter den Gesichtspunkten der Entstehung und der Diffusion von Innovationen zusammenzufassen.

*Wissenschaftliche Innovationen zu initiieren* heißt, besonders einflussreiche wissenschaftliche Leistungen hervorzubringen. Dieser Prozess ist aus drei unterschiedlichen Perspektiven untersucht worden. Die Entstehung von bedeutenden, die weitere Entwicklung der Wissenschaften beeinflussenden Leistungen ist von zentralem Interesse für die Wissenschaftsgeschichte, die zum Beispiel Newtons Formulierung der Mechanik, die Entdeckung chemischer Elemente wie Sauerstoff oder Benzol oder die Konstruktion wichtiger mathematischer Beweise rekonstruiert hat (siehe z. B. Cohen 1985 zu Revolutionen in der Wissenschaft). In der Wissenschaftssoziologie hat Michael Mulkay auf die Rolle intellektueller Migration für die Entstehung wissenschaftlicher Innovationen aufmerksam gemacht (Mulkay 1970, 1974a). Auch die Laborstudien haben – auf ganz anderer empirischer Grundlage und in viel größerem mikrosoziologischem Detail – Einzelfallbeschreibungen der Entstehung wissenschaftlicher Innovationen beigetragen, zum Beispiel der Entstehung der Endokrinologie (Latour und Woolgar 1986 [1979]), der Entdeckung solarer Neutrinos (Pinch 1986) und der Entdeckung von Pulsaren (Garfinkel et al. 1981). Sie mussten dafür aber Beobachtungen mit historischen Rekonstruktionen verbinden, da zum Beobachtungszeitpunkt nicht feststeht, ob aus der beobachteten Neuerung eine

---

<sup>1</sup>Wir beschränken uns mit dieser Definition auf *inhaltliche* Innovationen in der Wissenschaft und schließen Veränderungen der *Art und Weise*, in der Forschung betrieben wird, aus. Obwohl solche Veränderungen ständig erfolgen (z. B. die Entstehung der Großforschung sowie die Ausweitung von interdisziplinärer und transdisziplinärer Forschung), handelt es sich in der Regel um inkrementellen Wandel, der nur gelegentlich aus legitimatorischen Interessen rhetorisch als Innovation stilisiert wird (siehe die Kritik von Weingart 1997 an „Modus 2“ und von Weingart 2000 an „Interdisziplinarität“).

<sup>2</sup>Eine Ausnahme bilden einige der weiter unten behandelten Arbeiten zur Entstehung neuer wissenschaftlicher Spezialgebiete, die wissenschaftliche Innovationen als Ausgangspunkt solcher Entstehungsprozesse behandelten.

Innovation wird, und weil Entstehungsprozesse über längere Zeiträume und räumlich verteilt ablaufen können.

Die wissenschaftspsychologische Kreativitätsforschung und einige wenige wissenschaftssoziologische Forschungen suchen nach Entstehungsbedingungen für besonders kreative Leistungen. Die wissenschaftspsychologische Kreativitätsforschung fokussiert auf mit Kreativität assoziierte personale Merkmale wie Produktivität, Intellekt und Persönlichkeitsmerkmale (Simonton 2013) sowie – in Überschneidung mit wissenschaftssoziologischen Forschungen – auf Kontexte kreativer Leistungen in Forschungsgruppen (Hemlin und Olsson 2013).

Soziologische Forschungen versuchen, zu generalisierbaren Aussagen zum Zusammenhang zwischen den Arbeitsbedingungen von Forscherinnen und von ihnen hervorgebrachten wissenschaftlichen Innovationen zu gelangen. Dabei standen zunächst organisationale Bedingungen im Vordergrund. Hollingsworth und Hollingsworth identifizierten „Durchbrüche“ in den Lebenswissenschaften und suchten nach Bedingungen, unter denen sie entstanden. Sie fanden, dass wichtige Entdeckungen häufiger in relativ kleinen Organisationen entstanden, die über eine große Autonomie verfügten, flexibel waren und die Fähigkeit hatten, sich rasch an wissenschaftliche Veränderungen anzupassen (Hollingsworth 2008). Günstige organisationsinterne Bedingungen seien eine hohe aber dennoch begrenzte wissenschaftliche Diversität sowohl der Organisation als auch der rekrutierten Wissenschaftlerinnen, intensive Kommunikation und eine hohe soziale Integration (Hollingsworth und Hollingsworth 2011). Mit einer ähnlichen Zielsetzung haben Thomas Heinze et al. (2007) mit einer Umfrage unter Experten besonders kreative Leistungen in der Humangenetik und der Nanotechnologie identifiziert und 20 Fallstudien zu den Forschungsbedingungen für das Entstehen dieser Leistungen durchgeführt (Heinze et al. 2009). Sie beobachteten, dass kreative Leistungen in kleinen Gruppen entstehen, deren Organisationskontexte Zugriff auf eine große Bandbreite komplementärer technischer Fähigkeiten bieten, die darüber hinaus schnell auf Fähigkeiten und Ressourcen außerhalb der Organisation zugreifen können und über eine stabile Finanzierung verfügen.

Eine zweite Forschungsrichtung ist eng an die Evaluation von Förderprogrammen gebunden und fragt, ob die seit einiger Zeit proliferierenden Programme zur Förderung wissenschaftlicher Durchbrüche die selbst gesetzten Ziele erreichen. Neben dem Interesse der Wissenschaftspolitik an der Effektivität ihrer Steuerungsinstrumente ist diese Frage vor allem im Kontext der Forschungen zum Peer Review von Interesse, weil diesem eine Tendenz zur Unterdrückung außergewöhnlicher Forschung attestiert wird (Neidhardt 1988, S. 135–136; Travis und Collins 1991, S. 336). Empirische Untersuchungen haben aber gezeigt, dass diese Normalisierungstendenz außer Kraft gesetzt werden kann und es dadurch möglich wird, dass Förderprogramme besonders innovative Forschung durch spezifische Förderformate unterstützen (Grant und Allen 1999; Heinze 2008; Lal et al. 2011; Luukkonen 2012; Wagner und Alexander 2013; Laudel und Gläser 2014).

