

II. Berichte und Diskussionen

INSTITUTIONELLE ANALYSE TECHNISCHER INNOVATION*

Raymund Werle

Zusammenfassung: In verschiedenen sozialwissenschaftlichen Teildisziplinen wird die Entstehung und Ausbreitung technischer Innovationen aus einer institutionellen Perspektive analysiert. Wichtige Ansätze finden sich in der sozio-ökonomischen Forschung über nationale Innovationssysteme, der politökonomischen Forschung über die Spielarten des Kapitalismus und der Techniksoziologie, auch wenn in der Mehrzahl dieser Studien technische Innovationen nicht den zentralen Fokus bilden. Die Arbeiten gehen oft von einfachen Unterscheidungen zwischen bestimmten Typen von technischen Innovationen (z.B. radikal/inkrementell) aus, die sie in der Regel nicht sehr viel weiter entwickeln. Dieses „black-boxing“ kann es erleichtern, generalisierbare Zusammenhänge zwischen institutionellen Konstellationen und technischen Innovationen aufzuzeigen. Das ist bisher aber auch deshalb nur selten gelungen, weil ein Defizit hinsichtlich der theoretischen Konzeptualisierung von institutionellen Arrangements besteht und gleichzeitig ein institutioneller Determinismus vorherrscht. Die Analyse von Wechselwirkungen zwischen technischen und institutionellen Neuerungen als Prozessen der Koevolution und Interaktion könnte Abhilfe schaffen.

I. Zielsetzung

Seit langem werden technische Innovationen als wichtige Triebkräfte wirtschaftlicher Entwicklung betrachtet. Von ihnen hängt offenbar das Wohlergehen von Unternehmen und ganzen Nationen ab. Folglich ist das Interesse groß, die Bedingungen kennen zu lernen, welche die Innovationsfähigkeit beeinflussen. Quer zu den wissenschaftlichen Disziplinen hat sich die Innovationsforschung etabliert, die Neuerungen unterschiedlicher Art zum Gegenstand hat. Einen Schwerpunkt bilden *technische* Neuerungen, sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen. Oft gilt zwar das Hauptinteresse dieser Forschung der wirtschaftlichen Performanz und dem ökonomischen Wachstum, doch werden technische Innovationen als wichtige (intervenierende) Einflussfaktoren betrachtet. Für die sozialwissenschaftliche Technikforschung, die sich inzwischen ebenfalls verstärkt dem Thema der Innovation zugewandt hat, bildet – wie auch für diesen

* Für sehr hilfreiche Kritik an einer früheren Fassung dieses Artikels danke ich Renate Mayntz, Arndt Sorge, Knut Lange sowie den Kolleginnen und Kollegen am Interuniversitären Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur in Graz. Ebenfalls zu großem Dank bin ich den Gutachterinnen und Gutachtern sowie den Herausgebern und der Redaktion dieser Zeitschrift verpflichtet. Mein Dank gilt aber auch Maïke Brzoska für ihre Assistenz.

Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Jg. 57, Heft 2, 2005, S. 308–332.

MPIfG Journal Article

Raymund Werle: Institutionelle Analyse technischer Innovation. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 57(2), 2005, 308–332. VS Verlag für Sozialwissenschaften
<http://dx.doi.org/10.1007/s11577-005-0152-2>

The MPIfG Journal Articles series features articles by MPIfG researchers published in peer-reviewed scholarly journals as well as articles by visiting researchers written at the institute. | Max Planck Institute for the Study of Societies (MPIfG) Cologne | www.mpiifg.de

Beitrag – die Technik hingegen den Bezugspunkt. Untersucht werden die Aneignung und Verwendung von Technik ebenso wie ihre Entstehung und Entwicklung, und ganz im Einklang mit dem oben beschriebenen Trend liegt ein Schwergewicht auf der technischen Innovation. Diese wird wie Technik allgemein seit der Abkehr vom Technikdeterminismus Ende der 1970er ganz überwiegend als abhängige Variable behandelt.

Generell werden technische Neuerungen in der Innovationsforschung aus ganz unterschiedlichen theoretischen Perspektiven analysiert. Im Mittelpunkt dieses Artikels stehen Arbeiten, die technische Innovationen aus einer institutionellen Perspektive betrachten. Es wird herausgearbeitet, welchen Beitrag diese Arbeiten zur Erklärung technischer Innovationen und ihrer Rückwirkungen leisten und welche Desiderata institutionalistischer Forschung existieren. Die institutionellen Ansätze werden nicht mit anderen Theorien verglichen. Vielmehr konzentriert sich die Betrachtung auf das Spektrum institutioneller Analysen technischer Innovation, wobei Innovationen nicht notwendigerweise immer im Mittelpunkt der Studien stehen. Einige interessieren sich, wie angedeutet, in erster Linie für die wirtschaftliche Performanz und sehen technische Innovation lediglich als einen Faktor, der die ökonomische Leistungsfähigkeit steigern hilft. Doch enthalten diese Studien oftmals nicht weniger interessante Befunde und Hypothesen zur technischen Innovation als Arbeiten, die nur diese betrachten. Trotz aller Unterschiede im Detail teilen die hier betrachteten Studien das Interesse an den institutionellen Bedingungen, unter denen sich Innovationen entwickeln und durchsetzen oder auch scheitern. Die in unserem Zusammenhang wichtigen, jedoch eher graduellen als prinzipiellen Unterschiede zwischen den einzelnen Arbeiten liegen im Verständnis des Konzepts der Institution und in der Kategorisierung von Innovationen.

Drei Gruppen von Forschungsarbeiten werden einbezogen, ohne dass jedoch ein systematischer Vergleich angestrebt ist: Die hier als sozio-ökonomischer Institutionalismus bezeichnete Forschung über nationale Innovationssysteme, die neuere innovationsorientierte Forschung zu den Spielarten des Kapitalismus, die mit der Bezeichnung politökonomischer Institutionalismus versehen wird, und die soziologische Innovationsforschung, die, soweit es ihr um Technik geht, techniksoziologischer Institutionalismus genannt werden soll.¹ Die Arbeiten sind in dem Sinne institutionalistisch, dass sie einzelne Institutionen oder institutionelle Konstellationen als gesellschaftliche Meso- oder Makrophänomene zur Erklärung technischer Innovationen heranziehen. In der Regel untersuchen sie also Effekte von Institutionen auf Technik. Sehr viel seltener befassen sie sich mit Prozessen der Entstehung oder des Wandels von Institutionen unter dem Einfluss technischer Innovationen. Das hier bestehende Defizit kann nicht dadurch beseitigt werden, dass dem vorherrschenden institutionellen Determinismus ein neuer Technikdeterminismus entgegengestellt wird. Vielmehr müssen die Veränderungen von Techniken und Institutionen aufeinander bezogen und die Wechselwirkungen von institutionellen und technischen Neuerungen untersucht werden. Ansätze hierzu finden sich in einigen der sozio-ökonomischen, politökonomischen und techniksoziologischen Untersuchungen.

1 Nicht einbezogen werden im engeren Sinne politikwissenschaftliche Studien, insbesondere die Forschungen zur politischen (De-)Regulierung von Technik und Märkten und zur Techniksteuerung.

II. Sozio-ökonomischer Institutionalismus

Sozio-ökonomische Studien zur technischen Innovation werden verstärkt seit den 1980er Jahren durchgeführt. Im Unterschied zu neoklassischen Ansätzen, die technische Neuerungen als exogene Größen behandeln, bemühen sich diese Studien, Innovationen zu endogenisieren und die Faktoren herauszuarbeiten, die sie fördern oder behindern. Dies sind keineswegs immer oder auch nur in erster Linie Marktfaktoren. Vielmehr scheinen die vielgestaltigen institutionellen Strukturen der kapitalistischen Nationalstaaten in je spezifischer Weise die Form und die Geschwindigkeit des technischen Fortschritts zu bestimmen (Dosi 1988: 1148). Die Aufmerksamkeit der Forschung wurde auf die nationalen Institutionen gelenkt, nachdem Ländervergleiche auffällige Differenzen und Veränderungen in der relativen wirtschaftlichen Performanz offen legten. So schien es in den 1980er Jahren, als würden die USA ihre ökonomische Vorrangstellung an Japan verlieren. Auf der Suche nach den Gründen für diese Entwicklung rückt die Innovationsfähigkeit in das Zentrum der Aufmerksamkeit, wobei im Allgemeinen unter Berufung auf Schumpeter unterstellt wird, dass technische Innovationen die ökonomische Leistungsfähigkeit und das Wachstum einer Volkswirtschaft fördern.

1. Nationale Innovationssysteme

Unter den innovationstheoretischen Arbeiten in dieser Tradition sind besonders diejenigen über *Nationale Innovationssysteme (NIS)* institutionalistisch orientiert. Im Anschluss an die bahnbrechende Studie von Porter (1990), der zehn wichtige Industrieländer auf ihre, vor allem technologische, Wettbewerbsfähigkeit untersucht, führen diese Arbeiten Innovationsfähigkeit auf den Einfluss national variierender institutioneller Konstellationen zurück (Edquist 1997). Im Mittelpunkt stehen Produkt- und Prozessinnovationen in Technologie basierten Industrien (Carlsson et al. 2002). Die Erfindung, vor allem aber die Ausbreitung von Neuerungen wird nicht als einmaliger Akt, sondern als ein Prozess betrachtet, der (auch) durch institutionelle Konstellationen und Strukturen geformt wird und sich deshalb von Land zu Land unterscheidet.

Prominente frühe Arbeiten zu NIS wie die Studien von Freeman und Nelson lassen erkennen, dass ein eher verschwommenes und extensives Verständnis von Institutionen vorherrscht und auch der Systembegriff unklar ist (Freeman 1987; Nelson 1988). Freeman umschreibt NIS als „the network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies“ (Freeman 1987: 1). Hierzu zählt er in seiner Untersuchung Japans die Industriestruktur, das Bildungs- und Ausbildungssystem, die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Unternehmen und die langfristigen Strategien des MITI (Ministry of International Trade and Industry). Institutionen umfassen sowohl rechtliche Regeln als auch Organisationen und deren Aktivitäten und Strategien. Dieses sehr weite Verständnis von Institutionen und das vage Systemkonzept sind auch für spätere Studien typisch. So definieren Nelson und Kollegen in einem neueren Sammelband NIS als „the cluster

of institutions, policies, and practices that determine an industry's or nation's capacity to generate and apply innovations" (Steil, Victor und Nelson 2002: 3).

Gemeinsam mit Perez hat Freeman bereits frühzeitig auch eine Klassifikation von Innovationen entwickelt. Häufig verwendet wird insbesondere ihre Unterscheidung von *inkrementellen Innovationen*, verstanden als relativ kontinuierliche innerhalb einer Entwicklungslinie liegende Verbesserungen, die im Zusammenhang mit dem Betrieb und der Nutzung einer Technik entstehen, und *radikalen Innovationen*, die diskontinuierlich auftreten, außerhalb gegebener Entwicklungslinien liegen und oft aus strategisch ausgerichteten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten resultieren (Freeman und Perez 1988: 45–47).

