

Werle, Raymund

Working Paper

Institutionalistische Technikanalyse: Stand und Perspektiven

MPIfG Discussion Paper, No. 03/8

Provided in Cooperation with:

Max Planck Institute for the Study of Societies (MPIfG), Cologne

Suggested Citation: Werle, Raymund (2003) : Institutionalistische Technikanalyse: Stand und Perspektiven, MPIfG Discussion Paper, No. 03/8, Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln

This Version is available at:

<http://hdl.handle.net/10419/19902>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Institutionalistische Technikanalyse: Stand und Perspektiven

Raymund Werle

03 / 8

Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung
Paulstraße 3
50676 Köln
Germany

Telephone 0221 / 27 67 -0
Fax 0221 / 27 67 -555
E-Mail info@mpi-fg-koeln.mpg.de
Website www.mpi-fg-koeln.mpg.de

MPIfG Discussion Paper 03 / 8
ISSN 0944-2073
Dezember 2003

Abstract

Different sub-disciplines of the Social Sciences provide institutional approaches to analyze the emergence, development and diffusion of technology which is not necessarily the central focus of these studies. Most important are those in the area of research on national systems of innovation, in the studies on the varieties of capitalism and in the sociology of technology. In this paper they are discussed from the perspective of the sociology of technology. Often the studies use rather simple distinctions between types of technology or technical innovations (e.g. radical/incremental). Many suggest implicitly or explicitly phase models of technical development. Except for historical sociological accounts the studies usually avoid providing a detailed description of single technologies. This "black-boxing" strategy by and large facilitates detecting generalizable relations between institutional constellations and technical development. But it has hardly ever succeeded because – foremost in innovation theory, but partly also in the sociology of technology and least so in the studies on the varieties of capitalism – a deficit is encountered concerning the theoretical concept of institutional arrangements and their changes but also because repercussions of technical changes on institutions have rarely been analyzed.

Zusammenfassung

In verschiedenen sozialwissenschaftlichen Teildisziplinen finden sich institutionalistische Ansätze, die die Entstehung, Entwicklung und Ausbreitung von Technik analysieren, ohne dass diese unbedingt den zentralen Fokus der Studien bildet. Die wichtigsten stammen aus dem Bereich der Forschung über nationale Innovationssysteme, der Forschung über die Spielarten des Kapitalismus und der Techniksoziologie. Sie werden in diesem Papier aus techniksoziologischer Perspektive diskutiert. Die Arbeiten bedienen sich oft einfacher Unterscheidungen zwischen bestimmten Typen von Technik oder technischen Innovationen (zum Beispiel radikal/inkrementell). Viele verwenden implizit oder explizit Phasenmodelle technischer Entwicklung. Zudem verzichten sie außer in historischen soziologischen Studien regelmäßig auf detaillierte Beschreibungen einzelner Techniken. Dieses „black-boxing“ kann es erleichtern, generalisierbare Zusammenhänge zwischen institutionellen Konstellationen und technischen Entwicklungen aufzuzeigen. Das ist bisher aber nur selten gelungen, weil – vor allem in der Innovationstheorie, teilweise auch in der Techniksoziologie und am wenigsten noch in den Studien über die Spielarten des Kapitalismus – ein Defizit hinsichtlich der theoretischen Konzeptualisierung von institutionellen Arrangements und deren Veränderung besteht, aber auch weil nur selten Rückwirkungen technischer Veränderungen auf Institutionen in die Untersuchungen einbezogen werden.

Werle: Institutionalistische Technikanalyse 3

Inhalt

1 Zielsetzung 5

2 Innovationstheoretischer Institutionalismus 6

3 Politökonomischer Institutionalismus 16

4 Techniksoziologischer Institutionalismus 29

5 Forschungsperspektiven 40

Literatur 45

1 Zielsetzung

Nach einer langen Periode des Technikdeterminismus, in der die Technik vorwiegend als ein die sozialen Verhältnisse prägender unabhängiger (exogener) Einflussfaktor betrachtet wurde, wird sie seit mehr als zwei Jahrzehnten in der Sozialtheorie überwiegend als abhängige Variable behandelt.¹ Die Genese von Technik und ihre Entwicklungspfade, die Entstehung technischer Innovationen oder die Ausbreitung technischer Infrastrukturen und natürlich die Aneignung und Verwendung von Technik im Alltag sind die erklärungsbedürftigen Phänomene in den meisten Untersuchungen. Die theoretischen Ansätze, die zur Erklärung herangezogen werden, bedienen sich der gesamten Palette des sozialwissenschaftlichen Theoriearsenals.

In diesem Papier werden Ansätze diskutiert, die ein starkes Gewicht auf institutionelle Faktoren bei der Analyse (bestimmter Aspekte) von Technik legen, ohne dass Technik notwendigerweise immer im Mittelpunkt steht. Im Verhältnis zu den betrachteten institutionellen Konstellationen ist Technik allerdings in der Regel abhängige Variable. Ihre Rolle als unabhängige Variable, die die Entwicklung von Institutionen beeinflussen kann, wird nur selten und dann eher in wenig detaillierter Form untersucht. Institutionalistische Technikanalyse meint hier also ganz überwiegend Studien, die sich institutioneller Variablen bedienen, um technischen Wandel zu erklären, und in aller Regel nicht Forschung über die Rolle von Technik in Prozessen institutionellen Wandels. Im Vordergrund der Betrachtung steht die Frage, wie und mit welchem Ergebnis in den unterschiedlichen Arbeiten Technik konzeptualisiert und ihre Entstehung und Entwicklung analysiert wird. Drei Forschungsrichtungen werden einbezogen, ohne dass jedoch ein systematischer Vergleich angestrebt ist: Die Forschung über nationale Innovationssysteme als innovationstheoretischer Institutionalismus, die neuere Forschung zu den Spielarten des Kapitalismus, die hier als politökonomischer Institutionalismus bezeichnet wird, und die breitere Richtung des neuen Institutionalismus, die, soweit es in diesem Kontext um Technik geht, techniksoziologischer Institutionalismus genannt wird. Die zu diskutierenden Studien verfolgen nicht immer das primäre Ziel, die Entstehung und Entwicklung von Technik zu analysieren. Am wenigsten ist dies in den Untersuchungen zu den Spielarten des Kapitalismus der Fall. Technik stellt jedoch jeweils ein wichtiges Element in einem Komplex von Variablen dar, wobei der gemeinsame Fokus im Wesentlichen auf tech-

Für sehr hilfreiche kritische Anmerkungen danke ich Knut Lange, Renate Mayntz und Arndt Sorge.

1 In Deutschland war es Burkhardt Lutz, der auf dem Hamburger Soziologentag 1986 das Ende des Technikdeterminismus verkündete (Lutz 1987).

nischen *Innovationen* und der Frage liegt, welche Innovationen unter welchen Bedingungen sich durchsetzen oder auch scheitern. Ähnlich wie sie das Interesse an technischen *Innovationen* teilen, ist den zu diskutierenden Arbeiten prinzipiell auch das Verständnis von *Institutionen* gemeinsam. Auch wenn sich der Grad der Differenziertheit der Verwendung des Konzepts von Studie zu Studie unterscheidet, sind die konzeptionellen Unterschiede lediglich gradueller Natur.

2 Innovationstheoretischer Institutionalismus

In einem ausführlichen Artikel hat Giovanni Dosi 1988 erstmals den Versuch unternommen, die Perspektiven und Resultate neuerer überwiegend ökonomischer, aber nicht neoklassisch, sondern eher institutionalistisch orientierter Arbeiten zu den Determinanten und Effekten von Innovationen zusammenfassend zu diskutieren. Seine Ausführungen zeigen die unterschiedlichen Versuche, technische Innovationen zu endogenisieren (Dosi 1988: 1120f.). Dabei ist das Hauptaugenmerk der institutionalistischen Arbeiten auf national spezifische institutionelle Konstellationen beziehungsweise Systeme als Einflussfaktoren gerichtet.

Dosi stellt einen generellen Zusammenhang her zwischen einem angenommenen technologischen Möglichkeitsraum („notional technological opportunities“), den Anreizen und charakteristischen Merkmalen des Suchprozesses nach Innovationen innerhalb dieses Möglichkeitsraumes, der Rolle von Marktfaktoren bei der Bereitstellung von Ressourcen und der konkreten Ausrichtung dieses Prozesses sowie schließlich den Auswirkungen der Innovationen auf industrielle Strukturen und ökonomische Leistungsfähigkeit (Dosi 1988: 1120f.). Technische Innovationen bieten in dieser Perspektive Problemlösungen, die gleichzeitig kostengünstig und vermarktungsfähig sein müssen. Innovationen sind nicht notwendig im engeren Sinne wissenschaftsbasiert. Bei ihrer Entstehung spielt neben formalem wissenschaftlichen Wissen individuelles und kollektives Erfahrungswissen eine große Rolle, das aus dem Umgang mit und dem Gebrauch von technischen Artefakten resultiert und oft eher informell und implizit bleibt („tacit knowledge“ im Sinne von Polanyi). Auch die Definitionen der Probleme, zu deren Lösung man nach Innovationen sucht, sind häufig nicht explizit oder bleiben diffus. Entsprechend haftet Innovationen regelmäßig etwas Zufälliges und Unerwartetes an, auch wenn sie sich im Rahmen eines bestimmbareren technischen Entwicklungspfades bewegen.