Die *Diffusion wissenschaftlicher Innovationen* – ihre Entwicklung und Ausbreitung in Scientific Communities – war Gegenstand der vergleichsweise wenigen konstruktivistischen Studien, die das Schicksal des im Labor produzierten neuen

Wissens über die Grenzen des Labors hinaus verfolgt haben. In den Erklärungen der Diffusionsprozesse gibt es eine starke Konvergenz auf die Interessen der Wissenschaftlerinnen als bestimmenden Faktor. Diese Erklärung lässt sich auf den von Bruno Latour beschriebenen generellen Mechanismus der Konstruktion von Fakten zurückführen (Latour 1987). Letztere gelingt, weil die an der Anerkennung ihrer Resultate als Fakten interessierten Akteure es vermögen, die Interessen anderer Akteure mit ihren eigenen in Übereinstimmung zu bringen und dadurch ihre Akteurnetzwerke auszudehnen. Andrew Pickering (1980) und Joan Fujimura (1988) spezifizieren in ihren Untersuchungen der Ausbreitung von Innovationen die Interessen der Wissenschaftler dahingehend, dass die sich durchsetzenden Konzepte mehr und bessere Forschungsmöglichkeiten bieten. Hinzu kommt, dass die Innovationen in beiden Fällen einfachere Erklärungen anbieten, die mehr empirische Phänomene integrieren.

Wissenschaftssoziologische Forschungen haben außerdem eine Reihe spezifischer Aspekte der Ausbreitung wissenschaftlicher Innovationen adressiert. Mit der Rolle impliziten Wissens für die Verbreitung methodischer Innovationen haben sich insbesondere Harry Collins (1974) sowie Cambrosio und Keating (1988) beschäftigt. Diese Autoren weisen nach, dass zumindest zu Beginn der Ausbreitung methodischer Innovationen der Transfer impliziten Wissens für die erfolgreiche Methodenanwendung unabdingbar ist. Die Ausbreitung der Innovation wird deshalb in dieser Phase durch Besuche von Wissenschaftlerinnen in den Labors, die bereits über sie verfügen, und durch interaktives Lernen realisiert. Cambrosio und Keating beschreiben auch, wie neue Methoden allmählich routinisiert und formalisiert werden, was die Übertragung durch formale Kommunikation erleichtert.

Eine spezifische Form der Diffusion wissenschaftlicher Innovationen ist die Entstehung neuer wissenschaftlicher Spezialgebiete.<sup>3</sup> Dieser Prozess fand in der Wissenschaftssoziologie vor allem in den 1960er- und 1970er-Jahren große Aufmerksamkeit (Mulkay 1970, 1974b; Chubin 1976; Edge und Mulkay 1976). Der Versuch von David Edge und Michael Mulkay, durch eine Sekundäranalyse der durchgeführten Studien gemeinsame Erfolgsbedingungen für die Entstehung neuer Spezialgebiete zu identifizieren (Edge und Mulkay 1975) kann deshalb nicht überzeugen, weil die Autoren die inhaltlichen Entwicklungen – die Dynamiken der Wissensproduktion – nicht in den Vergleich einbeziehen konnten. Neuere Studien zur Entstehung von Fachgebieten fokussieren vor allem auf die Rolle staatlicher Förderung, z. B. auf die Interaktionen zwischen Wissenschaft und Politik in der Konstruktion forschungspolitischer Instrumente zur Förderung entstehender Fachgebiete (Eisler 2013) oder auf die Rolle von gemeinschaftsbildenden Förderinstrumenten (Molyneux-Hodgson und Meyer 2009).

In der Wissenschaftsforschung wird auch immer wieder der Widerstand von Wissenschaftlern gegen neue wissenschaftliche Entdeckungen erwähnt. Entspre-

---

<sup>3</sup>Wissenschaftliche Spezialgebiete können auch auf anderen Wegen entstehen, z. B. einfach im Zuge der Binnendifferenzierung der Wissenschaft infolge ihres Größenwachstums (Stichweh 1984).

chende Beobachtungen wurden zuerst als Argument gegen Robert Mertons (1972 [1942]) Modell des internalisierten wissenschaftlichen Ethos vorgebracht (Barber 1972; Mulkey 1974b) und von Kuhn im Kontext seiner Theorie wissenschaftlicher Revolutionen als Übergänge zu neuen Paradigmata angemerkt (Kuhn 1962). Auch im Kontext von Entdeckungen, die sich im Nachhinein als falsch herausstellten, wurde solcher Widerstand beobachtet (Nye 1980; Collins 1982; Simon 1999). Innovationstheoretisch interessant ist daran, dass Innovationen auch bekämpft und nicht einfach ignoriert werden. Das lässt sich auf die spezifischen Abhängigkeiten zwischen Wissenschaftlerinnen zurückführen. Auf der epistemischen Ebene müssen Wissenschaftler, die mit demselben Wissensbestand arbeiten, an dessen Integrität interessiert sein (Gläser 2006). Deshalb versuchen sie unter Umständen, andere Mitglieder ihrer Fachgemeinschaft von der Übernahme für falsch gehaltener Innovationen abzuhalten. Auf der ökonomischen Ebene kann die Behauptung, mit einer Innovation ein Problem gelöst zu haben, die Finanzierung all derer gefährden, die das Problem weiterhin für ungelöst halten und ihre Arbeit daran fortsetzen wollen. Collins (1999) beschrieb die ärgerliche Reaktion der Mehrheit der Gravitationswellenphysiker auf die Behauptung eines Kollegen, er hätte Gravitationswellen entdeckt. Sie hielten diese Behauptung für falsch und glaubten, sie könne ihren Antrag auf ein wissenschaftliches Großgerät für die Entdeckung ebendieser Gravitationswellen gefährden. Schließlich ist auch Reputation im Spiel: Innovationen bringen den Inventoren Reputation und verringern die Reputation anderer (insbesondere derer, deren Innovationen obsolet werden). Dies kann ebenfalls zum Widerstand gegen wissenschaftliche Innovationen beitragen (Mulkey 1970).<sup>4</sup>

Auch die auf die Analyse von Publikationen spezialisierte Bibliometrie hat sich der mit der Diffusion von Innovationen befasst. Ausgangspunkt dieser Arbeiten war eine Studie von Diana Crane (1972), die das Wachstum der Wissenschaft als Diffusionsprozess von Wissen beschrieb. Studien zur Diffusion von Wissen wendeten zunächst nur einfache quantitative Analysen der Häufigkeiten von Schlüsselbegriffen an, um daraus die Ausbreitung von Wissen oder speziell Innovationen abzuleiten (Rivas et al. 1996). Einige neuere Methoden sind wesentlich avancierter und erfassen die Ausbreitung von Wissen in Netzwerken oder über Fachgebietsgrenzen hinweg (Evans 2010; Kiss et al. 2010; Leydesdorff et al. 2013). Allen Studien ist aber gemeinsam, dass sie bei Beschreibungen von Einzelfällen stehenbleiben.