Nelson wie auch Freeman betrachten Institutionen als in der Regel relativ resistent gegen Veränderungen. Damit kann es für den Erfolg technischer Innovationen entscheidend sein, wie gut sie sich in institutionelle Strukturen einpassen und wie absorptionsfähig diese sind. Letztlich bedarf es der Kompatibilität („match“) von Technologien und institutionellen Konstellationen, damit Innovationen entstehen und/oder sich rasch ausbreiten können. Wegen ihrer relativ geringen Anpassungsfähigkeit stellen die Institutionen einen Teil der selektiven Umwelt dar, die letztlich über das Schicksal von Innovationen entscheidet.² Die sich hier abzeichnenden Konturen einer evolutionären Theorie technischer Innovation werden in den Arbeiten von Nelson klarer ausgefüllt (Nelson und Winter 1982; Nelson 1987). Grundsätzlich sind das kapitalistische Profitmotiv, der Wettbewerb verschiedener Innovationsquellen und die Marktselektion die konstitutiven Elemente des technischen Evolutionsprozesses. Über die Marktnachfrage wird die „selektive Umwelt“ wirksam und entscheidet über Erfolg oder Misserfolg von Innovationen. Zu dieser Umwelt gehören in Nelsons extensivem Verständnis von Institutionen auch zahlreiche Organisationen: Firmen, industrielle Forschungslabors, Forschungs-Universitäten, Einrichtungen beruflicher Bildung sowie Regierungsagenturen mit ihren technologie- und industriepolitischen Programmen. Diese Organisationen, ihre Strategien und ihre Beziehungen zueinander unterscheiden sich von Land zu Land (Nelson und Rosenberg 1993). Dies gilt auch für die Institutionen im engeren Sinne wie die aus Nelsons Sicht sehr wichtigen Regeln der Aneignung und Sicherung der Innovationsgewinne. In dem einfachen evolutionistischen Schema von Variation und Selektion sind es individuelle und korporative Akteure, die den technischen Wandel vorantreiben, indem sie Neues (Variation) erzeugen, während die nationalen Institutionensysteme im weiteren Sinne die Spreu vom Weizen trennen (Selektion).

In den zahlreichen von Nelson und seinen Kollegen durchgeführten bzw. von ihm inspirierten Untersuchungen werden Innovationsfähigkeit und Innovationsaktivitäten hauptsächlich über die Ausgaben für Forschung und Entwicklung und über Patente gemessen. Gelegentlich wird auch die Import-Export-Bilanz der Hightech-Industrien einbezogen. Die Indikatoren werden nach Wirtschaftssektoren und auch danach differenziert, ob private oder öffentliche, nicht militärische oder militärische sowie universi-

² Freeman zeigt, dass die institutionelle Konstellation Japans Prozessinnovationen begünstigt hat, die dieser Ökonomie Wettbewerbsvorteile in der Konsumgüterindustrie, der Automobilproduktion und der Halbleiterproduktion verschafft haben. In anderen Technologiebereichen war Japan wenig innovativ bzw. war sein Institutionensystem wenig absorptionsfähig für Innovationen.

täre oder außeruniversitäre Einrichtungen beteiligt sind. Systematische Ländervergleiche nimmt Nelson jedoch nicht vor, obwohl er Anfang der 1990er Jahre 15 Länder hat untersuchen lassen. Außer der Feststellung, dass starke, kompetente Firmen die wichtigste Voraussetzung für eine innovative prosperierende Wirtschaft sind, finden sich daher auch kaum generalisierende Befunde, insbesondere nicht im Hinblick auf die Wirkung von institutionellen Konstellationen. Allerdings wird deutlich, dass der Versuch eines Landes, institutionelle Faktoren eines anderen in einem bestimmten Bereich besonders erfolgreichen Landes zu kopieren, wegen der Vielschichtigkeit und Komplexität der Innovationssysteme kaum Erfolg verspricht. Speziell mit Blick auf die USA werden auch die komplementären Beziehungen zwischen der Industrie- und Universitätsforschung sowie der stark differenzierten (öffentlichen) Forschungsförderung als sehr wichtig für den Innovationsprozess hervorgehoben (vgl. Mowery 1994: 79–106; Riccaboni et al. 2003). Begünstigt durch die Verfügbarkeit von Risikokapital wurde auch die rasche Kommerzialisierung von Innovationen möglich. Innovative Forscher konnten die großen Forschungslabors der Universitäten und Großunternehmen verlassen und eigene Firmen gründen (Mowery und Rosenberg 1993).

Eine weitere Variante des NIS-Ansatzes hat Lundvall entwickelt. Für ihn sind die historisch gewachsene Wirtschaftsstruktur einschließlich der industriellen Beziehungen und die organisatorisch-institutionelle Struktur (z.B. der Forschung und Entwicklung) der Staaten charakteristisch für ihre jeweiligen Innovationssysteme (Edquist und Lundvall 1993). Innerhalb dieser Rahmenbedingungen und in Abhängigkeit von ihnen entfalten sich Innovationsprozesse als kumulative, interaktive und kontinuierliche Lernprozesse (Lundvall et al. 2002). Die Lernprozesse, die sich aus den Interaktionen zwischen Produzenten, aber auch zwischen ihnen und den Nutzern von Technik ergeben, sind vor allem im Hinblick auf die inkrementelle Weiterentwicklung und Diffusion einer Neuerung von großer Bedeutung (Lundvall 1992). Dies gilt für technische Neuerungen, also Prozess- und Produktinnovationen, ebenso wie für organisatorische Veränderungen von Unternehmen oder institutionelle Neuerungen. Lundvall macht hier keinen Unterschied, betont aber, dass die aus Lernprozessen resultierenden inkrementellen Veränderungen für die ökonomische Leistungsfähigkeit eines Landes wichtiger seien als die Fähigkeit, radikal Neues hervorzubringen.

Im Spektrum der hier dargestellten Ansätze und Perspektiven bewegt sich eine größere Zahl von Studien, die dem Zusammenhang von institutionellen Konstellationen und technischen Innovationen nachgehen. Auch wenn die Liste relevanter institutioneller Faktoren enumerativ bleibt, gelingt es den Arbeiten zu zeigen, dass die Firmen als die zentralen Agenten der Innovation in der Regel fest in nationalen Institutionensystemen verankert sind und hieraus Vorteile ziehen, was insgesamt zu einer Stabilisierung dieser Systeme beiträgt. Gleichzeitig führt dies dazu, dass Länder in bestimmten Technologien stark und in anderen schwach sind. Es entwickeln sich Komplementaritäten zwischen wissenschaftlicher Forschung an Universitäten und öffentlichen Forschungseinrichtungen, Forschung und Entwicklung in Unternehmen, strategischen Kooperationsnetzen, staatlicher Technologie- und Industriepolitik und anderen Faktoren mit der Folge einer ausgeprägten sektoralen Spezialisierung (Archibugi und Pianta 1992; Guerrieri 1999).

In den verschiedenen Arbeiten kommt eine gewisse Stagnation der Forschung über

NIS zum Ausdruck, die weniger die empirische als die theoretische Seite dieses Ansatzes betrifft. Das gilt auch für die neueren Studien, die jetzt nicht mehr vor dem Hintergrund der amerikanischen Krise und des ökonomischen Aufschwungs Japans, sondern mit Blick auf die herausragende Performanz der US Wirtschaft in den 1990er Jahren entstanden sind (Larédo und Mustar 2001; Steil et al. 2002). Immer noch ist das Konzept des nationalen Innovationssystems vage. Allerdings werden insgesamt die institutionellen gegenüber anderen Komponenten der Systeme stärker betont. Weiterhin bleibt jedoch offen, was das Systemische an einem nationalen Innovationssystem ist.

Angesichts dieser Probleme überrascht es nicht, dass sich neuere Arbeiten in der NIS Tradition dem Zusammenhang zwischen einzelnen institutionellen Regelungskomplexen und technischen Innovationen zuwenden, statt ganze institutionelle Konstellationen einzubeziehen. Das besondere Interesse gilt den Regeln des Schutzes geistigen Eigentums. Hier haben sich in den letzten 30 Jahren weit reichende Änderungen ergeben, deren Effekte diskutiert werden. Der Schwerpunkt der Studien liegt auf den USA. Seit den frühen 1980er Jahren sind hier vor allem die Möglichkeiten der Gewährung von Patentschutz erheblich ausgebaut worden (Jaffe 2000; Gallini 2002). So wurde nicht nur die Geltungsdauer von Patenten verlängert, sondern der Kreis der Patentberechtigten wurde um Universitäten und öffentliche Forschungseinrichtungen erweitert, die nun auch mit öffentlichen Mitteln finanzierte Erfindungen patentieren können. Zudem wurde, was sehr wichtig ist, der Patentschutz auf Bereiche ausgedehnt, die zuvor nicht patentierbar waren. Besonders spektakulär ist die Gewährung von Patentschutz für lebende Organismen (wie gentechnisch erzeugte Bakterien), DNA-Sequenzen und andere bio- und gentechnische Erfindungen. Auch die Möglichkeit der Patentierung von bestimmten Softwareprodukten, die in der Vergangenheit gar nicht oder lediglich urheberrechtlich geschützt waren, hat vielfältige Forschungsfragen aufgeworfen. Dabei interessiert vor allem, in welchem Ausmaß verstärkter Patentschutz die in vielen Ländern zu beobachtende Zunahme von Patentierungsaktivitäten verursacht hat und diese ein Ausdruck verstärkter erfolgreicher Innovationstätigkeit ist (vgl. Gallini 2002: 133). Es konnte gezeigt werden, dass strategisches Patentierungs- und Lizenzierungsverhalten zunächst unerwartete und durchaus auch Innovationen hemmende Wirkungen entfaltet (Heller und Eisenberg 1998; Hall und Ziedonis 2001). Insgesamt scheint der Zusammenhang von Patentierungsmöglichkeiten und Innovationsverhalten sehr viel komplexer zu sein, als zunächst angenommen wurde.

2. Rückwirkungen von Innovationen auf nationale Innovationssysteme

Die Mehrzahl der Arbeiten über den Zusammenhang von NIS und technischen Innovationen geht davon aus, dass sich die Institutionen sehr langsam wandeln und daher die Diffusion einer Innovation vor allem von ihrer Kompatibilität mit den Institutionen abhängt. Nur langfristig und von radikalen Basisinnovationen werden Rückwirkungen auf das Institutionensystem erwartet. So argumentieren Freeman und Perez (1988), dass radikale in vielen Technikbereichen gleichzeitig auftretende und sich steigende Innovationen einen durchgreifenden Veränderungsdruck auf die gesamte Volks-

wirtschaft ausüben. Es kommt zu einem *Wechsel eines techno-ökonomischen Paradigmas*, indem sich ein neues „technologisches Regime“ mit einer charakteristischen institutionellen Struktur etabliert, das über Jahrzehnte dominant bleibt und sich nur in langen Zyklen ändert. Dies bedeutet, dass in den seltenen Fällen technischer Revolutionen, aber in der Regel auch nur dann, technisch induzierte neue institutionelle Arrangements entstehen (Freeman und Louçã 2002).