Die wichtigsten Akteure im Prozess der Suche nach ökonomisch verwertbaren technischen Innovationen sind Firmen, die regelmäßig ihren technischen Grundstock verbessern und diversifizieren wollen. Der Prozess ist kumulativ und baut auf dem der Firma verfügbaren technischen Wissen auf. Dosi betont die Ähnlichkeit der Suchprozeduren in Technik und Wissenschaft, weshalb er den Begriff des technologischen Paradigmas einführt, der demjenigen des wissenschaftlichen Paradigmas analog ist (Dosi 1988: 1127). Das technologische Paradigma definiert einen Suchmodus und relevante Wissensbestände, die teils den Charakter öffentlicher und teils denjenigen privater Güter haben. Es stiftet ökonomischen Nutzen, reproduziert und stabilisiert sich institutionell im Zeitablauf und konstituiert so den Entwicklungspfad von technischen Innovationen. Die Vorstellung der Existenz bestimmter Pfade technischer Entwicklung wird von vielen Autoren geteilt. Sie impliziert, dass der technische Fortschritt überwiegend in „normalen“ Bahnen innerhalb der Grenzen eines technologischen Paradigmas verläuft und nur selten einen „extraordinären“ Weg beschreitet, der mit der Herausbildung eines neuen Paradigmas verbunden ist (Dosi 1988: 1142). Solche neuen Paradigmen entstehen in der Regel im Zusammenhang mit größeren wissenschaftlichen Durchbrüchen. Allerdings beeinflusst nicht nur die Wissenschaft die Technik, sondern es gehen umgekehrt von der technischen Entwicklung auch Einflüsse auf die Wissenschaft aus (Dosi 1988: 1136).

Die Suche nach Neuem gehört zu den Organisationsroutinen von Unternehmen. Zusätzliche Anreize für diese Suche können sich aus spezifischen Marktstimuli („market pull“) und den Bedingungen für die Aneignung („appropriability conditions“) von Innovationen (Patentierbarkeit etc.) ergeben (Dosi 1988: 1141). Welche Faktoren jeweils konkrete Innovationen stimulieren und induzieren, aber auch behindern und verhindern, hängt von der Art der Technik und dem ökonomischen und institutionellen Kontext ab. Es sind also keineswegs immer oder auch nur in erster Linie Marktfaktoren (Dosi 1982). Einige dieser anderen Faktoren variieren nach Sektoren, insgesamt sind es aber die vielgestaltigen institutionellen Strukturen der kapitalistischen Nationalstaaten, die in je spezifischer Weise die Form und die Geschwindigkeit des technischen Fortschritts bestimmen (Dosi 1988: 1148).

Am Ende seiner gründlichen Analyse der Literatur verweist Dosi auf die erheblichen Unterschiede, die zwischen den detaillierten fallbezogenen Studien der Wirtschaftshistoriker und der Technikforscher einerseits und den beschränkten Konzeptionen von Technik in der an generalisierenden Aussagen orientierten ökonomischen Theorie andererseits bestehen (Dosi 1988: 1164). Er selbst benutzt ebenfalls diese beschränkte Konzeption, die sogar in seiner umfangreichen Studie über die Halbleiterindustrie (Dosi 1984) über eine typologische Unterscheidung

bestimmter elektrischer und elektronischer Komponenten nicht hinausgeht.² In dieser Studie vergleicht er zwar die Entwicklung der Halbleiterindustrie in verschiedenen Ländern und betont auch etwa die wichtige Bedeutung des Militärs in den USA oder der Technologiepolitik in Japan, doch richtet sich sein Blick nicht auf umfassendere nationale institutionelle Konstellationen.

Diese neue Perspektive kristallisiert sich erst allmählich in den 1980er Jahren heraus. Unter der gemeinsamen Überschrift National Systems of Innovation (NSI) lassen sich diejenigen Studien zusammenfassen, die die Unterschiede zwischen Staaten im Hinblick auf ihre Innovationsfähigkeit analysieren. Im Mittelpunkt stehen Produkt- und Prozessinnovationen in Technologie basierten Industrien. 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. Mit dieser Sichtweise profiliert sich der NSI-Ansatz eindeutig gegenüber neoklassischen ökonomischen Ansätzen, ohne selber jedoch ein konsistentes theoretisches Profil aufweisen zu können. Auch wenn gelegentlich zusätzlich organisatorische und institutionelle Innovationen analysiert werden, bilden technische Neuerungen als wichtigste Komponente des Konzepts der Innovation den gemeinsamen zentralen Fokus der meisten Studien, wobei sowohl die Entstehung beziehungsweise Einführung als auch die Ausbreitung und Nutzung neuer Technologien interessiert (Carlsson et al. 2002). Übereinstimmend betonen die Arbeiten die zentrale Bedeutung der Institutionen als Einflussfaktoren von Innovationen (Edquist 1997). Wegen dieser Ausrichtung auf Institutionen und technische Innovationen lässt sich der NSI-Ansatz als eine Variante institutionalistischer Technikanalyse betrachten. Aus dieser Perspektive interessiert besonders die Art des postulierten Zusammenhangs von Institution und Technik.

Die NSI-Forschung hatte nicht zufällig ihren Ausgangspunkt in den 1980er Jahren. In dieser Dekade schien es so, als würden die USA ihre ökonomische Vorrangstellung an Japan verlieren. Auf der Suche nach den Gründen für diese Entwicklung rückt die technische 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. Institutionelle Variablen werden als wichtige Einflussfaktoren der Innovationsfähigkeit betrachtet. Die Pionierarbei-

2 Hier unterscheidet Dosi zum Beispiel noch zwischen analogen und digitalen Komponenten, Chips mit und ohne Speicherfunktionen oder auch allgemein zwischen Produkt- und Prozessinnovationen. Die Richtung der technischen Entwicklung beschreibt er als zunehmende Miniaturisierung (beziehungsweise Dichte), zunehmende Prozessor-Geschwindigkeit (Frequenz), zunehmende Zuverlässigkeit und abnehmende Kosten pro Einheit (Dosi 1984).

ten in diesem Bereich – die Studien von Freeman (1987, 1988) und Nelson (1988) – verwenden allerdings einen unklaren und eher extensiven Institutionenbegriff.

Freeman (1987: 1) definiert NSI als „the network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies“. In seiner Analyse des japanischen Innovationssystems betrachtet er in erster Linie die Industriestruktur, das Bildungs- und Ausbildungssystem, die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Unternehmen und die Politik des MITI (Ministry of International Trade and Industry), das sich an langfristigen strategischen Zielen orientiert. Allerdings wird deutlich, dass der Blick auf die institutionellen Strukturen nicht so sehr dazu dient herauszufinden, ob und wie sie Innovationen hervorbringen, sondern eher dazu zu beurteilen, inwieweit sie flexibel und angemessen mit (autonomen) Innovationen umgehen können und es so ermöglichen, einen ökonomischen Nutzen aus diesen zu ziehen.³ Letztlich bedarf es der Kompatibilität („match“) von Technologien und institutionellen Strukturen, damit Innovationen entstehen und/oder sich rasch ausbreiten können, wobei die institutionelle Anpassungsfähigkeit implizit eher niedrig eingeschätzt und Technik nicht als im engeren Sinne verursachender Faktor institutionellen Wandels angesehen wird.

In Abgrenzung von der neo-klassischen ökonomischen Theorie, die die Technik als eine „black box“ behandelt (Rosenberg 1985), führen Freeman und Perez (1988: 45–47) eine Taxonomie von vier unterschiedlich weit gehenden Typen technischer Innovationen ein.

- *Incremental innovations*: Mehr oder weniger kontinuierlich auftretende Neuerungen und Verbesserungen innerhalb einer technischen Entwicklungslinie, die oft das Ergebnis eines „learning by doing“- oder „learning by using“-Prozesses sind.
- *Radical innovations*: Diskontinuierliche technische Erfindungen, die außerhalb gegebener Entwicklungslinien oft als Resultat bewusster Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen in Unternehmen, Universitäten oder öffentlichen Forschungslabors entstehen (zum Beispiel Kernenergie).
- *Changes of „technology system“*: Ein weit reichender technischer Wandel, der oft mehrere Branchen berührt oder die Entstehung einer neuen Branche bewirkt. Er basiert auf einer Kombination radikaler und inkrementeller Innovationen

3 Die japanische institutionelle Konstellation hat Prozessinnovationen begünstigt, die der japanischen Ökonomie Wettbewerbsvorteile in der Konsumgüterindustrie, der Automobilproduktion und der Halbleiterproduktion verschafft haben. In anderen Technologiebereichen war Japan wenig innovativ beziehungsweise war das japanische Institutionensystem wenig absorptionsfähig für Innovationen.

(zum Beispiel gleichzeitige Innovationen bei synthetischen Materialien, in der Petrochemie, bei Maschinen zum Formen von Plastik und im Anwendungsbereich).

- *Changes in „techno-economic paradigm“*: Revolutionäre technische Veränderungen verbunden mit radikalen und inkrementellen Innovationen in vielen Technikbereichen üben einen durchgreifenden Veränderungsdruck auf die gesamte Volkswirtschaft aus. Neue Produkte und Dienstleistungen, neue Produktionssysteme, Branchen und Industriestrukturen entstehen nahezu gleichzeitig und etablieren ein „technologisches Regime“ mit einer charakteristischen institutionellen Struktur, das über Jahrzehnte dominant bleibt und sich nur in langen Zyklen (Kondratieff-Wellen) ändert.