Ein besonders interessanter Aspekt bibliometrischer Forschung ist die Diskussion über „Dornröschen-Innovationen“, d. h. wissenschaftliche Ergebnisse, die längere Zeit unbeachtet bleiben, um dann eine rapide Ausbreitung zu erfahren und die Praktiken vieler Wissenschaftlerinnen zu beeinflussen. Solche Fälle sind anscheinend sehr selten (van Raan 2004; Braun et al. 2010).

---

<sup>4</sup>Aus denselben Gründen müssen die Mitglieder wissenschaftlicher Gemeinschaften im Falle von Mehrfachentdeckungen entscheiden, ob es sich um Mehrfachentdeckungen handelt (ob die Entdeckungen sich auf dasselbe Phänomen beziehen) und wem die Entdeckung zugeschrieben wird, wie Susan Cozzens (1989) an der Entdeckung des Opiatrezeptors zeigt.

### 3 Exemplarische Darstellung an ausgewählten Studien

Fujimura (1988) stellt die Frage nach den Erfolgsbedingungen für eine – von ihr nicht als solche bezeichnete – Innovation, die auf einem Bündel neuer Forschungsmethoden beruht. Die Forschungsmethoden sind molekularbiologische Techniken, die kontrollierte spezifische Manipulationen der DNA höherer Organismen ermöglichen. Die Verbreitung dieser Methoden in der Krebsforschung bedeutet einen radikalen Wandel, der auch zu neuen Theorien der Krebsentstehung führt.

Bevor sich die Innovation durchsetzte, wurde Krebs auf der Ebene der Zelle oder des gesamten Organismus erforscht, z. B. in Studien zur Transformation von gesunden Zellen in Krebszellen durch Chemikalien, Hormone oder Strahlung. Die klassische Genetik nutzte gezüchtete Mäuse und transplantierte Tumore. Virologen studierten die Transformation von Zellen durch tierische Viren oder virale Gene. Bis zur Mitte der 1970er-Jahre hatten Krebsforscher nicht die Möglichkeit, Theorien der Krebsentstehung auf der molekularen Ebene zu testen. Die rekombinante DNA-Technologie ermöglichte es, die DNA in Zellen höherer Tiere zu manipulieren. Es handelte sich um ein ganzes Bündel von Techniken für das Lesen, Zerschneiden, Kopieren, Zusammenfügen, Vervielfältigen und Exprimieren von genetischem Material. Diese Techniken bildeten die Grundlage für völlig neuartige Untersuchungen zellularer Prozesse. Die bis zum Ende der 1970er-Jahre entwickelten Technologien waren jedoch kaum standardisiert und erforderten erhebliche Investitionen in Technik, Materialien und Lernprozesse. Ihre Standardisierung erfolgte bis 1980 in drei Formen: es entstanden standardisierte Sequenzen standardisierter Aufgaben, standardisierte Materialien und standardisierte Instrumente. Im Jahre 1982 waren dann Handbücher mit Rezepten erhältlich. Die Standardisierung von Materialien wurde durch gemeinnützige Organisationen unterstützt, die die Archivierung und Verteilung genetischen Materials übernahmen. Außerdem begannen Firmen, die für die molekularbiologischen Experimente erforderlichen Chemikalien standardisiert und in hoher Qualität zu verkaufen. Schließlich wurden auch Forschungsgeräte entwickelt, die Prozeduren wie z. B. Synthese oder Sequenzierung von DNA dadurch standardisierten, dass sie in Technik materialisiert wurden.

Eine zweite wichtige Erfolgsbedingung für die Durchsetzung der Innovation war ihre Korrespondenz mit neuen Theorien über die Entstehung von Krebs. Virologinnen und Molekularbiologinnen nutzten die neuen Technologien in Versuchen, die Entstehung von Krebs aus Onkogenen zu erklären. Diese Theorie war damals die einzige kohärente Theorie der Krebsentstehung, die darüber hinaus in vielen Gebieten der Krebsforschung entdeckte krebserzeugende Prozesse erklären konnte. Sie wurde deshalb von den Wissenschaftlern als überlegen angesehen.

Die „standardisierten Pakete“ aus Onkogen-Theorie und standardisierten molekularbiologischen Methoden offerierten also eine elegante und konsistente Erklärung vieler bislang disparater empirischer Befunde und boten neue Forschungsmöglichkeiten in einem aussichtsreichen und sich rasch entwickelnden Gebiet. Als die Methoden standardisiert waren, konnten neue Ergebnisse mit einiger Verlässlichkeit in vergleichsweise kurzer Zeit produziert werden. Diese Forschungsmöglichkeiten wurden zunehmend

durch Möglichkeiten der Drittmittelwerbung für molekularbiologische Krebsforschung untersetzt. Sie boten außerdem dem *National Cancer Institute* die Möglichkeit, einen Erfolg zu proklamieren und neue Erfolgsversprechen abzugeben. Da es für alle beteiligten Akteure Vorteile bot, setzte sich das „standardisierte Paket“ aus Onkogen-Theorie und molekularbiologischen Methoden rasch durch und dominierte die Krebsforschung.

Fujimura erklärt die Ausbreitung der von ihr analysierten Innovation aus der Standardisierung der Methoden, die deren Übertragung in viele neue Arbeitskontexte erleichterte, aus den durch die neuen Methoden gebotenen Forschungsmöglichkeiten und aus der Entstehung eines Pakets aus Theorie und Methoden, in dem die Theorie überlegene Erklärungen bot und die Methoden rechtfertigte, deren Anwendung wiederum zu empirischen Ergebnissen führte, welche die Theorie stützen.

Da es sich um eine Einzelfallstudie handelt, ist es schwer, ihre Ergebnisse zu verallgemeinern. Allerdings haben andere Studien die Bedeutung der Standardisierung von Methoden für deren Ausbreitung (Cambrosio und Keating 1988) und die Bedeutung neuer Forschungsmöglichkeiten für die Akzeptanz von Innovationen bestätigt (Pickering 1980). Lediglich das beschriebene Paket aus Theorie und Methoden ist in anderen Studien nicht wieder aufgetaucht. Es bleibt damit unklar, ob alle drei Erfolgsfaktoren notwendig gegeben sein müssen oder ob einer davon ausreicht (die Studien von Pickering sowie Cambrosio und Keating legen letzteres nahe).