Auf die Möglichkeit mittelfristigen institutionellen Wandels als Reaktion auf technische Innovationen verweist Porter (1990) mit Blick auf die Technologie intensiven Industrien, die eine herausragende Rolle im Wettbewerb der nationalen Ökonomien spielen. Diese Industrien seien unter Bedingungen entstanden, die die Staaten teilweise selbst geschaffen haben und auf die sie auch Einfluss nehmen. Dies geschieht nicht zuletzt unter dem Druck von international agierenden Unternehmen, die die Möglichkeiten neuer Technologien optimal nutzen wollen (vgl. Pavitt und Patel 1999). Auch Studien, die zeigen, dass institutionelle Unterschiede zwischen verschiedenen technisch geprägten Sektoren eines Landes oft größer sind als Unterschiede zwischen Ländern, verweisen auf die Rückwirkungen der Technik auf institutionelle Strukturen (Carlsson 1994; Breschi und Malerba 1997). Die genauere Betrachtung solcher auch als technologische Systeme bezeichneten sektoralen Innovationssysteme eröffnet bessere Möglichkeiten, Wechselwirkungen zwischen Technik und Institution zu erkennen, als die Konzentration auf ganze nationale Systeme.

Werden gleichzeitig auch die technischen Innovationen etwas genauer betrachtet, so wird es möglich, wie die Forschung zum Schutz geistigen Eigentums in technisch innovativen Sektoren andeutet, institutionelle Entwicklungen in dem Sinne zu endogenisieren, dass sie partiell durch technische Innovationen erklärt werden können. So wird etwa die Beziehung zwischen Neuerungen in der Software-Industrie und bestimmten Entwicklungen im Recht des Schutzes geistigen Eigentums als „co-evolution, involving mutual causation and influence“ charakterisiert (Graham und Mowery 2003: 254). Dies deckt sich mit eher programmatischen Überlegungen zur „Coevolution of Technologies and Institutions“, die Nelson (1994) bereits eine Dekade zuvor angestellt hat.

3. Ergebnisse

Zusammenfassend lässt sich zum Stand sozio-ökonomischer Analysen nationaler Innovationssysteme sagen, dass der Einfluss institutioneller Variablen auf technische Innovationen zwar plausibel gemacht, aber selten spezifiziert wird. Innovationen, die physische Artefakte ebenso wie technisches Know-how umfassen, werden nicht differenziert analysiert. Teilweise werden lediglich Input-Faktoren für Innovationen wie öffentliche und private Aufwendungen für Forschung und Entwicklung betrachtet. Auf der Outputseite wird versucht zu messen, wie häufig oder selten Neues entsteht. So werden Patente gezählt (z.B. Faber und Hesen 2004), deren Anzahl sich allerdings auch verändern kann, ohne dass die Zahl der Innovationen gestiegen oder gesunken ist. Die Technik selbst wird in der Regel nur mit einfachen summarischen Kategorien erfasst. Am häufigsten findet sich die Unterscheidung zwischen radikalen und inkrementellen technischen Innovationen sowie zwischen Produkt- und Prozessinnovationen. Betont

wird, dass Innovationen in der Regel überraschend kommen und ihr konkretes Aufkommen nicht erklärt werden kann. Dem widerspricht nicht, dass sich innovative technische Entwicklungen in der Regel innerhalb eines „technologischen Paradigmas“ bewegen, das einen relativ stabilen Entwicklungspfad konstituiert (Dosi 1982).

Unabhängig von der konkreten Substanz einer technischen Innovation lassen sich die institutionellen Bedingungen von Ländern und Sektoren danach beurteilen, ob sie Innovationen eher fördern oder hemmen. Wie bereits in den Pionierarbeiten werden auch in den neueren Studien die grundsätzlichen technischen Möglichkeiten, die Größe der Märkte, die Möglichkeiten der Finanzierung und eigentumsrechtlichen Aneignung von Neuerungen, die Struktur des jeweiligen Sektors sowie die Investitionen in öffentlich verfügbares Wissen als wichtigste Innovationen auslösende und strukturierende Faktoren genannt. Zunehmend wird auch den Rückwirkungen von technischen Innovationen auf institutionelle Strukturen Aufmerksamkeit geschenkt. Aus den neueren Studien lässt sich ein gewisses Maß an Konvergenz der nationalen Innovationssysteme in Richtung auf eine stärkere Marktkoordination feststellen. Dennoch weisen die nationalen Unterschiede eine bemerkenswerte Beständigkeit auf.

III. Politökonomischer Institutionalismus

Eine zentrale Schwäche der Arbeiten über nationale Innovationssysteme liegt in dem Mangel an einem theoretisch anschlussfähigen Konzept von Institutionen. Es werden Institutionen und institutionelle Konstellationen nebeneinander gestellt, ohne dass geprüft wird, ob und wie sie aufeinander bezogen sind. Explizit kritisiert dies Hollingsworth, der auch darauf verweist, dass im Grunde kein Mangel, sondern eher ein Überangebot an institutionalistischen Ansätzen existiert. Mit Blick auf eine Theorie der Innovation argumentiert er, dass zunächst die einzelnen Komponenten der institutionellen Struktur einer Gesellschaft identifiziert und ihre Beziehungen zueinander erkannt werden müssen, bevor man Aussagen zu ihrem Einfluss auf die Innovationsfähigkeit machen könne (Hollingsworth 2000: 596ff.).

In seinem Verständnis bilden überwiegend produktionsnahe nationale und sektorale Arrangements institutioneller Steuerung *soziale Produktionssysteme*, die national unterschiedlich sind, aber immer eine gewisse interne Kohärenz mit oftmals interdependenten und komplementären Komponenten aufweisen (Hollingsworth 2000: 613–619; Hollingsworth und Boyer 1997). Das soziale Produktionssystem einer Gesellschaft prägt zusammen mit der Struktur und den Normen der relevanten Organisationen (speziell Firmen und öffentliche Forschungseinrichtungen), was Hollingsworth den „Innovationsstil“ einer Gesellschaft nennt. Danach können Gesellschaften hoch oder wenig innovativ sein, die Innovationen können inkrementeller oder radikaler Art sein und sie können ihren Schwerpunkt in neu entstehenden Hightech Sektoren oder in bereits länger existierenden reifen Industrien haben. Während Deutschland in Sektoren wie der Chemie, der Elektrotechnik, dem Maschinenbau oder dem Fahrzeugbau sehr erfolgreich inkrementell innoviert, weist Amerika eher radikale Innovationskraft auf. In neuen Industrien wie der Elektronik oder der Biotechnologie werden in den USA in kurzer Zeit völlig neue komplexe Produkte mit oft kurzer Lebensdauer entwickelt

(Hollingsworth 2000: 626–633). Die für die beiden sozialen Produktionssysteme typischen Differenzen in den Unternehmensstrukturen, den industriellen Beziehungen, dem System der beruflichen Bildung, den Finanzmärkten und dem universitären Forschungssystem sind für die unterschiedlichen Innovationsstile ausschlaggebend.

1. Spielarten des Kapitalismus und Innovation

Damit bezieht sich Hollingsworth auf einen Satz von Variablen, die in der neueren politökonomischen Forschung über die *Spielarten des Kapitalismus* (*Varieties of Capitalism* (VoC)) eine große Rolle spielen. Diese Forschung setzte wie die Studien über die NIS in den 1980er Jahren ein. Ihr Ziel ist es, die auffälligen Performanzunterschiede nationaler Ökonomien nicht mit mehr oder weniger erfolgreichen wirtschaftspolitischen Strategien dieser Länder, sondern mit politisch-institutionellen Faktoren – unterschiedlichen Organisationsformen bzw. Spielarten des Kapitalismus – zu erklären.

Ähnlich wie die Studien zu den nationalen Innovationssystemen konzentrieren sich diejenigen zu den Spielarten des Kapitalismus auf Länder und Sektoren als Untersuchungseinheiten, sind aber systematischer komparativ angelegt. Ihr Hauptinteresse gilt zudem dem aus dem globalen Wettbewerb der sozialen Produktionssysteme resultierenden institutionellen Wandel der nationalen Kapitalismen. Sie fragen also nicht nur, wie Institutionen die ökonomische Performanz eines Landes beeinflussen, sondern untersuchen auch in zunehmendem Maße die Entstehung und den Wandel von Institutionen (etwa Windolf 2002), wenngleich sie hier insgesamt noch sehr auf die Kontrastierung von global konvergenter und national pfadabhängiger Entwicklung fixiert sind.

Die VoC-Studien sind von Anfang an bemüht, die in den verglichenen Ländern festgestellten institutionellen Konstellationen zu typisieren und auf diese Weise die Länder klassifikatorisch zu ordnen. Als am besten ausgearbeitet gilt eine von Soskice im letzten Jahrzehnt entwickelte Klassifikation. Das Konzept des sozialen Produktionssystems aufgreifend spricht der Autor von Produktionsregimen, die als institutioneller Rahmen die Regeln vorgeben, mit deren Hilfe die „microagents of capitalist systems“ ihre Beziehungen zueinander organisieren und strukturieren (Soskice 1999: 101ff.). Wichtige Elemente dieser auf die Produktionsseite der Ökonomie ausgerichteten Betrachtung sind das System der Finanzierung der Unternehmen, die verschiedenen Modelle der Unternehmensleitung (corporate governance), das Arbeitsvertragsrecht, die industriellen Beziehungen, das Schul- und Berufsbildungssystem und das System, das die Beziehungen zwischen den Unternehmen regelt (Wettbewerbspolitik, Technologietransfer, Standardisierung usw.). In idealtypischer Weise unterscheidet Soskice *koordinierte Marktwirtschaften* („*Coordinated Market Economies*“ (CME)) und *liberale Marktwirtschaften* („*Liberal Market Economies*“ (LME)). In den CME sind die Arbeitgeber in ein Netzwerk von Verbänden eingebunden, das intern und mit der organisierten Arbeitnehmerschaft Löhne, Ausbildungs- und Beschäftigungsverhältnisse koordiniert, das kooperativ ausgerichtet und an langfristigen Zielsetzungen orientiert ist. Auch die Unternehmensfinanzierung ist eher langfristig angelegt („patient capital“). In den LME hingegen dominieren eher kurzfristige über den Markt koordinierte Beziehungen zwischen

den Unternehmen, aber auch zwischen den Unternehmen und ihren Beschäftigten oder ihren Geldgebern (Soskice 1994; Hall und Soskice 2001).

In das Zentrum der Betrachtung rücken die Unternehmen und ihre Strategien. Die Unternehmen besitzen autonome Handlungsspielräume. Ihre Handlungen werden allerdings durch die genannten institutionellen Elemente beeinflusst und kanalisiert. Somit ergeben sich die Handlungsergebnisse aus dem Zusammenwirken von institutionellen Einflüssen und autonomer strategischer Interaktion (Hall und Soskice 2001). Sie sind also weder allein durch die Präferenzen, Ressourcen und Strategien der Akteure noch allein durch den institutionellen Kontext bestimmt. Diese Sichtweise hat immer noch vorwiegend programmatischen Charakter. In den Studien über nationale Innovationssysteme fehlt sie jedoch fast vollständig. Obwohl diese die Bedeutung von Unternehmen im Innovationsprozess regelmäßig betonen, erscheinen sie doch nur als eine passive „black box“, auf die „makro-soziale Determinanten“, zu denen die Institutionen gehören, einwirken (Coriat und Weinstein 2002: 274).