Im Falle eines völlig neuen „techno-economic paradigm“, das im Wesentlichen das Ergebnis technischer Revolutionen ist, entstehen also auch neue institutionelle Arrangements.⁴ Hier kann die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit hergebrachter Institutionen zwar noch die Diffusionschancen radikaler technischer Neuerungen beeinflussen, letztlich müssen sich die Institutionen aber in ein neues Regime einpassen. Dies ist jedoch eindeutig die historische Ausnahme. In der Regel sind die Institutionen relativ resistent gegen Veränderungen und in diesem Sinne Teil der selektiven Umwelt, die letztlich über das Schicksal von Technik entscheidet.⁵

Freemans Hauptinteresse gilt den langfristigen technischen Entwicklungen und den in langen Zeitabständen auftretenden technologischen Revolutionen, die die soeben skizzierten Änderungen techno-ökonomischer Paradigmen verursachen und lange Wellen ökonomischen Wachstums auslösen können (siehe speziell Freeman/Louçã 2002: 139-151). Dies geht ebenso auf Kosten einer detaillierten Betrachtung einzelner technischer Entwicklungsschritte und ihrer Beeinflussung durch historisch spezifische institutionelle Konstellationen, wie es umgekehrt den konkreten Einfluss einzelner technischer Innovationen auf den Wandel spezifischer institutioneller Komponenten vernachlässigt.

Die sich bei Freeman abzeichnenden Konturen einer evolutionären Theorie technischer Innovationen werden in den Arbeiten von Nelson etwas klarer ausgefüllt (Nelson/Winter 1982; Nelson 1987). Generell sind das kapitalistische Profitmotiv, der Wettbewerb verschiedener Innovationsquellen und die Marktselektion die

4 Diese Sichtweise wird von McKelvey (1991) als technikdeterministisch kritisiert. Zweifellos hat Technik hier eher den Status einer unabhängigen denn einer abhängigen Variablen.

5 Vgl. den Überblick zum Verhältnis von Institutionen, institutionellem Wandel und technischen Neuerungen bei Edquist/Johnson (1997: 51-58).

konstitutiven Elemente des technischen Evolutionsprozesses.⁶ Die konkreten nationalen Innovationssysteme bestehen aus einer Vielzahl institutioneller Akteure, zu denen Nelson in erster Linie Firmen und industrielle Forschungseinrichtungen, aber auch Forschungs-Universitäten, öffentliche und private Organisationen beruflicher Bildung sowie Regierungsagenturen mit ihren (nicht zuletzt auch militärischen) Programmen der Technologieförderung und ihrer Industriepolitik zählt. Diese Akteure, ihre Strategien und ihre Beziehungen zueinander unterscheiden sich von Land zu Land (Nelson 1988, 1993; Nelson/Rosenberg 1993). Dies gilt auch für die institutionellen Regeln und die Mechanismen der Aneignung und Sicherung der Innovationsgewinne wie etwa das Patentrecht. In ihrer Gesamtheit bieten die Präferenzen, Interessen und Strategien der Akteure und die sie einbettenden institutionellen Regeln die Erklärung dafür, dass Innovationen in manchen Ländern häufiger entstehen als in anderen. In dem einfachen evolutionistischen Schema von Variation und Selektion sind es die Akteure, die den technischen Wandel vorantreiben, indem sie Neues (Variation) erzeugen. Eine zentrale Rolle spielen hier die Unternehmen mit ihren Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, die in großen Labors organisiert sein können, oft aber auch in weniger stark ausdifferenzierter Form sehr produktionsnah stattfinden (Nelson/Rosenberg 1993). Die Gesamtheit (Population) der relevanten Akteure bildet gleichzeitig zusammen mit dem Set relevanter Institutionen auch das „selective environment“, das – letztlich wirksam über die Marktnachfrage – über den Erfolg und den Misserfolg von Innovationen entscheidet (Nelson/Winter 1977; siehe auch Schmidt/Werle 1994).

Besonders in den USA lassen sich deutliche Komplementaritäten zwischen der Industrieforschung und der Forschung an den Universitäten feststellen, wobei auch das historisch gewachsene stark differenzierte System der (öffentlichen) Forschungsförderung⁷ als dritte Säule des Innovationsprozesses eine wichtige Rolle spielt (vgl. Mowery 1994: 79–106; auch Riccaboni et al. 2003).⁸ Allerdings sind diese Komplementaritäten nicht in allen technischen Sektoren gleichermaßen prägnant und mittelfristig durchaus prekär (Rosenberg/Nelson 1994). Ebenfalls speziell in den USA treiben auch viele neue mit Risikokapital finanzierte Firmen den Innovationsprozess voran, wobei die Firmengründer oft die großen Forschungslabors der Universitäten und Großunternehmen verlassen haben, um Erfindungen schneller kommerzialisieren zu können (Mowery/Rosenberg 1993). Dies wurde durch ein bis in die frühen 1980er Jahre „relatively permissive intel-

6 Technische Entwicklung wird nicht aus der Sicht biologischer, sondern aus derjenigen kultureller Evolution betrachtet (Nelson 1987: 14). Vgl. hierzu auch Schneider/Werle (1998).

7 Die Systeme haben sich national sehr unterschiedlich entwickelt (vgl. Braun 1997).

8 Der öffentlichen Forschungsförderung wird sogar die entscheidende Rolle bei der „Computerrevolution“ zugeschrieben (CSTB 1999).

lectual property regime“ begünstigt, welches in der Folgezeit jedoch rigider wurde (Mowery / Rosenberg 1993: 49, 57ff.).

In den zahlreichen von Nelson und seinen Kollegen durchgeführten beziehungsweise von ihm inspirierten Untersuchungen werden Innovationsfähigkeit und Innovationsaktivitäten hauptsächlich über die Ausgaben für Forschung und Entwicklung und über Patente beziehungsweise Patentanmeldungen 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 oder auch universitäre oder außeruniversitäre Einrichtungen beteiligt sind. Systematische Ländervergleiche nimmt Nelson nicht vor, obwohl er Anfang der 1990er Jahre fünfzehn 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. 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 (Nelson 1993).

Die in unserem Zusammenhang besonders interessierende Frage, wie institutionelle Variablen konkret technische Innovationen oder die Entwicklung von Technik beeinflussen, bleibt schon deshalb weitgehend unbeantwortet, weil die Technik nicht differenziert analysiert wird. Technische Entwicklungen werden lediglich danach unterschieden, ob in ihrem Verlauf (radikal) Neues entsteht oder ob Bestehendes (inkrementell) weiterentwickelt wird.

Auch die umfangreiche Studie von Michael Porter (1990), in der zehn wichtige Industrieländer im Hinblick auf ihre Wettbewerbsfähigkeit untersucht werden, streift den Zusammenhang zwischen institutionellen Faktoren und technischer Entwicklung nur, obwohl den technologieintensiven Industrien eine herausragende Bedeutung im Wettbewerb der Ökonomien zugemessen wird. Neben den Strategien und Strukturen der einzelnen Unternehmen spielt die national spezifische Clusterung in bestimmten Produktbereichen mit aufeinander bezogenen komplementären Firmenstrategien und Produktionsprozessen eine wichtige Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit. Im Zusammenhang der Diskussion über nationale Innovationssysteme ist Porters Arbeit vor allem deshalb wichtig, weil er ganz explizit argumentiert, dass Länder die Bedingungen, die ihre Wettbewerbsfähigkeit bestimmen, teilweise selbst geschaffen haben beziehungsweise schaffen können (vgl. auch Pavitt / Patel 1999). Zu diesen Bedingungen zählen die wissenschaftliche Infrastruktur und das System der Qualifizierung der Beschäftigten, denen die für die relevanten Industrien wichtigen Fähigkeiten und Kenntnisse vermittelt werden müssen. Neben diesen Angebotsfaktoren ist die Nachfrage auf

den nationalen Märkten (eher qualitativ als quantitativ) wichtig, wobei auch hier nationale Regierungen Einfluss nehmen können. Sie können qualitativ hochwertige Produkte nachfragen, hohe Qualitäts- und Umweltstandards (als Regulierer) setzen und den Wettbewerb fördern.

Ohne die Rolle der Regierungen allzu stark zu betonen, hebt Porter die Bedeutung ihrer Politik in denjenigen Bereichen hervor, die die Produktivität von Kapital und Arbeit beeinflussen (Porter 1990: 617ff.). Die Betrachtung bewegt sich eher auf der Ebene der konkreten politischen Maßnahmen und Strategien als der institutionellen Strukturen. Entsprechend werden direkte Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen nationalen Institutionen und der technischen Entwicklung nur ganz vereinzelt analysiert. Auch fehlt eine detaillierte Analyse der Technik. Die zahlreichen Übersichten über die international kompetitiven Sektoren der verschiedenen Länder lassen zwar immer wieder Clusterungen in im Allgemeinen technisch geprägten Produktbereichen erkennen, doch geben sie keine Auskunft über technische Entwicklungslinien und konkrete Komplementaritäten.

Eine weitere Variante des NSI-Ansatzes hat Lundvall entwickelt, der stärker als die vorgenannten Autoren den Innovationsprozess als einen kumulativen, interaktiven und kontinuierlichen Prozess des Lernens betrachtet (Lundvall et al. 2002). Danach sind die Interaktionen zwischen Firmen und mehr noch diejenigen zwischen Produzenten und Nutzern von Technik vor allem im Hinblick auf die inkrementelle Weiterentwicklung und Diffusion einer Neuerung von entscheidender Bedeutung (Lundvall 1992).⁹ Die historisch gewachsene Wirtschaftsstruktur einschließlich der industriellen Beziehungen und die organisatorisch-institutionelle Struktur (zum Beispiel in der Forschung und Entwicklung) der Nationen charakterisieren ihre jeweiligen Innovationssysteme (Edquist/Lundvall 1993). Im Hinblick auf technische Neuerungen unterscheidet Lundvall Prozessinnovationen und Produktinnovationen. Allerdings konzentriert er sich insgesamt weniger als die vorgenannten Autoren auf Technik. Er bezieht vielmehr organisatorische Veränderungen von Unternehmen oder auch institutionellen Wandel in sein weites Innovationskonzept mit ein. Gleichzeitig betont er, dass für die ökonomische Leistungsfähigkeit eines Landes weniger die Fähigkeit, radikal Neues hervorzubringen, als die Kapazität wichtig ist, Neuerungen zu absorbieren, zu verbreiten und inkrementell weiterzuentwickeln. Hier ergeben sich aus seiner Sicht auch Ansätze für Erfolg versprechende innovationspolitische Interventionen (Lundvall/Borrás 1999).