Der Fokus von Fujimuras Studie lag auf der Veränderung wissenschaftlicher Praktiken in mehreren Gebieten der Krebsforschung. Wissenschaftliche Innovationen können aber nicht nur eine Transformation von Forschungspraktiken in einem oder mehreren Gebieten auslösen, sondern auch völlig neue Gebiete entstehen lassen. Diese Gebiete wachsen nicht nur dadurch, dass Wissenschaftlerinnen ihre Praktiken verändern, sondern auch durch die Rekrutierung von wissenschaftlichem Nachwuchs, der die neuen Praktiken von Beginn an erlernt.

Die Entstehung und Dynamik wissenschaftlicher Spezialgebiete ist in den 1960er- und 1970er-Jahren in mehreren Fallstudien untersucht worden. Eine der letzten dieser Studien war die von Edge und Mulkay (1976) zur Entstehung der Radioastronomie in Großbritannien. Im Kontext dieser Studie haben Edge und Mulkay ihre Ergebnisse zu denen anderer in Beziehung gesetzt und versucht, aus dem Vergleich der Einzelfallstudien Muster in der Entstehung wissenschaftlicher Spezialgebiete zu identifizieren (Edge und Mulkay 1975). Die Studien und ihr Vergleich sind deshalb von Interesse, weil die Entstehung der Spezialgebiete jeweils auf wissenschaftliche Innovationen zurückgeführt wurde. Wir stellen zunächst die Studie zur Entstehung der Radioastronomie vor und diskutieren dann den Vergleich mit anderen, ähnlichen Studien.

Die Entstehung der Radioastronomie geht auf eine „marginale Innovation“ zurück, d. h. auf eine Innovation am Rande oder sogar außerhalb des Gebietes, aus dem das neue Gebiet hervorging. Im Falle der Radioastronomie war die marginale Innovation die Entdeckung der kosmischen Strahlung durch einen Ingenieur der Bell Telephone Company, der nach Quellen statischer Störgeräusche bei Radioübertra-



gungen suchte. Diese Entdeckung erfolgte außerhalb der Wissenschaft und wurde durch diese ein Jahrzehnt lang nicht aufgegriffen. Der erste Astronom, der sie aufnahm, war ein Hobby-Astronom, der ebenfalls außerhalb der Fachgemeinschaft stand. Wissenschaftliches Interesse fand die Entdeckung zuerst bei Physikern, die sich während des Krieges mit der Entwicklung des Radars beschäftigten.

Englische Physiker und ihre Kollegen in anderen Ländern begannen, den Nachweis kosmischer Strahlung zu replizieren und Quellen dieser Strahlung zu entdecken. Ende der 1940er-Jahre wurden die ersten Befunde publiziert, was weitere Wissenschaftlerinnen anzog. Anfang der 1950er-Jahre war eine internationale Fachgemeinschaft entstanden, die mehrere distinkte Forschungslinien verfolgte. Einige dieser Linien waren stärker mit der Physik verbunden (die Erforschung der Ionosphäre und der Bahnen von Meteoriten), während andere explizit astronomisch orientiert waren. Zu letzteren gehörte die Erforschung diskreter Radioquellen im All. Die Beobachtung, dass einige optisch sichtbare Sterne auch Radioquellen waren, führte zur Revision früherer theoretischer Annahmen und eröffnete neue Forschungsmöglichkeiten. Das Spezialgebiet begann, sich auf seinen eigenen wissenschaftlichen Grundlagen zu entwickeln und neue spezifische Forschungsprobleme zu generieren. Das Wachstum der ersten Forschungsgruppen der Radioastronomie basierte auf der Rekrutierung von wissenschaftlichem Nachwuchs. Für Nachwuchswissenschaftlerinnen war das neue Feld attraktiv, weil die Forschungsprobleme der Radioastronomie in Physik und Astronomie als legitim und relevant angesehen wurden.

Der Vergleich der Studie zur Radioastronomie mit den Studien zur Entstehung der Psychologie (Ben-David und Collins 1966), der Bakteriologie (Ben-David 1960), der Phagengenetik (Mullins 1972), der physikalischen Chemie (Dolby 1976) und der Protein-Röntgenkristallstrukturanalyse (Law 1973) deckt eine Reihe wichtiger Gemeinsamkeiten auf.<sup>5</sup> Tab. 1 listet diejenigen der von Edge und Mulkay (1975) gewählten Vergleichsdimensionen auf, in denen alle oder fast alle Fallstudien übereinstimmen. Für das Verständnis wissenschaftlicher Innovationen ist besonders interessant, dass alle analysierten Entstehungsprozesse auf wissenschaftliche Innovationen zurückgehen, und dass diese Innovationen in allen Fällen an den Rändern der Gebiete entstanden, aus denen die neuen Gebiete hervorgingen – entweder in

---

<sup>5</sup>Eine Studie von Charles Fisher zum Verschwinden eines mathematischen Spezialgebietes, der Invariantentheorie, hat gezeigt, dass wissenschaftliche Innovationen auch diesen Effekt haben können (Fisher 1966/67). Fishers Interpretation seiner Befunde lautet, dass die Unfähigkeit der Invarianten-Theoretiker, Nachwuchs für ihr Fachgebiet zu rekrutieren, die Hauptursache für das Verschwinden des Gebietes war. Er widerspricht damit den Mathematikern, die als Ursache anführen, dass David Hilbert im Jahre 1893 die Hauptprobleme des Gebietes gelöst habe. Einen Zusammenhang zwischen der Lösung der Hauptprobleme und der misslingenden Rekrutierung von Nachwuchs sah Fisher nicht. Die Rezeption seiner Studie in der Wissenschaftsforschung ist gespalten. Während einige Wissenschaftsforscherinnen seine Schlussfolgerungen übernommen haben (Crane 1972; Mullins 1972), haben sich andere auf die Seite der Mathematiker geschlagen (Mulkay 1970; Edge und Mulkay 1975, 1976). Uns scheint die letztgenannte Interpretation weitaus plausibler, da sie in Einklang mit den bereits genannten Befunden zur Rolle von wahrgenommenen Forschungsmöglichkeiten in den Entscheidungen der Wissenschaftlerinnen steht.