Der Prototyp eines Landes mit einer liberalen Marktökonomie sind die Vereinigten Staaten, und von den OECD Ländern fallen auch Großbritannien, Irland, Kanada und Australien in diese Kategorie. Deutschland wird als Prototyp der Gruppe der Länder mit einer koordinierten Marktwirtschaft betrachtet, zu der auch noch Österreich, die Schweiz, Schweden, Norwegen und Japan gehören. Betrachtet man Deutschland und USA als die Endpunkte eines Kontinuums, dann liegen die anderen genannten Länder jeweils in der Nähe dieser Extrempunkte. Wieder andere Länder, unter ihnen die Mittelmeerstaaten, nehmen „ambiguous positions“ ein (Hall und Soskice 2001: 21). Sie haben einerseits relativ liberale Arbeitsmärkte, andererseits ist der Staatseinfluss auf die Ökonomie relativ groß, und zudem haben die meisten einen großen Agrarsektor.

Sucht man nach dem Bezug der Studien über die Spielarten des Kapitalismus zu technischen Innovationen, so wird man zunächst kaum fündig. Abhängige Variable ist in der Regel die ökonomische Performanz der untersuchten Länder, wobei es immer darum geht zu zeigen, welche komparativen institutionellen Vorteile die Länder jeweils besitzen. Jede institutionelle Konstellation weist spezifische Stärken und Schwächen auf, und keine ist in allen Dimensionen der ökonomischen Performanz überlegen. Das gilt auch für die Generierung technischer Innovationen, die deshalb interessieren, weil sie die ökonomische Performanz eines Landes beeinflussen. Somit haben die Innovationen den Status von intervenierenden Variablen. Sie werden institutionell beeinflusst und wirken sich ihrerseits auf die Performanz aus.

Ähnlich wie die NIS-Literatur benutzt auch die VoC-Literatur nur recht grobe Differenzierungen technischer Innovationen. Zentral ist die Unterscheidung zwischen inkrementellen und radikalen Innovationen. So wird argumentiert, dass sich Unternehmen in liberalen Marktökonomien strategisch auf radikale Innovationen ausrichten. Diese Innovationen, oftmals zunächst nur patentierte Erfindungen, entstehen in den neuen Hightech-Sektoren. Hier sind es neben einzelnen großen innovativen Unternehmen vor allem mit Risikokapital finanzierte kleinere Start-Ups, die neue Produkte auf den Markt bringen oder zumindest marktreif entwickeln. Wegen des hohen Innovationstempos haben die Produkte, die oft Komponenten komplexer technischer Systeme sind, immer nur eine relativ kurze Lebensdauer. Unter diesen Bedingungen sind auf kurzfristige Profite ausgerichtete Unternehmen mit einem Personalbestand erfolgreich,

der ein hohes allgemeines Qualifikationsniveau aufweist. Die Unternehmen müssen sich flexibel und schnell immer wieder neu positionieren, was hohe Anpassungsfähigkeit der Belegschaft erfordert und/oder mit starker Personalfluktuation verbunden ist. Dies ist unter den institutionellen Bedingungen einer LME eher als in einer CME möglich. Insgesamt fördern die LME also radikale Innovationen, während die CME inkrementelle Innovationen begünstigen (Soskice 1999; Hall und Soskice 2001).

In einigen neueren VoC-Studien wird die Unterscheidung zwischen radikalen und inkrementellen Innovationen in fruchtbarer Weise weiter entwickelt. Dies ermöglicht es, die Auswirkungen institutioneller Konstellationen auf technische Innovationen zu konkretisieren. Besonders interessant ist die in einer Untersuchung von Unternehmen im Bereich Biotechnologie und Software in Deutschland eingeführte Unterscheidung zwischen „diskreten“ und „kumulativen“ (oder „Plattform“) Technologien (Casper et al. 1999). Die Autoren bedienen sich dieser Unterscheidung, um zu erklären, warum in Deutschland, dem Prototyp eines Landes mit einer koordinierten Marktwirtschaft, Unternehmen, die an radikalen Innovationen arbeiten, durchaus prosperieren. Dies sei darauf zurück zu führen, dass es in der Biotechnologie und der Software Technologien gebe, die in das deutsche institutionelle Gefüge passen. Die erfolgreichen Unternehmen haben sich, so wird argumentiert, statt auf diskrete auf kumulative Technologien spezialisiert. Diese breiteren Plattform-Technologien entwickeln sich relativ stabil über einen längeren Zeitraum. In der Informationstechnik ist das nicht die standardisierte Software, sondern das Service Segment für die gewerblichen Nutzer von Software. Diese Nutzer fragen integrierte Systemlösungen nach, die regelmäßig ausgebaut und auf den neuesten Stand gebracht werden müssen. Dies ist aus der Sicht der Technikentwicklung ein kumulativer Prozess, der sich über einen längeren Zeitraum erstreckt. Die Service-Unternehmen stehen in längerfristigen Beziehungen zu ihren Kunden. Sie bauen spezifisches kumulatives Know-how in einer Belegschaft auf, der sie eine längerfristige Beschäftigungsperspektive bieten. Vergleichbare Entwicklungen haben die Autoren in der Biotechnologie beobachtet. Deutsche Unternehmen haben sich z.B. auf die Entwicklung und Produktion von Instrumenten und auch von Software spezialisiert, die in der pharmazeutischen Forschung oder bei der Herstellung pharmazeutischer Produkte benötigt werden und die anders als die Endprodukte selbst kontinuierlich nachgefragt werden und entsprechend weiter entwickelt werden müssen (Casper und Glimstedt 2001; Casper und Matraives 2003).³

2. Rückwirkungen von Innovationen auf nationale Produktionsregime

Die Arbeiten über die Spielarten des Kapitalismus stimmen darin überein, dass sich die nationalen institutionellen Konstellationen bei allem Globalisierungsdruck als resistent gegenüber raschem grundlegendem Wandel erweisen (Lütz 2003: 27). Hierfür ausschlaggebend sind Interdependenzen und Komplementaritäten der Institutionen inner-

³ Dass Plattform-Technologien in der Biotechnologie tatsächlich einen kumulativen Charakter haben und über Jahre kontinuierlich entwickelt werden können, wird häufig bestritten (Dolata 2003: 178ff.), ändert aber nichts an der grundsätzlichen Nützlichkeit der Unterscheidung von diskreten und kumulativen Technologien.

halb der gewachsenen nationalen Konstellationen (Amable 2000). In jüngster Zeit wird dieses Verständnis einer sehr engen Kopplung von Institutionen und der daraus resultierenden Unmöglichkeit, auch nur Nischen zu schaffen, in denen sich Innovationen entwickeln können, die eigentlich institutionell nicht passen, methodisch und empirisch kritisiert (Crouch 2003; Kitschelt und Streeck 2003).

Damit könnte die Anfang der 1990er Jahre von Kitschelt (1991) angestoßene Diskussion über von technischen Innovationen ausgehenden Veränderungsdruck auf nationale Institutionen neue Nahrung bekommen. Der Autor kritisiert, dass die Forschungsarbeiten zur Performanz nationaler Ökonomien zum einen die sektorale Differenzierung nationaler institutioneller Arrangements nicht berücksichtigen und zum anderen technische Strukturmerkmale nicht einbeziehen. Ob eine neue Technik sich etablieren und weiterentwickeln kann, hängt von korrespondierenden sektoralen Strukturen der institutionellen Steuerung und Lenkung der Technik ab. Sind diese nicht vorhanden, können sie geschaffen werden, soweit die umfassenden nationalen Regimestrukturen dies zulassen. Im Rahmen stabiler nationaler Institutionen können sich sektorale Strukturen unter dem Einfluss innovativer Techniken also durchaus ändern. Technische Innovationen können also institutionellen Wandel in Richtung auf eine nationale Regimestruktur fördern, die eine breitere Mischung von sektorspezifischen Institutionen und damit ein breiteres nationales Technologie-Portfolio aufweist. Kitschelt illustriert diese Überlegungen mit Blick auf die japanische Entwicklung, die er mit westlichen Industriestaaten vergleicht. Dabei bemüht er sich auch um eine detaillierte Beschreibung der Strukturen der Technik und der korrespondierenden Institutionen mit Hilfe von Kategorien, die einen engen Bezug zu Theorien institutioneller Steuerung aufweisen.⁴

Bemerkenswert ist die Strategie, ein differenziertes, gleichwohl eher formales Konzept von Technik bzw. technischen Systemen zu verwenden, das es erlaubt, Technik als die einen industriellen Sektor definierende Größe sowohl als endogene wie auch als exogene Variable systematisch in die Analyse zu integrieren. Die evolutionäre Vielfalt von Technik wird durch institutionelle Einflüsse reduziert. Dennoch bleiben die technischen Systeme so facettenreich, dass sie nicht mit einer national einheitlichen institutionellen Struktur effizient gesteuert werden können. Es entwickeln sich techniknahe sektorale Lenkungs- und Steuerungsstrukturen. Kein Land bietet allgemeine politisch-institutionelle Voraussetzungen, die der Herausbildung der für die unterschiedlichen technischen Systeme variierenden sektoralen institutionellen Strukturen gleichermaßen förderlich sind. Insgesamt begünstigt aber institutionelle Vielfalt auf der nationalen Ebene die Entstehung technikadäquater sektoraler Strukturen und damit technische Innovation, die wiederum diese Vielfalt stabilisiert oder vergrößert.

⁴ Dies sind die Unterscheidungen von lose oder eng gekoppelten Systemen und von linearen oder interaktiven Prozesszusammenhängen (Perrow 1984) und die Governancetypen in Williamsons Transaktionskostenansatz (Williamson 1985). Nach Kitschelt kovariieren mit den Perrowschen Eigenschaften technischer Systeme bestimmte für die Abwicklung von Transaktionen relevante Merkmale der Technik wie der Grad der „asset specificity“ oder der „uncertainty about the causal structure of the technology“ (Kitschelt 1991: 464). Sie erfordern je unterschiedliche sektorale Institutionensysteme.

3. Ergebnisse

Technische Innovationen stehen nicht im Zentrum der Arbeiten über die Spielarten des Kapitalismus. Dort, wo sie thematisiert werden, erscheinen sie als von den jeweiligen nationalen institutionellen Konstellationen abhängige Variablen. Somit haben die Innovationen, ganz gleich ob sie von außen über Diffusionsprozesse in ein Land gelangen oder in dem jeweiligen Land entwickelt werden, nur dann gute Durchsetzungschancen, wenn sie mit dem nationalen Institutionensystem kompatibel sind. Unterschiedliche Institutionensysteme begünstigen unterschiedliche Typen von Innovationen. Während liberale Ökonomien eher radikale Innovationen hervorbringen, bieten koordinierte Marktwirtschaften bessere Voraussetzungen für inkrementelle Innovationen.

Die Tatsache, dass auch in koordinierten Ökonomien Unternehmen in den durch radikale Innovationen geprägten Bereichen Biotechnologie und Software florieren, wird damit erklärt, dass es unter den radikalen Innovationen einen Typus gibt, der als breitere Plattform Technologie über einen Zeitraum von einigen Jahren kontinuierlich entwickelt werden kann. Seltener wird auf durch technische Innovationen ausgelösten Veränderungsdruck verwiesen, der zum Beispiel dazu geführt hat, dass in einer koordinierten Ökonomie wie Deutschland „systemwidrig“ in zunehmendem Maße Risikokapital zur Verfügung steht, das wiederum radikale Innovationen begünstigt.