9 Lundvall kritisiert, dass in der mikroökonomischen Theorie die Nutzer von Innovationen immer nur als Nutzen maximierende Konsumenten modelliert werden, die ihre Präferenzen über Preissignale, aber nicht in Interaktionen mit den Produzenten zu erkennen geben (Lundvall 1988: 349–359).

Im Spannungsfeld 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 und Sektoren 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/ Pianta 1992; 1993; auch Guerrieri 1999). Die unterschiedliche Innovationsoffenheit einzelner Sektoren hat zudem Untersuchungen angeregt, die weniger die nationalen als die sektoralen technikbezogenen institutionellen Differenzen betonen und deshalb von sektoralen Innovationssystemen oder auch technologischen Systemen sprechen (Carlsson 1994; Carlsson/Jacobsson 1994; Dodgson/Rothwell 1994: Part 2; Breschi/Malerba 1997).¹⁰

Beide Ansätze – die der sektoralen und die der nationalen Innovationssysteme – koexistieren inzwischen, was seinen sichtbaren Ausdruck in einer neueren Publikation findet, die Richard Nelson und Kollegen herausgegeben haben (Steil/Victor/Nelson 2002a). Sie enthält neben auf neun Länder bezogenen „Country Studies“ auch neun Sektoren umfassende „Industry Studies“, wobei die betrachteten Sektoren nicht in jedem Fall technisch geprägt sind (vgl. auch Mowery/Nelson 1999).¹¹

Auch in den neueren in dieser Publikation versammelten Untersuchungen ist das Konzept des nationalen Innovationssystems enumerativ, und es bleibt offen, was das Systemische an dem Innovationssystem ist, das die Herausgeber definieren als „the cluster of institutions, policies, and practices that determine an industry’s or nation’s capacity to generate and apply innovations“ (Steil/Victor/Nelson

10 Daneben gibt es noch die Untersuchungen über regionale Innovationssysteme und industrielle Distrikte (klassisch: Piore/Sabel 1984). Ihr Technikbezug ist aber von Ausnahmen abgesehen (Braczyk/Fuchs/Wolf 1999; Fuchs 2003) noch deutlich schwächer ausgeprägt als in den Arbeiten über nationale Innovationssysteme. Die größte Aufmerksamkeit unter den Regionen hat das Silicon Valley gefunden, das als eine einzigartige, kaum reproduzierbare, Konstellation von institutionellen Faktoren und daraus resultierenden Dynamiken erscheint (Saxenian 1994; Kenney 2000).

11 Diese neuen Studien sind 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.

2002b: 3). Erneut werden als die wichtigsten Quellen der Innovation die nur teilweise vom Fortschritt in der wissenschaftlichen Grundlagenforschung abhängenden grundsätzlichen technischen Möglichkeiten („technological opportunity“), die Größe der Märkte, die Möglichkeiten der eigentumsrechtlichen Aneignung („appropriability“) neuer Erfindungen und Entwicklungen, die Struktur des jeweiligen Sektors sowie die Investitionen in öffentlich verfügbares Wissen und in die dieses Wissen produzierenden Einrichtungen genannt (Steil / Victor / Nelson 2002a). Ein gewisses Maß an Konvergenz der nationalen Innovationssysteme in Richtung auf eine stärkere Marktorientierung und der Verzicht der Regierungen auf explizite Industriepolitik werden als ein wichtiges Ergebnis der Länderstudien herausgestellt. Dennoch weisen die nationalen Unterschiede eine bemerkenswerte Beständigkeit auf. Weiterhin spielen die Regierungen eine wichtige Rolle als Katalysatoren von Innovationen und deren Verbreitung in der Wirtschaft. Diese Rolle betrifft die Wettbewerbspolitik, den direkten und indirekten Einfluss auf die Finanzierung von Innovationen beziehungsweise innovativen Unternehmen und die Politik zum Schutze des geistigen Eigentums – Politikbereiche, die auch maßgeblich die Bedingungen des Erfolgs oder Misserfolgs der Unternehmen in der „New Economy“ prägen (Steil / Victor / Nelson 2002b: 19–22).¹²

In den verschiedenen Beiträgen kommt eine gewisse Stagnation in der Erforschung nationaler Innovationssysteme zum Ausdruck, die weniger die empirische als die theoretische Seite dieses Ansatzes betrifft.¹³ In einem kurzen Resümee der einschlägigen Studien betont Dosi Ende des letzten Jahrzehnts, dass er eher Fragen stellen muss, als Antworten geben zu können (Dosi 1999: 35). Er verweist auf ungelöste Probleme der Vermittlung zwischen Mikro- und Makroebene und auch auf einen Mangel an Studien, welche die Vermittlungsprozesse zwischen den Ebenen untersuchen (vgl. auch Carlsson et al. 2002). Zudem stünden immer noch verschiedene sich teilweise überlappende komplementäre Ansätze nebeneinander. Schließlich stellt er fest: „a lot needs to be done to understand in greater detail the co-evolution between technologies and business organizations“ (Dosi 1999: 41). Während er auf einige Merkmale der „business organizations“ Bezug nimmt, behandelt Dosi in seinem Aufsatz die Technik allerdings praktisch gar nicht. Innovationen und Innovationsfähigkeit bezieht er vielmehr abstrakt auf die Produktion, Absorption und Diffusion neuen Wissens sowie auf die produktive Nutzung dieses Wissens.

12 Die „New Economy“ als informationstechnisch geprägter Sektor ist gekennzeichnet durch: „economies of scale, network externalities, complementarity and standardization, switching costs und intellectual property as a principal output“ (Steil / Victor / Nelson 2002b: 19).

13 Allerdings betonen neuere stärker als die älteren Studien die Veränderbarkeit institutioneller Konstellationen. Zudem widmen sie der Verschränkung nationaler mit supranationalen Institutionen, in Europa speziell der Mitgliedstaaten mit der Europäischen Union, größere Aufmerksamkeit (vgl. Behrens 2000, 2002).

Die Situation ist paradox. Einerseits gerät Technik zunehmend aus dem Blick der Forschung über nationale Innovationssysteme, andererseits sind zumeist technische Innovationen gemeint, wenn die Rede ist von Neuerungen, deren Entwicklung durch die verschiedenen nationalen institutionellen Konstellationen gefördert oder behindert wird. Teilweise werden lediglich Inputfaktoren für Innovationen wie die öffentlichen und privaten Aufwendungen für Forschung und Entwicklung betrachtet.¹⁴ Auf der Outputseite erfasst man oft nur, wie häufig oder selten Neues entsteht, gemessen etwa an der Zahl der Patente.¹⁵ Im Allgemeinen wird die Technik nur mit einfachen summarischen Kategorien analysiert. Am häufigsten findet sich die Unterscheidung zwischen radikalen (auch extraordinären) und inkrementellen (auch normalen) technischen Innovationen sowie zwischen Produkt- und Prozessinnovationen. Das Konzept technischer Innovationen wurde nicht weiterentwickelt und differenziert. Vielmehr hat sich speziell in Europa das Interesse zunehmend der Produktion von Wissen (Knowledge) in der Annahme zugewandt, dass dies der für die Wettbewerbsfähigkeit einer Wirtschaft entscheidende Faktor ist. Auch der Begriff der Institution wurde nicht theoretisch anschlussfähig entfaltet. Sein Gebrauch blieb expansiv und wenig konsistent.

3 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 die institutionellen Komponenten aufeinander bezogen sind. Explizit kritisiert dies Rogers Hollingsworth, der auch darauf verweist, dass im Grunde kein Mangel, sondern eher ein Überangebot an institutionalistischen Ansätzen existiert.¹⁶ Mit Blick auf eine Theorie der Innovation argumentiert er: „before we can understand how the institutional configuration of a society influences its style of innovativeness, we must first identify the various components of the institutional makeup of a society and understand how these components are related to each other“ (Hollingsworth 2000: 596). Schließ-

14 Hierüber führen sowohl die OECD als auch die EU Statistiken: OECD: Basic Science and Technology Statistics <<http://www1.oecd.org/dsti/sti/stat-ana/index.htm>>; EU: European Innovation Scoreboard <<http://trendchart.cordis.lu/Scoreboard/scoreboard.htm>>.

15 Sie werden ebenfalls im European Innovation Scoreboard erfasst.

16 „There are many different approaches to the study of institutions ... and several of the social sciences have their own distinctive approaches“ (Hollingsworth 2000: 598f.).

lich schlägt der Autor eine Analysestrategie vor, die fünf miteinander verbundene Ebenen unterscheidet (Hollingsworth 2000: 601):

1. „Institutions“ (gesellschaftliche Normen, Regeln, Konventionen, Werte);
2. „Institutional arrangements“ (Märkte, Staaten, Hierarchien, Netzwerke, Verbände);
3. „Institutional sectors“ (Finanzsektor, Ausbildungssektor, Forschungssystem, Rechtssystem);
4. „Organizations“ (Organisationsnormen, Kontrollstruktur, Arbeitsteilung);
5. „Outputs and performance“ (Produkte, Entscheidungen, Strategien).