**Tab. 1** „Faktoren bei wissenschaftlicher Innovation und der Entwicklung von Spezialgebieten“ (Auszug aus Edge und Mulkey 1975, S. 212)

	Radioastronomie <i>Edge &amp; Mulkey</i>	Bakteriologie <i>Ben-David</i>	Psychologie <i>Ben-David &amp; Collins</i>	Phagengruppe <i>Mullins</i>	Physikalische Chemie <i>Dolby</i>	Röntgenstrahlen- proteinkristallografie <i>Law</i>
1. Marginale Innovationen	+	+	+	+	+	+
2. Mobilität <sup>a</sup>	+	+	+	+	+	+
4. Kumulative Entwicklung im akademischen Bereich	+	+	+	+	+	+
5. Bildung sozialer Gruppierungen, die wichtig bei der Ausbeutung der ursprünglichen „Entdeckung“ sind	+	?	+	+	+	?
6. Wachstum, verbunden mit Kontaktmöglichkeit zu graduierten Studenten	+	+	+	+	+	+
9. Konflikt mit etablierter oder „Mutter“-Disziplin	-	+	+	+	+	+

+ bedeutet, dass dieses Merkmal vorhanden zu sein scheint

- bedeutet, dass dieses Merkmal nicht vorhanden zu sein scheint

? bedeutet, dass es unsicher ist, ob der Forscher dieses Merkmal als vorhanden oder nicht vorhanden ansieht

<sup>a</sup>Die Autoren meinen die intellektuelle Mobilität der Wissenschaftlerinnen

der anwendungsorientierten Forschung oder in interdisziplinären Überlagerungszonen mit anderen Gebieten.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der ebenfalls mit den wissenschaftlichen Innovationen verbunden ist, ist die Rolle der intellektuellen Mobilität der Wissenschaftlerinnen, d. h. ihre Bewegung zwischen Forschungsthemen und Fachgebieten. Neben der Bildung sozialer Zusammenhänge verweist die Tabelle auch auf die Rolle der Rekrutierung und Sozialisierung von wissenschaftlichem Nachwuchs. Schließlich wird deutlich, dass sich auch wissenschaftliche Innovationen, die zum Entstehen neuer Spezialgebiete führen, mitunter gegen wissenschaftlichen Widerstand durchsetzen müssen.

Die Tabelle verdeutlicht eine folgenreiche Beschränkung der damals angestellten Einzelfalluntersuchungen und des von Edge und Mulkey vorgenommenen Vergleichs. Wenn die Entstehung wissenschaftlicher Spezialgebiete durch eine enge Verschränkung der Dynamiken wissenschaftlicher Inhalte und sozialer Beziehungen geprägt wird, dann wäre es doch vordringlich gewesen, die durch die fachgebietsspezifischen wissenschaftlichen Inhalte geprägte Spezifik der Entstehungsprozesse herauszuarbeiten. Das hätte die Analyse der Varianz in den Entstehungsprozessen und den sie auslösenden Innovationen erfordert.

---

## 4 Weiterentwicklungen

Angesichts der eher marginalen Aufmerksamkeit der Wissenschaftsforschung für wissenschaftliche Innovationen stellt sich zuallererst die Frage, ob Weiterentwicklungen im Sinne einer systematischen Untersuchung wissenschaftlicher Innovationen überhaupt erforderlich sind. Die Wissenschaftsforschung scheint durch ihre geringe Beachtung wissenschaftlicher Innovationen als Innovationen jedenfalls bislang nicht beeinträchtigt worden zu sein. Wir sehen jedoch drei starke Argumente für eine intensivere Beschäftigung mit wissenschaftlichen Innovationen.

Erstens sind wissenschaftliche Innovationen als besondere wissenschaftliche Leistungen interessante Extremfälle, an denen sich einige Aspekte der Wissensproduktion besser studieren lassen als an der „alltäglichen“ Neuheitsproduktion. Wissenschaftliche Innovationen lösen relativ rasch gut sichtbare Veränderungen wissenschaftlicher Praktiken aus. Sie können wissenschaftliche Kontroversen auslösen, die die Meinung einer Fachgemeinschaft spalten oder sogar mit der aktiven Bekämpfung neuer wissenschaftlicher Ergebnisse einhergehen. Werden ressourcenintensive Innovationen geplant, muss die Fachgemeinschaft das billigen oder zumindest tolerieren, da sonst der Zugang zu den benötigten Ressourcen problematisch wird (Laudel und Gläser 2014; Whitley et al. 2018).

Zweitens haben wissenschaftliche Innovationen das Interesse der Forschungspolitik gefunden. Deren Bemühen, relativ knapper werdende Mittel so effektiv wie möglich einzusetzen, hat einen Fokus auf die Förderung wissenschaftlicher Innovationen entstehen lassen. Die Governance-Forschung hat sich der neuen Förderinstrumente bereits angenommen. Zugleich ist ein breiteres Interesse an Erfolgsbedingungen für wissenschaftliche Innovationen entstanden. Auch hier können Innovationen als

Extremfall von Forschung(ergebnissen) sehr nützlich sein, weil an besonders sichtbaren und voraussetzungsvollen Wissenschaftsprozessen studiert werden kann, wie sich die Bedingungen für das Hervorbringen von Neuheit im Wissenschaftssystem generell verändern.

Schließlich sind wissenschaftliche Innovationen auch von Interesse für die Innovationsforschung. Sie sind in diesem Theoriekontext ebenfalls Extremfälle, weil sie (ebenso wie künstlerische Innovationen) in einem neuheitsgetriebenen sozialen Kontext auftreten. Außerdem erzeugt die spezifische Verkopplung wissenschaftlicher Arbeitsprozesse in Fachgemeinschaften besondere Entstehungs- und Ausbreitungsdynamiken für Innovationen.

Wenn eine Weiterentwicklung der Forschung zu wissenschaftlichen Innovationen sinnvoll ist, stellt sich die Frage nach notwendigen Weiterentwicklungen der empirischen Herangehensweisen und der Theoriebildung. Die Desiderata der Forschung zu wissenschaftlichen Innovationen scheinen dabei nicht so verschieden von Problemen anderer Ströme der Wissenschaftsforschung (Gläser und Laudel 2016). Es geht jeweils um die Verbindung der Mikro-, Meso- und Makroebenen wissenschaftlicher Produktion und um vergleichende Perspektiven, unter denen wiederum der Fächervergleich ein besonderes Problem darstellt.