IV. Techniksoziologischer Institutionalismus

Sowohl die sozio-ökonomischen als auch die politökonomischen Analysen technischer Innovation lassen eine detaillierte Betrachtung der Technik und ihrer jeweiligen Entwicklungsschritte in der Regel vermissen. Dies ist erwartungsgemäß in der Techniksoziologie anders, definiert sie sich doch über diesen Gegenstand. Allerdings sind institutionelle Analysen eher selten. Den verbreiteten „Regeln der technikgenetischen Methode“ (Rammert 1995) fehlt der explizite Bezug auf institutionelle Erklärungen. In ihnen dominiert zudem die „Enactment-Perspektive“, welche Entstehung und Entwicklung von Technik als einen eher kontingenten Prozess ihrer sozialen Aneignung allein auf der Handlungsebene erscheinen lässt (vgl. Schulz-Schaeffer 2000).

Institutionell orientierte Arbeiten haben sich hauptsächlich mit der Entstehung und Entwicklung technischer Infrastruktursysteme oder allgemeiner *großer technischer Systeme* (GTS) befasst. Die Studien, die Institutionen als Regelsysteme verstehen, behandeln die Probleme der Koordination und Regulierung, die sich im Verlauf der Entwicklung der Technik ergeben.

1. Koordination von Innovationen durch Hierarchie, Markt oder Netzwerk

Ausgehend von den Grundtypen institutioneller Steuerung, *Hierarchie*, *Markt* und *Netzwerk*, werden konkrete institutionelle Arrangements, Akteurkonstellationen und Akteurstrategien im Hinblick darauf analysiert, welche Effekte sie auf die Technik haben.

Angestoßen wurde die Forschung über GTS durch die Arbeit des Technikhistorikers Hughes (1983), der die frühe Entwicklung der Elektrizitätsversorgungssysteme in Chicago, London und Berlin untersucht. In ihrer Entwicklung folgen die Systeme nicht nur technischen Imperativen, und sie werden ebenso wenig nur von unternehmerisch orientierten Erfindern und Systemgestaltern geprägt. Vielmehr sind auch die politisch-institutionellen Rahmenbedingungen wichtig. Entsprechend einem *Phasenmodell* entwickeln sich die Systeme von der Erfindung und Innovation über den Technologietransfer, das Wachstum und den Wettbewerb in einen konsolidierten Zustand des „Momentum“. Auch wenn die Basistechnologien, auf denen die Elektrizitätsversorgung in den drei Städten beruht, sehr ähnlich sind, unterscheiden sich die Systeme z.B. im Hinblick auf den Grad ihrer Zentralisation und Integration und auch im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit, ohne dass jedoch ein System den anderen in jeder Hinsicht überlegen ist. Für die Unterschiede sind die institutionellen Bedingungen der Koordination des Entwicklungsprozesses maßgebend. In Chicago spielten Marktfaktoren eine wichtige Rolle, während in Berlin korporatistische Netzwerke und in London administrative Hierarchien die technische Entwicklung koordinierten (Hughes 1983: 175–261).

Historisch gesehen entfalten sich die technischen Infrastrukturen (speziell Telefon, Eisenbahn, Elektrizität) fast durchweg als staatliche oder private, politisch tolerierte und regulierte Gebietsmonopole (vgl. Mayntz und Hughes 1988). Großorganisationen internalisieren die Systementwicklung, und Hierarchie wird zur lange Zeit dominierenden Koordinationsform (Chandler 1977). Diese institutionelle Konstellation begünstigt ganz allgemein die Entwicklung von „konservativen“ technischen Innovationen (Hughes 1982), was intern ausgelösten radikalen Wandel der Systeme ausschließt. Weitreichende Veränderungen der technischen Infrastrukturen ergeben sich deshalb in der Regel nur als Folge politisch-institutioneller Veränderungen. Letzteres zeigt Schneider (2001) in einer evolutionstheoretischen Analyse der institutionellen Transformation der Telekommunikation in den sechs wichtigsten Industrieländern über zwei Jahrhunderte. Die Koordination der Telekommunikation hat sich von staatsmonopolistischen zu marktförmigen Strukturen gewandelt, und die hiermit verbundene Deregulierung und Liberalisierung hat eine „vertikale Entflechtung“ der Systeme und ihrer Architekturen bewirkt (Mayntz 1993: 106).

Der politisch initiierte institutionelle Wandel in Richtung auf mehr Markt beruft sich auf dessen „überlegene Innovationseffizienz“ (Wiesenthal 2000). Hierarchische und zentralisierte werden in dezentrale, modularisierte und vernetzte Architekturen transformiert. Das Internet liefert das wohl eindrucksvollste Beispiel für diesen Transformationsprozess und das hierdurch bei dieser Technik freigesetzte Innovationspotenzial (Werle 2000). Es sind genau die institutionellen Voraussetzungen in den USA in den 1980er und frühen 1990er Jahren, die neben einigen eher zufälligen Entscheidungen erklären, warum das amerikanische Internet sich verhältnismäßig rasch zunächst national und dann international ausgebreitet hat. Anders als in Europa war die Telekommunikation in den USA bereits in einem erheblichen Maße dereguliert, funktionierten die Marktmechanismen in der Computerindustrie und war auch der Hochschulsektor, in dem sich das Netz zunächst ausbreitete, zu einem gewissen Grade kompetitiv organisiert. Ursprünglich wurde das Internet mit öffentlichen Mitteln gefördert

und war vor Wettbewerb geschützt. Es hat sich dann aber ohne weitere Unterstützung im Markt durchgesetzt (vgl. Mowery und Simcoe 2002). Die Anfang der 1980er Jahre in verschiedenen europäischen Staaten in eher hierarchischen Kontexten entstehenden öffentlich geförderten und industriepolitisch gesteuerten Computernetze für die Wissenschaft scheiterten, als dem Internet Einlass nach Europa gewährt und der Markt für den Wettbewerb geöffnet wurde. Der hierarchische Kontext förderte speziell in Deutschland, aber in ähnlicher Form auch in anderen europäischen Ländern, eher konservative Innovationen, die eine Vernetzung technisch unterschiedlich spezifizierter Datennetze durch eine weitgehende Homogenisierung auf einen Standard und eine eher zentralisierte Struktur vorsahen, während die Protokolle des Internet die Heterogenität und Autonomie der Teilnetze respektieren und eine stark dezentralisierte Architektur begünstigen (Werle 2002).

Die Arbeiten über Innovationen in großen technischen Systemen beschränken sich in der Regel darauf, die institutionellen Steuerungsformen des Marktes und der Hierarchie zu kontrastieren. Netzwerkartige Formen der Koordination, die in den 1990er Jahren vor allem auf der Ebene der Unternehmens- und Produktionsorganisation zunehmend in das Blickfeld gerückt sind (Powell 1990; Hirsch-Kreinsen 2002), werden erst spät als Einflussfaktoren auf Technik thematisiert. Speziell mit Blick auf die Entstehung und Ausbreitung *neuer* Techniken wird die Bedeutung von „Innovationsnetzwerken“ hervorgehoben, die als heterogene Netze „technikerzeugende, -verwendende und -regulierende Sozialsysteme“ miteinander verbinden (Kowol und Krohn 1995: 78). Basierend auf Verhandlung und Vertrauen helfen sie, Komplexität zu bewältigen und Unsicherheit dort zu reduzieren, wo Märkte speziell hinsichtlich des Informationsflusses und Hierarchien vor allem bezüglich der Flexibilität tendenziell versagen (vgl. auch Rammert 1997; Küppers 2002).

Nur selten wird der Zusammenhang zwischen der Struktur der Innovationsnetzwerke und dem technischen Innovationsprozess spezifiziert. Einen Schritt in diese Richtung geht eine Forschergruppe um Johannes Weyer in vier Fallstudien zum Airbus, zum Personal Computer, zum Transrapid und zum Satellitenfernsehen (Weyer et al. 1997). Die Gruppe argumentiert, dass erfolgreiche Innovationen die Phasen der Entstehung, Stabilisierung und Durchsetzung als je eigenständige Entwicklungsschritte durchlaufen und sich in jeder Phase das Netzwerk der die Innovation tragenden Akteure ändert. In der Anfangsphase werden eher zufällige Erfindungen von innovativen Akteuren in ein Konstruktionsmodell mit grundlegenden Spezifikationen der Architektur, Herstellung und Nutzung einer Technik überführt. Es bildet sich ein Netzwerk von potentiell interessierten Akteuren. In der nächsten Phase vernetzen sich strategiefähige Akteure zum Zwecke der Förderung der Technik. So wird Unsicherheit absorbiert, was die weitere Entwicklung der Innovation ermöglicht. Aus der innovativen Idee und dem allgemeinen Modell wird ein technischer Prototyp. In der Durchsetzungsphase schließlich öffnet sich das Netzwerk für neue Mitglieder wie Nutzer, Betroffene, Betreiber, gegebenenfalls auch Kritiker. In dieser Phase werden auch neue Verwendungszusammenhänge und Nutzungsformen einer Innovation erfunden. Wenn sich, so die Autoren, nicht in jeder Entwicklungsphase ein Netzwerk herausbildet und sozial konsolidiert, das in der Lage ist, die notwendigen Entscheidungen zu fällen und Konstruktionsleistungen zu erbringen, wird die Innovation auf der einmal erreichten Stufe verharren.

Insbesondere für die Durchsetzung der Technik ist die „konsequente Öffnung“ der Netze entscheidend (Weyer et al. 1997: 330).

Ähnlich wie die Forschergruppe beschränken sich auch andere Untersuchungen von Innovationsnetzwerken zumeist darauf, den Erfolg bzw. Misserfolg von Innovationen bzw. der an ihnen arbeitenden Unternehmen zu betrachten. Die Entstehung erfolgreicher technischer Innovationen scheint jeweils von der Bildung und Stabilisierung solcher Netzwerke abzuhängen, in denen – oft innerhalb einer bestimmten Region (Castilla et al. 2000) – Akteure aus unterschiedlichen institutionellen Sektoren zusammenarbeiten, wobei politische Agenturen häufig eine Rolle als Förderer und Moderator spielen (Giesecke 2001).

Aus einer institutionellen Perspektive verdient besondere Beachtung, dass die Innovationsnetzwerke unterschiedliche institutionelle Sektoren verknüpfen. Damit ergeben sich Berührungspunkte mit Studien, die speziell solche Aspekte der Verschränkung institutioneller Sektoren und Handlungslogiken betonen. Einige dieser Studien verweisen auf die innovationsfördernde Wirkung symbiotischer „Triple Helix“ Konstellationen zwischen Universitäten, der Industrie und den Regierungen (Leydesdorff und Etzkowitz 1998). Andere heben im Anschluss an Gibbons und Kollegen die Bedeutung solcher Verschränkungen und Vernetzungen ganz allgemein auch für die Entstehung neuer Formen der Wissenserzeugung hervor (Gibbons et al. 1994; Bender 2001).