Einzelheiten brauchen hier nicht zu interessieren, weil auch die von Hollingsworth vorgeschlagene Strategie nicht zu einer kohärenten institutionellen Theorie führt. Allerdings bietet die Strategie eine nützliche Heuristik, die es auch ermöglicht präziser zu verorten, auf welcher Ebene sich einzelne Studien bewegen.

Hollingsworth betont den engen Zusammenhang der oberen drei Ebenen, die gemeinsam in unterschiedlichen Kombinationen jeweils ein ganz konkretes soziales Produktionssystem („social system of production“) bilden, das dann auch auf der Organisationsebene der Produktion und im Hinblick auf den Typus der hergestellten Produkte eine spezifische Ausprägung aufweist (Hollingsworth 2000: 613–619; auch Hollingsworth/ Boyer 1997). Die sozialen Produktionssysteme sind national unterschiedlich, weisen aber immer eine gewisse interne Kohärenz auf, auch wenn sie innerhalb eines Landes weiter differenziert sein können. Ihre Komponenten sind oftmals interdependent und komplementär.

Das soziale Produktionssystem einer Gesellschaft und die Struktur und Kultur der relevanten Organisationen (speziell Firmen und Forschungseinrichtungen) prägen, was Hollingsworth den „Innovationstil“ einer Gesellschaft nennt. Danach können Gesellschaften hoch innovativ oder wenig innovativ sein, die Innovationen können inkrementeller oder radikaler Art sein und sie können sich auf neu entstehende Hightech-Sektoren oder auf bereits länger existierende reife Industrien konzentrieren. 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 Innovationsmuster ausschlaggebend.

Damit bezieht sich Hollingsworth explizit 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 ähnlich wie die Studien über die nationalen Innovationssysteme in den 1980er Jahren ein, als zunächst noch die ausgebauten Wohlfahrtsstaaten wie Schweden, Deutschland oder Österreich und dann Japan eine im Vergleich mit den USA größere ökonomische Leistungsfähigkeit aufwiesen, um dann in einer Periode relativer Stagnation wieder deutlich hinter die USA zurück zu fallen, die während der 1990er Jahre hohe Wachstumsraten des Bruttoinlandsprodukts und eine niedrige Arbeitslosigkeit aufweisen konnten. Die auffälligen Performanzunterschiede nationaler Ökonomien einschließlich der unterschiedlichen Fähigkeit, ökonomische Krisen zu überwinden, wurden nicht mehr nur als Ergebnis mehr oder weniger erfolgreicher wirtschaftspolitischer Strategien interpretiert, sondern auch auf politisch-institutionelle Faktoren – auf unterschiedliche Organisationsformen beziehungsweise Spielarten des Kapitalismus – zurück geführt (Kittel 2003).

Im Einzelfall ist die Differenzierung von Untersuchungen danach, ob sie der NSI-Richtung oder der VoC-Richtung zuzurechnen sind, fast unmöglich. Auch die Studien, die die Spielarten des Kapitalismus betrachten, konzentrieren sich auf Länder, Sektoren oder Regionen als Untersuchungseinheiten (vgl. Hollingsworth/Schmitter/Streeck 1994). Sie sind aber in der Regel stärker beziehungsweise systematischer als die Studien über nationale Innovationssysteme komparativ angelegt. Zudem analysieren sie auch den Prozess und die Richtung des aus dem globalen Wettbewerb der sozialen Produktionssysteme resultierenden institutionellen Wandels 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, wengleich sie hier noch sehr auf die Kontrastierung von global konvergenter und national pfadabhängiger Entwicklung fixiert sind (Jackson 2002).

Die VoC-Studien sind von Anfang an bemüht, die in den verglichenen Ländern festgestellten institutionellen und organisatorischen Konstellationen zu typisieren und auf diese Weise die Länder klassifikatorisch zu ordnen. Eine an der Organisationsform der sozialen Produktionssysteme orientierte Klassifikation unterscheidet zwischen Systemen der („Fordistischen“) standardisierten Massenproduktion, der flexiblen Massenproduktion, der diversifizierten Qualitäts-Massenproduktion und der diversifizierten („customized“) Qualitätsproduktion (Hollingsworth 1997; Hollingsworth/Boyer 1997). Eine andere, generellere, aber auch diffuse Klassifikation von „domestic regimes of economic governance“ unterscheidet „institutionally rich“ und „institutionally impoverished“ Regime. In letzteren dominieren die Koordinationsformen des neoklassischen Marktes und der hierarchischen Großorganisation, während in institutionell reichen Regimen Netzwerke, Verbände, Clubs und andere eher gemeinschaftliche Formen kollektiven Han-

delns Markt und Hierarchie ergänzen und teilweise auch ersetzen (Hollingsworth/Streeck 1994).¹⁷

Im letzten Jahrzehnt hat David Soskice eine Klassifikation entwickelt, die inzwischen als die am besten ausgearbeitete gilt (Hall 1999: 143). Das Konzept des sozialen Produktionssystems aufgreifend spricht Soskice 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 industriellen Beziehungen, das Schul- und Berufsbildungssystem und das System, das die Beziehungen zwischen den Unternehmen regelt (Wettbewerbspolitik, Technologietransfer, Standardisierung usw.).¹⁸ 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, 1999; Hall/Soskice 2001).

In das Zentrum der Betrachtung rücken wieder stärker die Unternehmen und ihre Strategien. Die Unternehmen besitzen autonome Handlungsspielräume, die sie bei der Verfolgung ihrer Ziele nutzen. Allerdings werden die Handlungen auch durch die genannten institutionellen Elemente geprägt und kanalisiert. Die Handlungsergebnisse ergeben sich aus dem Zusammenwirken von institutionellen Einflüssen und autonomer strategischer Interaktion (Hall/Soskice 2001). Sie sind also, wie es der akteurzentrierte Institutionalismus postuliert (Scharpf 1997), weder allein durch die Präferenzen, Ressourcen und Strategien der Akteure noch allein durch den institutionellen Kontext bestimmt. Das Gewicht der institutionel-

17 Streeck (1991) spricht auch von institutionell „minimal“ und „saturated“ ausgestatteten Ökonomien und zeigt ihre Beziehung zu den Organisationsformen der sozialen Produktionssysteme, speziell zur diversifizierten Qualitätsproduktion auf (vgl. hierzu auch Sorge/Streeck 1988).

18 Einige dieser Elemente bezieht auch Hart (1992) in seine vergleichende Analyse der Wettbewerbsfähigkeit der USA, Japans und Westeuropas ein. In seinem Konzept der „state-societal arrangements“ betrachtet er die Organisationsformen von Arbeit und Kapital und ihre institutionellen Beziehungen zum Staat, wobei er der Staatsorganisation und der Regierungspolitik sehr viel mehr Bedeutung beimisst als Soskice.

len und der akteurbezogenen Komponenten kann sich von Handlungssituation zu Handlungssituation unterscheiden. Es ist aber unwahrscheinlich, dass praktisch ausschließlich institutionelle oder akteurbezogene Faktoren den Handlungserfolg determinieren.¹⁹ Der hier angedeutete Fokus auf die Interaktion von organisatorischen Strategien und institutionellen Faktoren hat immer noch programmatischen Charakter (Crouch 2003; vgl. aber Beyer 2003). In den Studien über nationale Innovationssysteme (NSI) fehlt er jedoch fast vollständig. Obwohl in ihnen die Bedeutung von Unternehmen im Innovationsprozess regelmäßig betont wird, erscheinen sie als eine „passive‘ black box ‚acted upon‘ by macro-social determinants“, zu denen institutionelle Faktoren gezählt werden (Coriat/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. Weitere Länder, vor allem die Mittelmeerstaaten, nehmen „ambiguous positions“ ein (Hall/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. Zumindest letzteres passt nicht in das CME-LME Kontinuum.²⁰

Auf derartige Inkonsistenzen verweist auch Richard Whitley, der zudem betont, dass speziell mit Blick auf die unterschiedlichen Typen und Strategien von Firmen die Differenzen innerhalb der CME und LME größer als zwischen ihnen sein können (Whitley 2002).²¹ Whitley führt deshalb wieder weiter gehende Differen-

19 Den Eindruck absoluter Dominanz akteurbezogener Faktoren vermittelt Chandler (2001) in seiner Analyse der Entwicklung der Unterhaltungselektronik und der Computerindustrie in den USA, Europa und Japan. Für Chandler ist die Lernfähigkeit von Unternehmen entscheidend. Zusammen mit dem „first mover“-Vorteil und den für die Konkurrenten daraus resultierenden „barriers to entry“ determiniert sie den Erfolg einer Industrie. Institutionelle Faktoren treten für Chandler bei marktwirtschaftlicher Organisation der Ökonomie völlig in den Hintergrund.

20 Weitere Versuche der Systematisierung der Spielarten kapitalistischer Systeme beziehen die Wohlfahrtsstaatsdimension mit ein (Ebbinghaus/Manow 2001; Jackson 2002).

21 Whitleys Perspektive ist stark organisationstheoretisch beziehungsweise organisationsstrategisch geprägt. Ihn interessiert, wie allgemeine institutionelle Arrangements („background social institutions“) und spezieller auf wirtschaftliches Handeln bezogene Institutionen („proximate social institutions“) eines Landes das jeweilige „busi-

zierungen hinsichtlich der Formen ein, in denen Koordination und Kontrolle in Marktökonomien ausgeübt werden. Er unterscheidet sechs idealtypische „business systems“, wobei er insbesondere den CME-Typus mit Blick auf die Rolle des Staates weiter untergliedert (Whitley 1999: 31–64).²²

Sucht man nach dem Bezug der Studien über die Spielarten des Kapitalismus zu technischen Entwicklungen und speziell 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. Alle Institutionensysteme weisen je spezifische Stärken und Schwächen auf. Kein System ist in allen Dimensionen der ökonomischen Performanz überlegen. Technik kommt ins Spiel, weil die institutionell geprägte Fähigkeit, technische Innovationen zu generieren und zu integrieren, die ökonomische Performanz eines Landes beeinflusst. In diesem Sinne interveniert die technische Innovation zwischen den Institutionen und der Performanz.