Die Mehrebenen-Perspektive ist erforderlich, um den Zusammenhang zwischen der Weiterentwicklung von Innovationen durch einzelne Wissenschaftlerinnen und Forschungsgruppen einerseits und der Transformation des Wissens und der Forschungsperspektiven auf der Ebene der Fachgemeinschaften andererseits zu untersuchen. In der vorgestellten Studie von Fujimura lag der Schwerpunkt auf der Ebene der Fachgemeinschaften. Sie konnte lokale Bedingungen nur cursorisch unter dem Gesichtspunkt der Investitionen und inhaltliche Veränderungen der Innovation durch die Anpassung an lokale Bedingungen überhaupt nicht betrachten.

Dass es interessante Wechselwirkungen zwischen den sich wandelnden Perspektiven der Fachgemeinschaft und den Möglichkeiten, eine Innovation lokal zu entwickeln, gibt, haben Jochen Gläser et al. (2016) gezeigt. Wenn die Fachgemeinschaften vermittelt über die Drittmittelförderung großen Einfluss auf die Entwicklung von Innovationen nehmen können, hängt die Entwicklung einer Innovation in einem Land davon ab, wie die Fachgemeinschaft mit Minderheitenpositionen umgeht. Die Entwicklung der experimentellen Bose-Einstein-Kondensation wurde in Deutschland gefördert, als die Mehrheit der Fachgemeinschaft noch nicht von der Fruchtbarkeit der Innovation überzeugt war, während in den Niederlanden die breite Förderung erst erfolgte, als sich die Überzeugung von der Fruchtbarkeit dieser Forschungen als Mehrheitsposition durchgesetzt hatte.

Umgekehrt wird es für die Wissenschaftler immer wichtiger, ihre Innovationen als erfolgversprechend zu konstruieren und ihre Fachgemeinschaft und die Forschungspolitik vom Potential der Innovation zu überzeugen (für letzteres siehe Hedgecoe 2003). Es scheinen sich in der Wissenschaft mehr Innovations-, „Optionen“ anzubieten, als die Fachgemeinschaft oder die Forschungspolitik gleichzeitig entwickeln können. Jenseits der manchmal nötigen Durchsetzung von Innovationen gegen den Widerstand der Kollegen scheint es heute auch darum zu gehen, die Aufmerksamkeit eines (wohlwollenden) Fachpublikums und der Forschungspolitik

auf den eigenen Innovationsvorschlag zu lenken und die Innovationsvorschläge anderer zu verdrängen, wie die folgende Interviewaussage eines Nachwuchswissenschaftlers in der Biologie illustriert:

„Weil ich glaube das Beste, was mir passieren kann, ist, dass da Leute jetzt dran arbeiten. Also zum einen gibt es von mir soviel Vorarbeiten und wir sind sicherlich die größte Gruppe jetzt international, die daran arbeitet. Und ich verkaufe das auch so, macht das, interessiert euch dafür, aber ihr kommt nicht so ganz an uns vorbei. Ich will gar nicht da so ein Platzhirschegehebe machen, sondern eher so, wir entwickeln die Geschichte und wir haben durchaus schon Werkzeuge zu diesen Eiweißen, die wir gerne zur Verfügung stellen. Denn ich denke, damit das ein attraktives Forschungsgebiet wird, müssen jetzt eigentlich Leute drauf anspringen. Denn wenn ich der einzige bin, der da immer rummacht, dann sagt man mir nach drei Jahren, na ja, war ja schön, aber so spannend kann es nicht sein, wenn sich der Rest der Pflanzenwissenschaftler irgendwie ruhig verhält.“ (Interview mit einem Forschungsgruppenleiter in der Pflanzenbiologie, für die Untersuchung siehe Laudel 2017)

Diese Dynamiken in den Beziehungen zwischen der Generierung von Neuheit auf der Mikroebene und der Konstruktion von Innovationen in Fachgemeinschaften illustrieren Veränderungen in den Autoritätsbeziehungen der Wissenschaft, die einer wachsenden Zahl von heterogenen Akteuren Autorität über Forschungsziele einräumen (Whitley et al. 2018). Diese Entwicklung macht es noch dringlicher, die Mikroebene der Wissenschaftler und Forschungsgruppen, die Mesoebene der Universitäten und nationalen Fachgemeinschaften sowie die Makroebene staatlicher Forschungspolitik und internationaler Fachgemeinschaften in Mehrebenenanalysen miteinander zu verknüpfen. Insbesondere die Einbeziehung der Governance-Perspektive ist eine wichtige notwendige Weiterentwicklung.

Die Einbeziehung der Governance-Perspektive verweist auf eine zweite notwendige Weiterentwicklung, und zwar die Überwindung der Spaltung zwischen wissens- und wissenschaftssoziologischen Forschungsansätzen einerseits und politikwissenschaftlichen Perspektiven andererseits. Erstere tendieren noch immer dazu, institutionelle Bedingungen und Governance-Prozesse auszublenden. Die im Stand der Forschung diskutierten prä-konstruktivistischen und konstruktivistischen Studien sowie die beiden ausführlicher vorgestellten Untersuchungen haben den Zugang ihrer Protagonisten zu Karrieremöglichkeiten und Ressourcen als unproblematisch vorausgesetzt. Diese Faktoren traten weder als forschungspolitische Einflüsse noch als über Forschungspolitik vermittelte Selbststeuerungsinstrumente der Fachgemeinschaft in Erscheinung. Umgekehrt haben Studien zur Governance der Forschung immer wieder das Problem, die Inhalte der Forschung nicht angemessen einbeziehen zu können. Die Erforschung wissenschaftlicher Innovationen erfordert hier eine interdisziplinäre Kooperation von Wissenschaftssoziologie und politikwissenschaftlicher Wissenschaftsforschung.