Der institutionelle Charakter von Netzwerken als eines spezifischen Koordinationsmodus tritt deutlich in einer Untersuchung der Bildung, Auflösung und Veränderung von Netzwerken im Bereich der Biotechnologie zu Tage. Für den Zeitraum von mehr als zehn Jahren analysieren Powell und Kollegen dieses Phänomen in den USA und tragen damit der Forderung Rechnung, „Netzwerke in ihrer Dynamik zu beschreiben und die dahinter liegenden Mechanismen zu identifizieren“ (Jansen 2002: 113). Sie untersuchen die Effekte sich wandelnder Regeln und Präferenzen der Partnerwahl auf die Population und die Struktur der Netzwerke. Diese haben sich im Zeitablauf zwar deutlich geändert, doch sind die Netze weiterhin sehr heterogen. Insgesamt scheint für die Entwicklung des innovativen Feldes der Biotechnologie nicht das Schicksal einzelner Netzknoten (Organisationen), sondern die Zusammensetzung und Struktur der Netze entscheidend zu sein (Powell et al. 2005).

Es überrascht nicht, dass Netzwerke als Koordinationsformen besonders ausgeprägt in Ländern mit einer liberalen Marktökonomie vorzukommen scheinen und dort auch vielgestaltiger sind als in koordinierten Ökonomien (Owen-Smith et al. 2004). Die Netzwerke, in denen sich die Akteure mit Partnern auch aus anderen institutionellen Sektoren verbinden, bilden eine Grundlage für die Entstehung und Durchsetzung radikaler Innovationen. In rein atomistischen Austauschbeziehungen hingegen können die Akteure, die an solchen Innovationen arbeiten, offenbar kaum bestehen. Andererseits sind aber auch Netzwerke keine Garantie für erfolgreiches Innovieren. Wären sie in jeder Hinsicht anderen Koordinationsformen überlegen, würden sich aus funktionalistischer Sicht solche anderen Formen überleben (Podolny und Page 1998: 66). Neben Markt- und Hierarchie- gibt es aber auch Netzwerkversagen.

2. Rückwirkungen der Innovationen auf die Formen institutioneller Steuerung

Auch in den techniksoziologischen Arbeiten hat die Innovation zumeist den Status einer abhängigen Variablen. Institutionelle Faktoren werden als konstant oder schwer änderbar betrachtet. Die Innovation muss sich irgendwie einpassen oder soweit kompatibel mit dem institutionellen Umfeld sein, dass sie sich etablieren kann. Daraus folgt, dass erfolglose den erfolgreichen Innovationen nicht in jeder Hinsicht unterlegen sein müssen. Sie passen nur schlechter in ihre institutionelle Umgebung. Allerdings wird Technik nicht immer nur als abhängige Variable behandelt. So wird speziell großen technischen Systemen attestiert, dass sie „funktionelle Interdependenz“ steigern und institutionelle Koordinationsformen in ihrer Wirkung stärken (Mayntz 1993). Krücken und Meyer (2003) betonen, dass netzwerkförmige Koordinationsstrukturen und technischen Neuerungen „rekursiv aufeinander bezogenen“ seien.

Neuere techniksoziologische Arbeiten greifen explizit das zunächst in sozio-ökonomischen Studien verwendete Konzept der Koevolution auf und beziehen es vor allem auf sektorale sozio-technische Transformations- und Transitionsprozesse (Rip und Kemp 1998; Geels 2005). Ohne dem Technikdeterminismus das Wort reden zu wollen, verweisen die Arbeiten auf die wichtige Rolle, die Technik, insbesondere radikale technische Innovationen in solchen Prozessen spielt. Solche Innovationen sind kaum vorherzusagen und auch nicht beliebig formbar. Oft entwickeln sie sich in Nischen. Generell folgen die technischen Innovationen in ihrer weiteren Entwicklung einer gewissen Eigengesetzlichkeit, aus der ein Veränderungsdruck auf die sie umgebenden Systemstrukturen resultiert. Diese Strukturen sind zwar träge, doch ergeben sich immer wieder Gelegenheiten (windows of opportunity), in denen sich Änderungen durchsetzen. Der Innovationsprozess ist ein interaktiver koevolutionärer Mehrebenenprozess, in den technische Artefakte und individuelle Akteure, Organisationen und sektorale Institutionen sowie schließlich sozio-technische Regime involviert sind. Technische und soziale Faktoren beeinflussen sich wechselseitig.

Für den Transportsektor, der jeweils durch ein dominantes technisches Artefakt geprägt ist, zeichnet Geels (2005) den historischen Koevolutionsprozess in der Seeschifffahrt (vom Segel- zum Dampfschiff), im Luftverkehr (vom Propellerflugzeug zum Düsenjet) und im Straßenverkehr (von der Pferdekutsche zum Automobil) mit Hilfe eines Phasenmodells nach. Dieses hat jedoch eher eine heuristische als eine erklärende Funktion.

3. Ergebnisse

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der techniksoziologische Institutionalismus die Evolution technischer Innovationen als soziale Koordinationsleistung versteht, die in den institutionellen Formen des Marktes, der Hierarchie und des Netzwerkes erbracht wird. Diese Formen sind oft miteinander verschränkt. In einzelnen Studien werden sie weiter differenziert, jedoch wird die Ausgangstypologie von Markt, Hierarchie und Netzwerk nicht systematisch weiterentwickelt. Zwar lassen sich Entsprechungen zwischen diesen Koordinationsformen und dem Typus technischer Innovationen fest-

stellen. So hat die mit dem Übergang zu stärker marktförmiger Koordination verbundene Dezentralisierung und losere Kopplung der Netze in der Telekommunikation die Integration radikaler Innovationen erleichtert. Doch bleibt weitgehend ungeklärt, wie sich weitergehende interne Differenzierungen der Koordinationsformen auf die Technik auswirken. Der techniksoziologische Institutionalismus interessiert sich stärker für die Entwicklung großer (vernetzter) technischer Systeme als für einzelne technische Artefakte. Zudem wird die Technik in der Regel nicht so differenziert analysiert wie in anderen Feldern der Techniksoziologie. Eine stärkere Differenzierung hätte allerdings auch keinen Nutzen, wenn nicht auch entsprechend differenzierte institutionelle Konzepte verwendet würden. Neuere Forschungsarbeiten sind bemüht den institutionellen Determinismus, der Technik durchweg als abhängige Variable behandelt, zu überwinden, indem sie die technische und die institutionelle Entwicklung als aufeinander bezogenen Prozess der Koevolution interpretieren. In einem solchen Prozess könne die Dynamiken technischer Innovation soziale Veränderungen ursächlich beeinflussen.

V. Perspektiven: Koevolution und Interaktion von Technik und Institution

In den hier vorgestellten institutionellen Ansätzen haben technische Innovationen einen unterschiedlichen Stellenwert. Die Sozio-Ökonomik interessiert sich zunächst allgemein für die Innovationsfähigkeit, die sie auf institutionelle und andere Voraussetzungen der Erzeugung und Verbreitung neuer Techniken bezieht. Insbesondere die Arbeiten über nationale Innovationssysteme wenden sich in ihrer zentralen Stoßrichtung gegen die Neoklassik. Technische Innovationen werden endogenisiert, und es wird gezeigt, dass vor allem national, aber auch sektoral unterschiedliche institutionelle Systeme quantitativ und qualitativ unterschiedlich innovativ sind. In manchen Ländern entsteht häufiger Neues als in anderen. Zudem können die Innovationen inkrementell oder radikal sein. Der sozio-ökonomische Institutionalismus verwendet in der Regel ein sehr breites und insgesamt wenig konsistentes Institutionenkonzept, was die theoretische Entwicklung dieses Ansatzes stark behindert hat.

Im Gegensatz dazu bemüht sich der politökonomische Institutionalismus stärker um ein theoretisch anschlussfähiges Konzept von Institutionen, weil er nicht nur ökonomische Performanz und in diesem Kontext auch technische Innovationen, sondern teilweise auch institutionellen Wandel analysiert. Im Vordergrund steht der Regelcharakter von Institutionen. Als recht fruchtbar hat sich die stark stilisierte Unterscheidung in liberale und koordinierte Marktwirtschaften erwiesen. In ihrer idealtypischen Form weisen die beiden ein hohes Maß an interner Komplementarität der institutionellen Elemente auf, was ihnen entsprechend große Stabilität verleiht. Technische Innovationen haben in den politökonomischen Arbeiten hauptsächlich deshalb eine Bedeutung, weil sie die ökonomische Performanz einer Volkswirtschaft beeinflussen. Dabei erweist sich die liberale der koordinierten Marktwirtschaft nicht als durchweg überlegen. Vielmehr beweisen die Ökonomien ihre spezifische Leistungsfähigkeit in Bezug auf unterschiedliche Typen von technischen Innovationen. Liberale Marktwirtschaften begünstigen radikale Innovationen, während in koordinierten Marktwirtschaften vorwiegend inkrementelle Innovationen entstehen.

Diese bereits in den sozio-ökonomischen Studien überwiegend benutzte Unterscheidung zwischen radikalen und inkrementellen Innovationen erfährt im politökonomischen Institutionalismus eine sehr brauchbare Erweiterung. Um die Frage zu beantworten, warum in koordinierten Marktökonomien wider Erwarten auch relativ häufig radikale Innovationen auftreten, wird zwischen diskreten und kumulativen Techniken unterschieden. Letztere können, wenn erst einmal die technische Basis gelegt ist, Schritt für Schritt weiter entwickelt werden. In dieser Hinsicht passen sie in die koordinierten Marktwirtschaften, auch wenn sie, was ihre Grundlagen anbetrifft, als radikale Innovationen entstanden sind. Radikale Innovationen, die sich inkrementell weiter entwickeln lassen, können demnach auch in koordinierten Ökonomien gedeihen.

In dieser Sichtweise werden Innovationen nicht mehr durchgängig als abhängige Variablen betrachtet. Wenn etwa argumentiert wird, dass deutsche Unternehmen allgemein Probleme mit radikalen Innovationen haben, während sie inkrementelle Innovationen erfolgreich nutzen können, dann erscheinen die Techniken zunächst als exogene Variablen. Die Unternehmen richten ihre Strategien an den Möglichkeiten und Restriktionen der Technik aus. Sie werden aber auch versuchen, die Technik nach ihren strategischen Orientierungen zu gestalten. Die resultierenden Innovationen können einen Veränderungsdruck auf das nationale Institutionensystem auslösen. Die Innovationen haben hier den Status von intervenierenden Variablen. Die Unternehmen bedienen sich der Technik in dem Maße, wie sie diese in ihre Strategien integrieren können. Die Integration erfolgt über Anpassung an die Technik, aber auch über deren Änderung und Weiterentwicklung. Letzteres verändert die technische Opportunitätsstruktur, die ihrerseits einen institutionellen Veränderungsdruck erzeugen kann.