Mit Innovationen sind im politökonomischen Institutionalismus nicht nur technische, sondern auch organisatorische Neuerungen gemeint – nicht zuletzt solche auf der Ebene der Arbeitsorganisation, wobei hier oft produktionstechnische und organisatorische Innovationen Hand in Hand gehen. Im Falle der diversifizierten Qualitätsproduktion etwa erfolgt die Ausrichtung einer Produktionsorganisation in der Weise, dass programmierbare intelligente Maschinen eingesetzt werden, die es ermöglichen, an dem speziellen Bedarf einer relativ kleinen Zahl von Kunden orientierte technische Produkte hoher Qualität anzubieten und flexibel auf immer neue schrittweise weiterentwickelte Produktvarianten umzustellen. Hiermit verbunden sind hohe Anforderungen an die allgemeine und die betriebspezifische Qualifikation der Belegschaft. Die Anforderungen können am besten erfüllt werden, wenn die Belegschaft eine qualifizierte überbetriebliche berufliche Ausbildung erhalten hat, Betriebe in die betriebspezifische Ausbildung investieren und die Belegschaft eine langfristige berufliche Perspektive im Betrieb hat, die es für sie attraktiv macht, ihrerseits in betriebspezifische Kompetenzen zu investieren (vgl. Streeck 1991). Andere Rahmenbedingungen kommen hinzu, die in dieser Form in der Regel (nur) in koordinierten Marktökonomien (CME) vorliegen (Soskice 1999). Betriebe, die in einer CME agieren, werden also die Strate-

ness system“ prägen. Business-Systeme unterscheiden sich im Hinblick auf die Strukturen der Koordination und Kontrolle der Firmen, die Art der Beziehungen zwischen Firmen und die Muster der Allokation von Ressourcen und Einfluss in Firmen sowie auf ihre Strategien der Bewältigung von Unsicherheit und Risiken (Whitley 1992).

22 In „fragmented“ und in „compartmentalized“ Business-Systemen spielt der Staat jeweils eine geringe Rolle, während er in den „coordinated industrial district“, den „collaborative“, den „highly coordinated“ und den „state organized“ Systemen eine zum Teil erhebliche Bedeutung hat (Whitley 1999: 59–64).

gie der flexiblen Qualitätsproduktion eher wählen als Betriebe in einer LME. Anspruchsvolle produktionstechnische Innovationen, wie sie für die flexible Herstellung von Qualitätsprodukten benötigt werden, entstehen demnach eher in einer CME und können hier relativ leicht in die betrieblichen Produktionsprozesse integriert werden.

Im Hinblick auf im engeren Sinne technische beziehungsweise wissenschaftlich-technische Innovationen finden wir in der VoC-Literatur ähnlich wie in der NSI-Literatur neben der Differenzierung von Produkt- und Prozessinnovationen nur diejenige zwischen inkrementellen und radikalen Innovationen als zentrale Unterscheidung. Einen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem Typ von institutionellen Konstellationen und der Art der Innovation stellen jedoch nur einige VoC-Studien her. 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 (vgl. Pisano 2002). Hier sind es neben einzelnen großen innovativen Unternehmen vor allem mit Risikokapital finanzierte kleinere Start-Ups, die die neuen Produkte auf den Markt bringen oder zumindest marktreif entwickeln. Bei hohem Innovationstempo haben die Produkte, die oft Komponenten komplexer technischer Systeme sind, immer nur eine relativ kurze Lebensdauer. Dies erfordert eine auf kurzfristige Profite ausgerichtete Unternehmensstrategie mit einem Personalbestand, 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 / Soskice 2001).

Während sich die Mehrzahl der NSI-Ansätze bei dem Versuch, Innovationen zu erklären, auf Institutionen konzentriert, die unmittelbar die auf die Generierung von Innovationen zielenden Aktivitäten steuern, betrachten die VoC-Ansätze sämtliche zentralen Komponenten des kapitalistischen Institutionensystems als relevant (Soskice 1994: 276). Hierzu gehören insbesondere die Finanzmärkte und die unterschiedlichen Formen der Unternehmensfinanzierung, das System der beruflichen Ausbildung, das Arbeitsvertragsrecht, die verschiedenen Modelle der Unternehmensleitung („corporate governance“) und das System kollektiver Interessenvertretung (vgl. Jackson 2002; Lütz 2003).²³ Dabei werden die institutionel-

23 Die Institutionensysteme sind jeweils national spezifisch, was ausschließt, dass eine in einem Land erfolgreiche Innovationspolitik einfach auf ein anderes Land übertragen werden kann (Soskice 2000).

len Komplementaritäten betont. Die Wirkung jeder einzelnen Institution in einer LME oder einer CME steigert die Wirkung jeder anderen Institution.²⁴

Die Studien über die Spielarten des Kapitalismus haben sich lange Zeit nicht für konkretere Muster technischer Innovation interessiert. Erst einige neuere Arbeiten lassen erkennen, dass die Unterscheidung zwischen radikalen und inkrementellen Innovationen in einer Weise weiterentwickelt und operationalisiert werden kann, die eine Konkretisierung der Auswirkungen institutioneller Konstellationen auf technische Entwicklungen ermöglicht. Besonders interessant ist die von Casper, Lehrer und Soskice (1999) eingeführte Unterscheidung zwischen „diskreten“ und „kumulativen“ (oder „plattform“) Technologien. Die Autoren analysieren die Entwicklungsperspektiven von deutschen Hightech-Unternehmen.

Deutschland, das der Prototyp eines Landes mit einer koordinierten Marktwirtschaft ist, bietet Unternehmen, die an radikalen Innovationen arbeiten, grundsätzlich ungünstige Perspektiven. Eine Untersuchung im Bereich Biotechnologie und Software zeigt jedoch, dass hier in größerer Zahl neue Unternehmen entstanden sind und auch prosperieren. Dies, so argumentieren die Autoren, sei nur teilweise auf einen politisch vorangetriebenen institutionellen Wandel mit zum Beispiel dem Ergebnis einer zunehmenden Verfügbarkeit von Risikokapital zurück zu führen. Auch seien Unternehmen in Bereichen mit sehr hohen finanziellen Risiken und sich schnell ändernden technischen Entwicklungspfaden noch immer wenig erfolgreich. Zudem gelte weiterhin, dass Unternehmen sich in den Marktsegmenten etablieren, die am besten zu der überkommenen institutionellen Umgebung „passen“ (Casper/Lehrer/Soskice 1999: 15). Dies bedeutet aber nicht, so die Autoren, dass es keine Technologien in den neuen Bereichen Biotechnologie und Software gibt, die in dieses institutionelle Gefüge passen. Tatsächlich haben sich, so wird argumentiert, die erfolgreichen deutschen Unternehmen statt auf diskrete auf kontinuierliche 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.

24 Dies hat Konsequenzen für den institutionellen Wandel. Er ist in der Regel eher pfadabhängig und inkrementell als radikal (Hall/Soskice 2001; kritisch hierzu Crouch 2003).

Deutsche Unternehmen haben sich zum Beispiel 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 weiterentwickelt werden müssen (Casper/Lehrer/Soskice 1999; Casper 2000).²⁵

Ähnlich argumentieren Casper und Glimstedt (2001) in einer Studie, die der technologiepolitisch interessanten Frage nachgeht, ob es erfolversprechend ist, das „Silicon-Valley-Modell“ zu kopieren, um eine prosperierende Internet-Industrie aufzubauen. Die Autoren bedienen sich des funktionalen Vier-Schichten-Modells des Internet, um zu zeigen, welcher Typus von Unternehmen in welcher funktionalen Schicht des Netzes mit welchen Spezialisierungen am erfolgreichsten agieren kann. Einzelheiten brauchen hier nicht zu interessieren. Erneut zeigt sich, dass deutsche Firmen im Bereich der Entwicklung und Betreuung von Unternehmenssoftware und nicht im Bereich der Standardsoftware besonders erfolgreich sind. Im ersteren Bereich ist es notwendig und rentabel internes Know-how aufzubauen und langfristig vorzuhalten, was mit dem deutschen koordinierten Kapitalismus bestens kompatibel ist (Casper / Glimstedt 2001: 274–279).

In einer neueren Arbeit thematisiert nun auch Whitley, dessen Interesse lange Zeit fast ausschließlich der Entstehung und Formierung unterschiedlicher Business-Systeme galt, ihre Auswirkungen auf Innovationen, wobei er jedoch diesen Bezug eher indirekt herstellt (Whitley 2000). Whitley unterscheidet Typen von *Innovationsstrategien*, deren Wahl vom Business-System und dem umfassenderen institutionellen Arrangement, aber auch von Merkmalen des jeweiligen Unternehmens abhängt. Er konzediert, dass man zwischen Innovationsstrategien und Innovationen – hier in der Regel verstanden als neue technische Produkte – unterscheiden müsse, unterstellt aber, dass sich Unternehmen letztlich nur für solche Typen von Innovationen entscheiden, die sie auch effektiv einführen können (Whitley 2000: 865).