Eine dritte notwendige Weiterentwicklung ist der Übergang zu vergleichender Forschung. Die meisten Studien zu wissenschaftlichen Innovationen sind Einzelfallstudien. Zusammengenommen belegen sie, dass sich die Innovationen stark voneinander unterscheiden, dass die spezifischen epistemischen Praktiken der Fachgebiete Innovationsverläufe beeinflussen und dass nationale Governance-Kontexte die Entwicklung

von Innovationen formen. Paradoxerweise haben die Studien auf die Varianz mit dem Bemühen reagiert, Gemeinsamkeiten aller Fälle aufzudecken. Entstehung, Ausbreitung und Effekte wissenschaftlicher Innovationen lassen sich aber nur erklären, wenn epistemische Eigenschaften von Innovationen zu den epistemischen und sozialen Dynamiken von Fachgebieten und zu Governance-Kontexten in Beziehung gesetzt werden. Das erfordert Forschung, die innovationsvergleichend, fächervergleichend und international vergleichend arbeitet. Solche Studien überschreiten die Möglichkeiten einzelner sozialwissenschaftlicher Projekte bei weitem, vermögen es aber, über die Beschreibungen von Innovationsverläufen hinauszugehen und notwendige, fördernde und hemmende Bedingungen für die Entstehung und Ausbreitung wissenschaftlicher Innovationen zu identifizieren (Whitley und Gläser 2014; Whitley et al. 2018).

---

## Literatur

- Barber, Bernard. 1972. Der Widerstand von Wissenschaftlern gegen wissenschaftliche Entdeckungen. In *Wissenschaftssoziologie I. Wissenschaftliche Entwicklung als sozialer Prozeß*, Hrsg. Peter Weingart, 205–221. Frankfurt a. M.: Athenäum Fischer.
- Ben-David, Joseph. 1960. Roles and innovations in medicine. *American Journal of Sociology* 65: 557–568.
- Ben-David, Joseph, und Randall Collins. 1966. Social factors in the origins of a new science: The case of psychology. *American Sociological Review* 31:451–465.
- Braun, Tibor, Wolfgang Glänzel, und András Schubert. 2010. On sleeping beauties, princes and other tales of citation distributions. *Research Evaluation* 19:195–202.
- Cambrosio, Alberto, und Peter Keating. 1988. „Going monoclonal“: Art, science, and magic in the day-to-day use of hybridoma technology. *Social Problems* 35:244–260.
- Chubin, Daryl E. 1976. The conceptualization of scientific specialties. *Sociological Quarterly* 17: 448–476.
- Cohen, J. Bernard. 1985. *Revolution in science*. Cambridge, MA: Belknap.
- Collins, Harry M. 1974. The TEA set: Tacit knowledge and scientific networks. *Science Studies* 4:165–186.
- Collins, Harry M. 1982. The replication of experiments in physics. In *Science in context. Readings in the sociology of science*, Hrsg. Barry Barnes und David Edge, 94–116. Milton Keynes: The Open University Press.
- Collins, Harry M. 1999. Tantalus and the aliens: Publications, audiences and the search for gravitational waves. *Social Studies of Science* 29:163–197.
- Cozzens, Susan E. 1989. *Social control and multiple discovery in science: The opiate receptor case*. Albany: SUNY Press.
- Crane, Diana. 1972. *Invisible colleges: Diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Dolby, R. G. A. 1976. The case of physical chemistry. In *Perspectives on the emergence of scientific disciplines*, Hrsg. Gerard Lemaine, Roy Macleod, Michael J. Mulkay und Peter Weingart, 63–73. The Hague: Mouton.
- Edge, David, und Michael J. Mulkay. 1975. Fallstudien zu wissenschaftlichen Spezialgebieten. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie (Sonderheft 18)*: 231–253.
- Edge, David, und Michael J. Mulkay. 1976. *Astronomy transformed: The emergence of radio astronomy in Britain*. New York: Wiley.
- Eisler, Matthew N. 2013. „The ennobling unity of science and technology“: Materials sciences and engineering, the department of energy, and the nanotechnology enigma. *Minerva* 51:225–251.

- Evans, James A. 2010. Industry collaboration, scientific sharing, and the dissemination of knowledge. *Social Studies of Science* 40:757–791.
- Fisher, Charles S. 1966/67. The death of a mathematical theory: A study in the sociology of knowledge. *Archive for History of Exact Sciences* 3:137–159.
- Fujimura, Joan H. 1988. The molecular biological bandwagon in cancer research: Where social worlds meet. *Social Problems* 35:261–283.
- Garfinkel, Harold, Michael Lynch, und Eric Livingston. 1981. The work of a discovering science construed with materials from the optically discovered pulsar. *Philosophy of the Social Sciences* 11:131–158.
- Gläser, Jochen. 2006. *Wissenschaftliche Produktionsgemeinschaften. Die soziale Ordnung der Forschung*. Frankfurt a. M.: Campus.
- Gläser, Jochen, und Grit Laudel. 2016. Governing science: How science policy shapes research content. *European Journal of Sociology/Archives Européennes de Sociologie* 57:117–168.
- Gläser, Jochen, und Grit Laudel. 2019. Die Unterkomplexität hochschulpolitischer Innovationen. In *Berliner Schlüssel zur Techniksoziologie*, Hrsg. Cornelius Schubert und Ingo Schulz-Schaeffer. Wiesbaden: Springer, (im Erscheinen).
- Gläser, Jochen, Grit Laudel, und Eric Lettkemann. 2016. Hidden in plain sight: The impact of generic governance on the emergence of research fields. In *The local configuration of new research fields*, Hrsg. Martina Merz und Philippe Sormani, 25–43. Heidelberg: Springer.
- Grant, Jonathan, und Liz Allen. 1999. Evaluating high risk research: An assessment of the Wellcome Trust's Sir Henry Wellcome Commemorative Awards for innovative research. *Research Evaluation* 8:201–204.
- Hedgecoe, Adam M. 2003. Terminology and the construction of scientific disciplines: The case of pharmacogenomics. *Science, Technology & Human Values* 28:513–537.
- Heinze, Thomas. 2008. How to sponsor ground-breaking research: A comparison of funding schemes. *Science and Public Policy* 35:802–818.
- Heinze, Thomas, Philip Shapira, Jacqueline Senker, und Stefan Kuhlmann. 2007. Identifying creative research accomplishments: Methodology and results for nanotechnology and human genetics. *Scientometrics* 70:125–152.
- Heinze, Thomas, Philip Shapira, Juan D. Rogers, und Jacqueline M. Senker. 2009. Organizational and institutional influences on creativity in scientific research. *Research Policy* 38:610–623.
- Hemlin, Sven, und Lisa Olsson. 2013. The psychology of research groups: Creativity and performance. In *Handbook of the psychology of science*, Hrsg. Gregory J. Feist und Michael E. Gorman, 397–418. New York: Springer.
- Hollingsworth, J. Rogers. 2008. Scientific discoveries: An institutionalist and path-dependent perspective. In *Biomedicine in the twentieth century: Practices, policies, and politics*, Hrsg. Caroline Hannaway, 317–353. Bethesda: National Institutes of Health.
- Hollingsworth, J. Rogers, und Ellen Jane Hollingsworth. 2011. *Major discoveries, creativity, and the dynamics of science*. Vienna: edition echoraum.
- Kiss, Istvan Z., Mark Broom, Paul G. Craze, und Ismael Rafols. 2010. Can epidemic models describe the diffusion of topics across disciplines? *Journal of Informetrics* 4:74–82.
- Kuhn, Thomas. 1962. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Kuhn, Thomas. 1963. The essential tension: Tradition and innovation in scientific research. In *Scientific creativity: Its recognition and development*, Hrsg. Calvin W. Taylor und Frank Barron, 341–354. New York: Wiley.
- Lal, Bhavya, Mary Elizabeth Hughes, Stephanie Shipp, C. Elizabeth Lee, Amy Marshall Richards, und Adrienne Zhu. 2011. *Outcome evaluation of the National Institutes of Health (NIH) Director's Pioneer Award (NDPA), FY 2004–2005*. Washington: IDA Science and Technology Policy Institute.
- Latour, Bruno. 1987. *Science in action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, Bruno, und Steve Woolgar. 1986 [1979]. *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Princeton: Princeton University Press.