Der techniksoziologische Institutionalismus betrachtet die Entstehung und Ausbreitung von Neuerungen in erster Linie als ein Koordinationsproblem, wobei (große) technische Systeme den bevorzugten Untersuchungsgegenstand bilden. Wie in den politökonomischen Arbeiten werden Institutionensysteme überwiegend als Regelsysteme verstanden. Allerdings beschränkt sich die Techniksoziologie zumeist darauf, die Formen institutioneller Koordination nach ihren Grundtypen Hierarchie, Markt und Netzwerk zu sortieren. Nur gelegentlich werden Mischformen betrachtet. Damit liegen die Probleme ähnlich wie beim sozio-ökonomischen Institutionalismus. So wie sich dieser vor allem dadurch profiliert, dass er die Schwächen neoklassischer Ansätze aufzeigt, gewinnt der Institutionalismus in der Techniksoziologie seine Attraktivität dadurch, dass er auf die Fragwürdigkeit der Vorstellung linearer Technikentwicklung verweist. Eine fruchtbare Weiterentwicklung der institutionellen Theorie ist nur ansatzweise erfolgt. Speziell die Variante des akteurzentrierten Institutionalismus ist hier zu nennen (Werle 1998). Sie hilft, technische Veränderungen innerhalb eines relativ fest gefügten institutionellen Rahmens zu erklären, indem sie Akteurkonstellationen und Akteurstrategien als innerhalb dieses Rahmens variierende Einflussfaktoren konzeptualisiert.

Bemerkenswert ist, dass sich der Blick des techniksoziologischen Institutionalismus nicht nur auf den Erfolg oder Misserfolg einer technischen Innovation, sondern auch auf die zeitliche und sachliche Abfolge des Innovationsprozesses und die Lösung der sich jeweils ergebenden Koordinationsprobleme richtet. Danach durchläuft der Prozess verschiedene Phasen, die sich zyklisch wiederholen können. Es entwickelt sich eine Ei-

gendynamik, welche die den Prozess einbettenden Institutionen mit jeweils unterschiedlichen Anforderungen konfrontiert. Eine gegebene institutionelle Konstellation, die sich in der Regel nur langsam oder gar nicht ändert, fördert oder behindert den Prozess.

Die sozio-ökonomischen, politökonomischen und auch die techniksoziologischen Analysen betrachten in der Regel nicht die Details technischer Innovationen. Im Allgemeinen bedienen sie sich einfacher Kategorisierungen wie radikal und inkrementell. Dieses „black-boxing“, wenn es nicht zu undifferenziert bleibt, ermöglicht noch am ehesten, allgemeine Zusammenhänge oder Korrespondenzen zwischen institutionellen Konstellationen und technischen Neuerungen herauszuarbeiten. Dies gilt zumindest, wenn und so lange wie auch institutionelle Konstellationen stark generalisierenden Typisierungen wie Hierarchie, Markt, Netzwerk oder koordinierte bzw. liberale Marktwirtschaften unterliegen. Die Alternative, Institutionen und Technik detailliert zu erfassen, hat bislang noch keine überzeugend generalisierbaren Ergebnisse gezeigt.

In allen drei Ansätzen werden die Innovationen vorwiegend als abhängige Variablen behandelt. Allerdings ist ihre Entwicklung und Verbreitung offensichtlich institutionell unterdeterminiert. Immer sind noch andere Faktoren im Spiel, die die Neuerungen beeinflussen. Zudem gibt es jeweils auch Technik induzierte Faktoren, die einen Veränderungsdruck auf die Institutionen auslösen können. In der Mehrheit der diskutierten Arbeiten wird jedoch angenommen, dass die Institutionen relativ resistent gegenüber diesem Druck sind.

Müssten nicht Arbeiten, in denen Institutionen zur Erklärung technischer Neuerungen herangezogen werden, grundsätzlich auch den umgekehrten Kausalzusammenhang einbeziehen? Angedeutet wird diese Möglichkeit in einigen Studien. So postuliert das sozio-ökonomische Konzept des Wandels eines techno-ökonomischen Paradigmas, dass revolutionäre technische Veränderungen ein überkommenes institutionelles Regime beseitigen und ein neues etablieren (Freeman und Perez 1988). Zudem wird aus komparativer Perspektive argumentiert, dass in Ländern, in denen sich eine neue Technologie weniger erfolgreich als in anderen entwickelt, zunächst vor allem in den technologiepolitisch relevanten Institutionen Veränderungsprozesse ausgelöst werden, die die Passfähigkeit zwischen Technik und Institutionen verbessern können (Giesecke 2001). Ähnliches findet sich in politökonomischen Arbeiten zur „institutional adaptiveness“ (Casper 2000). In der Techniksoziologie schließlich deutet der wiederholte Verweis auf technische Eigendynamik an, dass der Technik eine die Gesellschaft und ihre institutionelle Struktur prägende Bedeutung eingeräumt werden muss.

Hier spielt das Konzept der Koevolution eine wichtige Rolle. Soweit einschlägige Studien empirisch ausgerichtet sind, bedienen sie sich des Materials der Technikgeschichte. Technikentwicklung wird als Phasenprozess verstanden, in dem sich Perioden „sozialer Konstruktion“, d.h. organisatorischer und institutioneller Gestaltung der Technik, mit solchen des „technischen Determinismus“, d.h. der technisch induzierten Prägung ihrer organisatorischen und institutionellen Umwelt abwechseln (Rosenkopf und Tushman 1994).

Vor allem in seiner techniksoziologischen Variante (Rip und Kemp 1998; Geels 2005) bietet das Konzept der Koevolution zweifellos einen interessanten Ansatz, weil es den institutionellen Determinismus überwindet und einen Weg aufzeigt, wie sich er-

klären lässt, dass sich gelegentlich Innovationen durchsetzen, die „eigentlich“ wegen ihrer Inkompatibilität mit einem gegebenen Institutionensystem zum Scheitern verurteilt sind. Das Konzept ist aber sehr generell. Es umfasst neben technischen und institutionellen eine Vielzahl anderer Variablen. Um den Zusammenhang zwischen technischen und institutionellen Innovationen deutlicher herauszuarbeiten, sollte daher zunächst in Fallstudien nach Wechselwirkungen bzw. Interaktionen zwischen institutionellen und technischen Neuerungen gesucht werden. Leitvorstellung dabei ist, dass sich in *interaktiven Prozessen* – vermittelt über und beeinflusst durch Akteurhandeln – *Technik und Institutionen verändern*, wobei der technische ebenso wie der institutionelle Wandel immer auch noch von anderen, aus dieser Sicht exogenen Faktoren beeinflusst wird. Der aus einem auf Wechselwirkungen fokussierten Untersuchungsdesign resultierende Zwang, Kategorien und Mechanismen institutionellen und technischen Wandels systematisch aufeinander zu beziehen, könnte sich als insgesamt fruchtbar auch für die institutionelle Theoriebildung erweisen. In jedem Fall weist er einen Weg aus der Sackgasse des institutionellen Determinismus, der ratlos ist, wenn sich mit institutionellen Arrangements zunächst inkompatible technische Innovationen schließlich doch durchsetzen.

Literatur

- Amable, Bruno*, 2000: Institutional Complementarity and Diversity of Social Systems of Innovation and Production. Review of International Political Economy 7: 645–687.
- Archibugi, Daniele* und *Mario Pianta*, 1992: The Technological Specialization of Advanced Countries. Dordrecht: Kluwer.
- Bender, Gerd* (Hg.), 2001: Neue Formen der Wissenserzeugung. Frankfurt a.M.: Campus.
- Breschi, Stefano*, und *Franco Malerba*, 1997: Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics, and Spatial Boundaries. S. 130–156 in: *Charles Edquist* (Hg.), Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations. London: Pinter.
- Carlsson, Bo*, 1994: Technological Systems and Economic Performance. S. 13–24 in: *Mark Dodgson* und *Roy Rothwell* (Hg.), The Handbook of Industrial Innovation. Aldershot: Edward Elgar.
- Carlsson, Bo*, *Staffan Jacobsson*, *Manus Holmén* und *Annika Rickne*, 2002: Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues. Research Policy 31: 233–245.
- Casper, Steven*, und *Catherine Matraves*, 2003: Institutional Frameworks and Innovation in the German and UK Pharmaceutical Industry. Research Policy 32: 1865–1897.
- Casper, Steven*, und *Henrik Glimstedt*, 2001: Economic Organization, Innovation Systems and the Internet. Oxford Review of Economic Policy 17: 265–281.
- Casper, Steven*, 2000: Institutional Adaptiveness, Technology Policy and the Diffusion of New Business Models: The Case of German Biotechnology. Organization Studies 21: 887–914.
- Casper, Steven*, *Mark Lehrer* und *David Soskice*, 1999: Can High-Technology Industries Prosper in Germany? Institutional Frameworks and the Evolution of the German Software and Biotechnology Industries. Industry and Innovation 6: 5–24.
- Castilla, Emilio J.*, *Hokyung Hwang*, *Ellen Granovetter* und *Mark Granovetter*, 2000: Social Networks in Silicon Valley. S. 218–247 in: *Chong-Moon Lee*, *William F. Miller*, *Marguerite Gong Hancock* und *Henry S. Rowen* (Hg.), The Silicon Valley Edge. A Habitat for Innovation and Entrepreneurship. Stanford: Stanford University Press.
- Chandler, Alfred D.*, 1977: The Visible Hand. The Managerial Revolution in American Business. Cambridge: Belknap Press.
- Coriat, Benjamin*, und *Olivier Weinstein*, 2002: Organizations, Firms and Institutions in the Generation of Innovation. Research Policy 31: 273–290.

- Crouch, Colin*, 2003: Institutions within which Real Actors Innovate. S. 71–98 in: *Renate Mayntz und Wolfgang Streeck* (Hg.), *Die Reformierbarkeit der Demokratie. Innovationen und Blockaden*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Dolata, Ulrich*, 2003: Unternehmen Technik. Akteure, Interaktionsmuster und strukturelle Kontexte der Technikentwicklung: ein Theorierahmen. Berlin: Edition Sigma.
- Dosi, Giovanni*, 1982: Technological Paradigms and Technological Trajectories.
- Dosi, Giovanni*, 1988: Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature* 26: 1120–1171.
- Edquist, Charles, und Bengt-Åke Lundvall*, 1993: Comparing the Danish and the Swedish Systems of Innovations. S. 265–298 in: *Richard R. Nelson* (Hg.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- Edquist, Charles*, 1997: Systems of Innovation Approaches. Their Emergence and Characteristics. S. 1–35 in: *Ders.* (Hg.), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter.
- Faber, Jan, und Barbara Hesen*, 2004: Innovation Capabilities of European Nations. Cross-national Analyses of Patents and Sales of Product Innovations. *Research Policy* 33: 193–207.
- Freeman, Christopher, und Carlota Perez*, 1988: Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour. S. 38–66 in: *Dosi, Giovanni, Christopher Freeman, Richard R. Nelson, Gerald Silverberg und Luc Soete* (Hg.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.
- Freeman, Christopher, und Francisco Louçã*, 2002: *As Time Goes By. From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Freeman, Christopher*, 1987: *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- Gallini, Nancy T.*, 2002: The Economics of Patents: Lessons from Recent US Patent Reform. *Journal of Economic Perspectives* 16: 131–154.
- Geels, Frank W.*, 2005: *Technological Transitions and System Innovations. A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Gibbons, Michael, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott und Martin Trow*, 1994: *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: Sage.
- Giesecke, Susanne*, 2001: *Von der Forschung zum Markt. Innovationsstrategien und Forschungspolitik in der Biotechnologie*. Berlin: Edition Sigma.
- Graham, Stuart J.H., und David C. Mowery*, 2003: Intellectual Property in the US Software Industry. S. 219–258 in: *Wesley M. Cohen und Stephen A. Merrill* (Hg.), *Patents in the Knowledge Based Economy*. Washington D.C.: The National Academies Press.
- Guerrieri, Paolo*, 1999: Patterns of National Specialisation in the Global Competitive Environment. S. 139–159 in: *Daniele Archibugi, Jeremy Howells und Jonathan Mitchie* (Hg.), *Innovation Policy in a Global Economy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hall, Bronwyn H., und Rosemarie Ham Ziedonis*, 2001: The Patent Paradox Revisited: An Empirical Study of Patenting in the US Semiconductor Industry, 1979–1995. *RAND Journal of Economics* 32: 101–128.
- Hall, Peter A., und David Soskice*, 2001: An Introduction to Varieties of Capitalism. S. 1–70 in: *Dies.* (Hg.), *Varieties of Capitalism. The Institutional Foundations of Comparative Advantage*. Oxford: Oxford University Press.
- Heller, Michael A., und Rebecca S. Eisenberg*, 1998: Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research. *Science* 280: 698–701.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut*, 2002: Unternehmensnetzwerke – revisited, Corporate Networks – revisited. *Zeitschrift für Soziologie* 31: 106–124.
- Hollingsworth, J. Rogers, und Robert Boyer*, 1997: Coordination of Economic Actors and Social Systems of Production. S. 1–47 in: *Dies.* (Hg.), *Contemporary Capitalism. The Embeddedness of Institutions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hollingsworth, J. Rogers*, 2000: Doing Institutional Analysis: Implications for the Study of Innovations. *Review of International Political Economy* 7: 595–644.