Mit seiner Typologie von Innovationsstrategien versucht Whitley, die einfache Unterscheidung zwischen inkrementellen und radikalen Innovationen zu untergliedern. Hierzu führt er zusätzliche differenzierende Aspekte wie spezifische mit einer Innovation verbundene Unsicherheiten ein.²⁶ Speziell mit Blick auf

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

26 So unterscheidet er in Anlehnung an Langlois und Robertson drei verschiedene mit technischen Innovationen verbundene Typen von Unsicherheit, die parametrische, die strategische und die strukturelle Unsicherheit (Langlois / Robertson 1995: 136).

technische Unsicherheiten übernimmt er von Henderson und Clark die Unterscheidung zwischen architektonischen und modularen Innovationen. Die Autoren verwenden sie zusätzlich zu der Unterscheidung zwischen inkrementellen und radikalen Innovationen, um auf diese Weise dem Systemcharakter vieler Techniken Rechnung zu tragen (Henderson/Clark 1990).²⁷ Doch spielen für Whitleys Typologie noch weitere Aspekte eine Rolle, darunter auch die Art des für eine Innovation benötigten Wissens, das mehr oder weniger komplex und hoch oder gering kodifiziert sein kann.

Schließlich gelangt der Autor zu fünf typischen Innovationsstrategien (Whitley 2000: 870ff.):

1. „Dependent strategies“ passen sich den modischen Vorlieben der Kunden an und generieren selten radikal neue Produktelemente.
2. „Craft-based responsive strategies“ richten sich auf kontinuierliche Verbesserung und Differenzierung von Produkten.
3. „Generic strategies“ haben ihren Fokus auf der Verbesserung einzelner Komponenten von Produktionsprozessen bei standardisierten Produktgruppen (Prozessinnovationen).
4. „Complex, risky strategies“ zielen auf ganz neue Produkte oder Produktarchitekturen, die Märkte umstrukturieren und die Veränderung etablierter Organisationsroutinen erfordern.
5. „Transformative strategies“ etablieren ganz neue Industrien basierend auf neuem Wissen über Produkte und deren Nutzungsmöglichkeiten.

Die Kombination der unterschiedlichen Business-Systeme und institutionellen Umwelten, in denen die Unternehmen agieren, und verschiedener Merkmale von Unternehmen mit den fünf Typen von Innovationsstrategien als abhängigen Variablen führt zu einem sehr komplexen Gesamtbild, das Generalisierungen praktisch unmöglich macht, zumal Whitley auch gar nicht erst versucht, den Ansatz empirisch umzusetzen.

27 Eine modulare Innovation bezeichnet Änderungen einzelner Systemkomponenten, ohne dass sich die Systemarchitektur ändert. Eine architektonische Innovation liegt immer dann vor, wenn die Komponenten in ihrer Zuordnung zueinander neu konfiguriert werden, ohne dass sich einzelnen Systemkomponenten geändert haben müssen. Häufig werden allerdings architektonische durch modulare Innovationen abgelöst (Henderson/Clark 1990: 11–13).

Betrachtet man zusammenfassend, wie Technik beziehungsweise technische Innovationen im politökonomischen Institutionalismus behandelt werden, so bleibt festzuhalten, dass vor allem wegen der insgesamt wenig expliziten und eher seltenen Analyse innovativer technischer Entwicklungen der theoretische Status von Technik in den VoC-Studien ambivalent bleibt. Zwar wird Technik nicht selbst als eine Komponente des Institutionensystems betrachtet, doch erscheint sie auch nicht durchgängig als abhängige Variable. Wenn etwa, wie oben skizziert, argumentiert wird, dass deutsche Unternehmen allgemein Probleme mit Techniken haben, die sich schnell und radikal ändern, während sie sich inkrementell entwickelnde Techniken erfolgreich nutzen können, dann erscheinen in dieser Diktion die Techniken für die Unternehmen zunächst als exogene Variablen. Unternehmen richten also 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 technischen Innovationen, aber auch gescheiterte Versuche, technische Innovationen profitabel zu nutzen, können Veränderungen des nationalen Institutionensystems bewirken. In dieser Sichtweise hat Technik den Status einer 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. Das wird in den VoC-Studien allerdings kaum thematisiert. Zwar haben die neueren Studien ein großes deskriptives und theoretisches Interesse am institutionellen Wandel, doch sehen sie die Auslöser von Wandlungsprozessen eher nicht in technischen Innovationen, sondern überwiegend in ökonomischen Performanzdefiziten und komparativen institutionellen Nachteilen, die im Zuge der ökonomischen Globalisierung besonders klar zu Tage treten. Allerdings setzen die meisten VoC-Studien die Hürden für institutionellen Wandel recht hoch an (Lütz 2003: 27).

Zudem erscheint es notwendig, wenn technische Strukturelemente als Auslöser des Wandels betrachtet werden sollen, diese deutlicher zu spezifizieren. Dies hat in einer eher spekulativen Arbeit Herbert Kitschelt (1991) bereits vor mehr als einem Jahrzehnt gezeigt. Der Autor kritisiert die Tendenz vieler Studien, den Nationalstaat als Analyseeinheit zu nehmen, sich auf dessen aggregierte ökonomische Performanz zu konzentrieren und auffindbare Stärken und Schwächen undifferenziert dem nationalen Institutionensystem zuzurechnen. Vielmehr müsse die Analyse sektoral differenziert werden, da nationale und sektorale Bedingungen bei der Herausbildung effizienter Strukturen der Lenkung und Kontrolle („governance structures“) und effizienter Innovationsstrategien zusammenwirkten. Technische Merkmale könnten dabei die Effizienz der Lenkungs- und Kontrollstrukturen ebenso beeinflussen wie umgekehrt die Auswahl von Technik von diesen

institutionellen Möglichkeiten und Restriktionen geprägt werde (Kitschelt 1991: 454).

Bei Kitschelt hat die Technik also den Status einer intervenierenden Variablen, auch wenn sie im weiteren Verlauf seiner Überlegungen insgesamt sogar mehr exogene als endogene Größe ist. Dies wird insbesondere in seinem Verständnis wirtschaftlicher Sektoren deutlich, die er nicht zum Beispiel über Märkte, sondern über die einem Wirtschaftsbereich zu Grunde liegenden technologischen Systeme definiert. Die Systeme „korrespondieren“ mit der Governance-Struktur eines Sektors (Kitschelt 1991: 460, 461). Um die Korrespondenz zu verdeutlichen, spezifiziert Kitschelt die relevanten Dimensionen technischer Systeme und ihre Anforderungen an eine Ressourcen sparende sektorale Lenkungs- und Kontrollstruktur. Bezogen auf die Technik verwendet der Autor Perrows Unterscheidung von lose oder eng gekoppelten Systemen einerseits und von linearen (einfachen) oder interaktiven (komplexen) Prozesszusammenhängen andererseits (Perrow 1984). Ähnlich wie Perrow postuliert Kitschelt eine Beziehung zwischen den Eigenschaften der technischen Systeme und den Merkmalen einer zu jedem Techniktypus passenden (effizienten) Governance-Struktur. Dabei betrachtet er aber nicht nur die Organisationsform von Governance (zentral/ dezentral), sondern – orientiert an Williamsons Transaktionskostenansatz – auch die Form der Verträge (standardisiert/ nicht standardisiert), welche Akteure als Betreiber und Nutzer technischer Systeme miteinander schließen, und die Rechtsform des Eigentums (privat/ öffentlich/ gemischt) an diesen Systemen (Williamson 1985). Diese Governance-Elemente werden relevant, wenn man wie Kitschelt annimmt, dass mit den Perrow'schen Eigenschaften technischer Systeme in der Regel bestimmte nach Williamson für die Gestaltung der Transaktionen relevante Merkmale kovariieren. Hierbei handelt es sich um den Grad der „asset specificity“, der „uncertainty about the causal structure of the technology“ und der „frequency of interaction between suppliers and customers“ (Kitschelt 1991: 464).

Aufbauend auf diesen Kategorien skizziert Kitschelt die Eigenschaften realer technischer Systeme und der zu ihnen passenden (sektoralen) Steuerungs- und Lenkungsstrukturen, die er dann noch in Beziehung setzt zu den umfassenden politisch-institutionellen Strukturen eines Landes („political regime“). Historisch früh (Ende des 18. Jahrhunderts) sind lose gekoppelte linear prozessierende Maschinen (zum Beispiel Textilmaschinen) entstanden, deren kausale Struktur man sicher beherrschte und die eine geringe „asset specificity“ hatten. Die adäquate Governance-Struktur für die Technik dieses Typs sind dezentralisierte Marktverhältnisse mit individuellem Privateigentum. Eine solche Governance-Struktur konnte sich am besten in Großbritannien entwickeln, da das dortige politische Regime diese Prinzipien allgemein institutionalisiert hatte. Die umfassenden institutionellen Bedingungen waren also der Herausbildung einer der Technik adä-

quaten sektoralen Governance-Struktur förderlich. Im 19. Jahrhundert entwickelten sich mit der Eisenproduktion oder auch der Eisenbahn technische Systeme, die ebenfalls linear und in ihrer kausalen Struktur einfach sind, die aber gleichzeitig eine engere Kopplung der Komponenten und eine zum Teil erhebliche „asset specificity“ aufweisen. Die für diese Industrien adäquaten Governance-Strukturen sind, so Kitschelt, hierarchische Großorganisationen, oligopolistische Märkte und staatliches Eigentum an beziehungsweise staatliche Kontrolle der Technologie. Länder wie Japan und Deutschland, aber auch die USA, in denen industrielle Zentralisierung mit staatlicher Intervention einher gingen, boten günstige allgemeine institutionelle Bedingungen für die Entwicklung angemessener sektoraler Strukturen der Lenkung und Steuerung. Andere Techniken finden wiederum unter anderen institutionellen Bedingungen günstige Voraussetzungen für ihre Entwicklung.