- Laudel, Grit. 2017. How do national career systems promote or hinder the emergence of new research lines? *Minerva* 55:341–369.
- Laudel, Grit, und Jochen Gläser. 2014. Beyond breakthrough research: Epistemic properties of research and their consequences for research funding. *Research Policy* 43:1204–1216.
- Law, John. 1973. The development of specialties in science: The case of x-ray protein crystallography. *Science Studies* 3:275–303.
- Leydesdorff, Loet, Daniele Rotolo, und Wouter de Nooy. 2013. Innovation as a nonlinear process, the scientometric perspective, and the specification of an „innovation opportunities explorer“. *Technology Analysis & Strategic Management* 25:641–653.
- Luukkonen, Terttu. 2012. Conservatism and risk-taking in peer review: Emerging ERC practices. *Research Evaluation* 21:48–60.
- Merton, Robert K. 1972 [1942]. Wissenschaft und demokratische Sozialstruktur. In *Wissenschaftssoziologie I. Wissenschaftliche Entwicklung als sozialer Prozeß*, Hrsg. Peter Weingart, 45–59. Frankfurt a. M.: Athenäum Fischer.
- Merton, Robert K. 1972 [1957]. Die Priorität bei wissenschaftlichen Entdeckungen: Ein Kapitel in der Wissenschaftssoziologie. In *Wissenschaftssoziologie I. Wissenschaftliche Entwicklung als sozialer Prozeß*, Hrsg. Peter Weingart, 121–164. Frankfurt a. M.: Athenäum Fischer.
- Molyneux-Hodgson, Susan, und Morgan Meyer. 2009. Tales of emergence – Synthetic biology as a scientific community in the making. *BioSocieties* 4:129–145.
- Mulkay, Michael. 1970. Conformity and innovation in science. *The Sociological Review* 18:5–23.
- Mulkay, Michael. 1972. *The social process of innovation: A study in the sociology of science*. London: MacMillan.
- Mulkay, Michael. 1974a. Conceptual displacement and migration in science: A prefatory paper. *Science Studies* 4:205–234.
- Mulkay, Michael. 1974b. Einige Aspekte kulturellen Wachstums in den Naturwissenschaften. In *Wissenschaftssoziologie II. Determinanten wissenschaftlicher Entwicklung*, Hrsg. Peter Weingart, 76–102. Frankfurt a. M.: Athenäum Fischer Taschenbuch Verlag.
- Mullins, Nicholas C. 1972. The development of a scientific specialty: The phage group and the origins of molecular biology. *Minerva* 10:51–82.
- Neidhardt, Friedhelm. 1988. *Selbststeuerung in der Forschungsförderung*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Nye, Mary Jo. 1980. N-rays: An episode in the history and psychology of science. *Historical Studies in the Physical Sciences* 11:125–156.
- Pickering, Andrew. 1980. The role of interests in high-energy physics: The choice between charm and colour. In *The social process of scientific investigation*, Hrsg. Karin D. Knorr, Roger Krohn und Richard Whitley, 107–138. Dordrecht: Reidel.
- Pinch, Trevor. 1986. *Confronting nature: The sociology of solar neutrino detection*. Dordrecht: Reidel.
- van Raan, Anthony F. J. 2004. Sleeping beauties in science. *Scientometrics* 59:467–472.
- Rivas, A. L., D. Deshler, R. D. Colle, R. N. Gonzalez, und F. W. Quimby. 1996. Indicators of disciplinary differentiation: Interdisciplinary linkages and adoption rate of biological innovations. *Scientometrics* 37:63–86.
- Simon, Bart. 1999. Undeas science: Making sense of cold fusion after the (arti)fact. *Social Studies of Science* 29:61–85.
- Simonton, Dean Keith. 2013. Creative genius in science. In *Handbook of the psychology of science*, Hrsg. Gregory J. Feist und Michael E. Gorman, 251–272. New York: Springer.
- Stichweh, Rudolf. 1984. *Zur Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen: Physik in Deutschland 1740–1890*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Travis, G. D. L., und H. M. Collins. 1991. New light on old boys: Cognitive and institutional particularism in the peer review system. *Science, Technology, & Human Values* 16(3): 322–341.
- Wagner, Caroline S., und Jeffrey Alexander. 2013. Evaluating transformative research programmes: A case study of the NSF Small Grants for Exploratory Research programme. *Research Evaluation* 22:187–197.



- Weingart, Peter. 1997. From „Finalization“ to „Mode 2“: Old wine in new bottles? *Social Science Information* 36(4): 591–613.
- Weingart, Peter. 2000. Interdisciplinarity: The paradoxical discourse. In *Practising interdisciplinarity*, Hrsg. Peter Weingart und Nico Stehr, 25–41. Toronto: University of Toronto Press.
- Whitley, Richard, und Jochen Gläser, Hrsg. 2014. *Organizational transformation and scientific change: The impact of institutional restructuring on universities and intellectual innovation*. Bingley: Emerald Group.
- Whitley, Richard, Jochen Gläser, und Grit Laudel. 2018. The impact of changing funding and authority relationships on scientific innovations. *Minerva* 56(1): 109–134. <https://doi.org/10.1007/s11024-018-9343-7>.