- Hughes, Thomas P.*, 1982: Conservative and Radical Technologies. S. 31–44 in: *Sven B. Lundstedt* und *E. William Colglazier* (Hg.), *Managing Innovation*. New York: Pergamon Press.
- Hughes, Thomas P.*, 1983: *Networks of Power. Electrification in Western Society 1880–1930*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Jaffe, Adam B.*, 2000: The US Patent System in Transition: Policy Innovation and the Innovation Process. *Research Policy* 29: 531–557.
- Jansen, Dorothea*, 2002: Netzwerkansätze in der Organisationsforschung. S. 88–118 in: *Jutta Allmendinger* und *Thomas Hinz* (Hg.), *Organisationssoziologie. Sonderheft 42 der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Kitschelt, Herbert*, und *Wolfgang Streeck*, 2003: From Stability to Stagnation: Germany at the Beginning of the Twenty-First Century. *West European Politics* 26: 1–32.
- Kitschelt, Herbert*, 1991: Industrial Governance Structures. Innovation Strategies and the Case of Japan: Sectoral or Cross-National Comparative Analysis? *International Organization* 45: 453–493.
- Kowol, Uli*, und *Wolfgang Krohn*, 1995: Innovationsnetzwerke. Ein Modell der Technikgenese. S. 77–105 in: *Jost Halfmann*, *Gotthard Bechmann* und *Werner Rammert* (Hg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8: Theoriebausteine der Techniksoziologie*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Krücken, Georg*, und *Frank Meier*, 2003: „Wir sind alle überzeugte Netzwerktäter“ – Netzwerke als Formalstruktur und Mythos der Innovationsgesellschaft. *Soziale Welt* 54: 71–92.
- Küppers, Günter*, 2002: Complexity, Self-Organisation and Innovation Networks: A New Theoretical Approach. S. 22–52 in: *Andreas Pyka* und *Günter Küppers* (Hg.), *Innovation Networks. Theory and Practice*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Larédo, Philippe*, und *Philippe Mustar* (Hg.), 2001: *Research and Innovation Policies in the New Global Economy. An International Comparative Analysis*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Leydesdorff, Loet*, und *Henry Etzkowitz*, 1998: The Triple Helix as a Model for Innovation Studies. *Science and Public Policy* 25: 195–203.
- Lundvall, Bengt-Åke*, 1992: User-Producer Relationships, National Systems of Innovation and Internationalisation. S. 45–67 in: *Bengt-Åke Lundvall* (Hg.), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.
- Lundvall, Bengt-Åke*, *Björn Johnson*, *Esben S. Andersen* und *Bent Dalum*, 2002: National Systems of Production, Innovation and Competence Building. *Research Policy* 31: 213–231.
- Lütz, Susanne*, 2003: Governance in der politischen Ökonomie, MPIfG Discussion Paper 3/2003. Köln: Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung.
- Mayntz, Renate*, und *Thomas P. Hughes* (Hg.), 1988: *The Development of Large Technological Systems*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Mayntz, Renate*, 1993: Große technische Systeme und ihre gesellschaftstheoretische Bedeutung. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 45: 97–108.
- Mowery, David C.*, und *Nathan Rosenberg*, 1993: The U.S. National Innovation System. S. 29–75 in: *Richard R. Nelson* (Hg.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- Mowery, David C.*, und *Timothy Simcoe*, 2002: The Internet. S. 229–264 in: *Benn Steil*, *David G. Victor* und *Richard R. Nelson* (Hg.), *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press.
- Mowery, David C.*, 1994: *Science and Technology Policy in Interdependent Economies*. Boston: Kluwer.
- Nelson, Richard R.*, und *Nathan Rosenberg*, 1993: Technical Innovation and National Systems. S. 3–21 in: *Richard R. Nelson* (Hg.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, Richard R.*, und *Sidney G. Winter*, 1982: *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Belknap.
- Nelson, Richard R.*, 1987: *Understanding Technical Change as an Evolutionary Process*. Amsterdam: Elsevier.

- Nelson, Richard R., 1988: Institutions Supporting Technical Change in the United States. S. 312–329 in: *Giovanni Dosi, Christopher Freeman, Richard R. Nelson, Gerald Silverberg und Luc Soete* (Hg.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.
- Nelson, Richard R., 1994: The Coevolution of Technologies and Institutions. S. 139–156 in: *Richard W. England* (Hg.), *Evolutionary Concepts in Contemporary Economics*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Owen-Smith, Jason, Massimo Riccaboni, Fabio Pammolli und Walter W. Powell, 2004: A Comparison of US and European University-Industry Relations in the Life Science. *Management Science* 48: 24–43.
- Pavitt, Keith, und Parimal Patel, 1999: Global Corporations and National Systems of Innovations: Who Dominates Whom? In: *Daniele Archibugi, Jeremy Howells und Jonathan Mitchie* (Hg.), *Innovation Policy in a Global Economy*. Cambridge: Cambridge University Press, 94–119.
- Perrow, Charles, 1984: *Normal Accidents, Living with High-Risk Technologies*. New York: Basic Books.
- Podolny, Joel M., und Karen L. Page, 1998: Network Forms of Organization. *Annual Review of Sociology* 24: 57–76.
- Porter, Michael E., 1990: *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press.
- Powell, Walter W., 1990: Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization. S. 295–336 in: *Research in Organizational Behavior* 12.
- Powell, Walter W., Douglas R. White, Kenneth W. Koput und Jason Owen-Smith, 2005: Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Interorganizational Collaboration in the Life Sciences. *American Journal of Sociology* 110 (4): 1132–1205.
- Rammert, Werner, 1995: Regeln der technikgenetischen Methode. S. 13–50 in: *Jost Halfmann, Gotthard Bechmann und Werner Rammert* (Hg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8: Theoriebausteine der Techniksoziologie*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Rammert, Werner, 1997: Innovation im Netz. Neue Zeiten für technische Innovationen: Heterogen verteilt und interaktiv vernetzt. *Soziale Welt* 48: 397–415. *Research Policy* 11: 147–162.
- Riccaboni, Massimo, Walter W. Powell, Fabio Pammoli und Jason Owen-Smith 2003: Public Research and Industrial Innovation: A Comparison of US and European Innovation Systems in the Life Sciences. S. 169–201 in: *Aldo Geuna, Ammon J. Salter und W. Edward Steinmueller* (Hg.), *Science and Innovation. Rethinking the Rationales for Funding and Governance*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Rip, Arie, und René Kemp, 1998: Technological Change. S. 327–399 in: *Steve Rayner und Elizabeth L. Malone* (Hg.), *Human Choice and Climate Change. Two: Resources and Technology*. Columbus, OH: Batelle Press.
- Rosenkopf, Lori, und Michael L. Tushman, 1994: The Coevolution of Technology and Organization. S. 403–424 in: *Joel A.C. Baum und Jitendra V. Singh* (Hg.), *Evolutionary Dynamics of Organizations*. Oxford: Oxford University Press.
- Schneider, Volker, 2001: *Die Transformation der Telekommunikation, Vom Staatsmonopol zum globalen Markt (1800–2000)*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Schulz-Schaeffer, Ingo, 2000: *Sozialtheorie der Technik*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Soskice, David, 1994: Innovation Strategies of Companies: A Comparative Institutional Approach of Some Cross-Country Differences. S. 271–189 in: *Wolfgang Zapf und Meinolf Dierkes* (Hg.), *Institutionenvergleich und Institutionendynamik. WZB-Jahrbuch 1994*. Berlin: Edition Sigma.
- Soskice, David, 1999: Divergent Production Regimes: Coordinated and Uncoordinated Market Economies in the 1980s and 1990s. S. 101–134 in: *Herbert Kitschelt, Peter Lange, Gary Marks und John D. Stevens* (Hg.), *Continuity and Change in Contemporary Capitalism*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Steil, Benn, David G. Victor und Richard R. Nelson (Hg.), 2002: *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press.
- Steil, Benn, David G. Victor und Richard R. Nelson, 2002: Introduction and Overview. S. 3–22 in: *Dies.* (Hg.), *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press.
- Werle, Raymund, 1998: An Institutional Approach to Technology. *Science Studies* 11: 3–18.

- Werle, Raymund, 2000: Innovationspotentiale im Internet – Selbstregelung auf Strukturebene. S. 141–160 in: Wolfgang Hoffmann-Riem (Hg.), Innovation und Telekommunikation. Rechtliche Steuerung von Innovationsprozessen in der Telekommunikation. Baden-Baden: Nomos.
- Werle, Raymund, 2002: Internet @ Europe: Overcoming Institutional Fragmentation and Policy Failure. S. 137–158 in: Jacint Jordana (Hg.), Governing Telecommunications and the New Information Society in Europe. Cheltenham: Edward Elgar.
- Weyer, Johannes, Ulrich Kirchner, Lars Riedl und Johannes F.K. Schmidt, 1997: Technik, die Gesellschaft schafft – Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese. Berlin: Edition Sigma.
- Wiesenthal, Helmut, 2000: Markt, Organisation und Gemeinschaft als „zweitbeste“ Verfahren sozialer Koordination. S. 44–73 in: Raymund Werle und Uwe Schimank (Hg.), Gesellschaftliche Komplexität und kollektive Handlungsfähigkeit. Frankfurt a.M.: Campus.
- Williamson, Oliver E. 1985: The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting. New York: Free Press
- Windolf, Paul, 2002: Die Zukunft des Rheinischen Kapitalismus. S. 414–442 in: Jutta Allmendinger und Thomas Hinz (Hg.), Organisationssoziologie. Sonderheft 42 der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.

Korrespondenzanschrift: Dr. Raymund Werle, Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung,
Paulstraße 3, D-50676 Köln
E-Mail: werle@mpifg.de