In modernen Gesellschaften koexistieren verschiedene technische Systeme. Sie entwickeln sich aber unterschiedlich. Kein Land bietet allgemeine politisch-institutionelle Voraussetzungen, die der Herausbildung der für die unterschiedlichen technischen Systeme variierenden sektoralen Governance-Strukturen gleichermaßen förderlich sind. Dies skizziert Kitschelt ausführlicher am Beispiel Japans, das sich in den 70er und 80er Jahren des letzten Jahrhunderts an die Spitze der technisch innovativen Länder vorgearbeitet hatte (Kitschelt 1991: 475–491). Japans politisch-institutionelle Strukturen sind weder hierarchisch-staatsinterventionistisch noch sind sie liberalistisch-wettbewerbsorientiert. Vielmehr zeichnet sich das Land, so Kitschelt, durch eine kooperative Ökonomie unter Einschluss staatlicher Agenturen und durch kontrollierten Wettbewerb aus. Dies bringt Vorteile im Bereich der „flexiblen Massenproduktion“ in Sektoren wie dem Maschinenbau, dem Fahrzeugbau, der Unterhaltungselektronik, der Bürotechnik oder auch der Produktion elektronischer Komponenten, solange die Produkte nicht allzu häufig wechseln und inkrementell verbessert werden können. Bei eher komplexen sich schnell wandelnden Technologien wie Mikroprozessoren, Computer-Software oder biotechnischen Produkten, so Kitschelts Diagnose und Prognose, bieten die politisch-institutionellen Bedingungen Japans eher ungünstige Voraussetzungen für die Entstehung adäquater sektoraler Governance-Strukturen.

In Kitschelts Sichtweise besitzen also sowohl die Strukturmerkmale technischer Systeme als auch die politisch-institutionellen Strukturen eines Landes eine für die ökonomische Performanz zentrale Bedeutung. Ob eine Technik sich etablieren und weiterentwickeln kann, hängt davon ab, ob passende sektorale Strukturen der Steuerung und Lenkung der Technik vorhanden sind oder sich entwickeln können, was wiederum von den allgemeinen politisch-institutionellen Strukturen abhängt. Entwicklungen beziehungsweise Entwicklungschancen einer Technik werden also in einem zweistufigen Rahmen national und sektoral institutionell geprägt. Die Technik prägt aber auch institutionelle Strukturen, indem sie einen

Druck in Richtung auf die Herausbildung adäquater (transaktionskosteneffizienter) sektoraler Governance-Strukturen auslöst und gegebenenfalls auch nationalen institutionellen Wandel in Richtung auf ein Institutionensystem fördert, das eine breitere Mischung von Sektoren und damit ein breiteres nationales Technologie-Portfolio zulässt.

Kitschelts Studie unterscheidet sich vom Mainstream der Arbeiten über die Spielarten des Kapitalismus dadurch, dass sie die Bedeutung sektoraler technisch geprägter Governance-Strukturen hervorhebt, ohne allerdings die Einbettung der Sektoren in einen nationalen institutionellen Kontext zu vernachlässigen. Das Institutionenverständnis ist relativ stark transaktionskostentheoretisch geprägt, wodurch Effizienz zum zentralen Kriterium der Stabilität und des Wandels von Institutionen wird. Die institutionelle Komponente des Arguments ist konsistenter als in den Studien über nationale Innovationssysteme, aber mit Blick auf die nationale Ebene weniger differenziert als in den diskutierten VoC-Studien. Bemerkenswert ist die Strategie, ein differenziertes, gleichwohl eher formales Konzept von Technik beziehungsweise 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 beziehungsweise strukturiert. Dennoch bleiben die technischen Systeme so facettenreich, dass sie nicht mit einer national einheitlichen institutionellen Struktur effizient gesteuert werden können. Es entwickeln sich, soweit es der nationale institutionelle Rahmen erlaubt, techniknahe sektorale Lenkungs- und Steuerungsstrukturen. Dabei ist institutionelle Vielfalt auf der nationalen Ebene der Entstehung technikadäquater sektoraler Governance-Strukturen förderlich.

4 Techniksoziologischer Institutionalismus

Sowohl die innovationstheoretischen als auch die politökonomischen Ansätze der Technikanalyse lassen eine detaillierte Betrachtung der Technik und ihrer jeweiligen Entwicklungsschritte vermissen. Dies ist erwartungsgemäß in der Techniksoziologie anders, definiert sie sich doch über diesen Gegenstand.²⁸ Allerdings sind institutionalistische Ansätze eher selten. Den verbreiteten „Regeln der tech-

28 Dies gilt im Prinzip auch für politologische Arbeiten zum Thema Politik und Technik. Das Hauptinteresse der Politikwissenschaft richtet sich auf die (Möglichkeit der) Steuerung von Technik, wobei staatliche Politik als eine der „Triebkräfte der Technikentwicklung“ betrachtet wird (Mayntz 2001 und weitere Beiträge in Simonis/Martinsen/Saretzki 2001).

nikgenetischen Methode“ (Rammert 1995) fehlt der explizite Bezug auf institutionelle Erklärungen. In ihnen dominiert zudem die „Enactment-Perspektive“, in welcher Entstehung und Entwicklung von Technik als ein eher kontingenter Prozess ihrer sozialen Aneignung allein auf der Handlungsebene verstanden wird (vgl. Schulz-Schaeffer 2000).

Hauptsächlich Arbeiten über technische Infrastruktursysteme oder allgemeiner über große technische Systeme (GTS)²⁹ bedienen sich der institutionalistischen Perspektive. Institutionen werden überwiegend als Regelsysteme („rule systems“) verstanden (Burns/Flam 1987: speziell 292–321, 366–388; Burns und Dietz 1992). In der Variante des akteurzentrierten Institutionalismus in der Technikforschung (Schneider/Mayntz 1995) treten die (zumeist korporativen) Akteure gleichberechtigt neben die institutionellen Regeln. Gemeinsam beeinflussen sie die Entwicklung der Technik, wobei die institutionellen Einflüsse letztlich immer über Akteurhandeln vermittelt sind (Werle 1998).

Die technischen Systeme werfen im Prozess ihrer Entstehung und Entwicklung vielfältige Regulierungs- und Koordinationsprobleme auf. Institutionelle Erklärungen behandeln die Auswirkungen unterschiedlicher Governance-Formen, also unterschiedlicher institutioneller Formen der Steuerung, auf die Verzweigungen in der Entwicklung der Systeme. 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 (vgl. Schneider 1991). Im Mittelpunkt steht eindeutig die Ausbreitung und Durchsetzung einer neuen Technik, während die Frage nach Kausalfaktoren ihrer Entstehung, also der wissenschaftlich-technischen Erfindung, eher zurück tritt. In einigen Arbeiten (zum Beispiel Thomas 1995) wird die Technik als abhängige Variable sehr detailliert erfasst, was es praktisch ausschließt, generalisierbare Zusammenhänge zwischen Institutionen und Technik herauszuarbeiten. Andere Studien fragen allgemeiner nach bestimmten Mustern in der Entwicklung technischer Systeme, nach Veränderungen ihrer Struktur oder schlicht nach Erfolg beziehungsweise Misserfolg der Technik oder bestimmter Varianten und den hierfür ausschlaggebenden institutionellen und akteurbezogenen Faktoren.

Angestoßen wurde die Forschung über GTS durch die Arbeit des Technikhistorikers Thomas Hughes, der die frühe Entwicklung der Elektrizitätsversorgungssysteme in den Vereinigten Staaten (speziell Chicago), Großbritannien (speziell London) und Deutschland (speziell Berlin) untersucht (Hughes 1983). Der Autor

29 Es ist nie gelungen, eine allgemein akzeptierte Definition eines großen technischen Systems zu entwickeln. Allerdings haben sich die verschiedenen Studien auch kaum mit Definitionsproblemen aufgehalten (vgl. Joerges 1999).

identifiziert Phasen der Systementwicklung, die nicht nur technischen Imperativen folgt und ebenso wenig nur von unternehmerisch orientierten Erfindern („inventor-entrepreneurs“) und Systemgestaltern („system-builders“) geprägt wird, auch wenn der Historiker in diesem Fall dazu neigt, einzelne Personen und Gruppen („ingenious technologists“) zu „heroisieren“ (Joerges 1988: 12). Mit dem Phasenmodell der Entwicklung von der Erfindung über Entwicklung und Innovation, dem Technologietransfer, Wachstum und Wettbewerb bis hin zur Konsolidierung und zum „Momentum“ (explizit in Hughes 1987) wird die Erwartung einer jeweils sehr ähnlichen Entwicklung von auf denselben Basistechnologien beruhenden Systemen geweckt. Tatsächlich zeigt Hughes jedoch, dass – durchaus im Rahmen dieses Phasenmodells – die konkrete Entwicklung der Systeme der Elektrizitätsversorgung zum Beispiel im Hinblick auf den Grad ihrer Zentralisation und Integration und auch im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit und den technischen Entwicklungsstand erhebliche Unterschiede aufweist, ohne dass jedoch ein System den anderen in jeder Hinsicht unterlegen oder überlegen ist. Hierfür sind vor allem die institutionellen Bedingungen für politische Interventionen in den Entwicklungsprozess maßgebend. Während im liberalen Chicago ökonomisch-technische Kriterien den politischen Entscheidungsprozess über die Elektrizitätsversorgung dominierten, hat die komplexe und stark fragmentierte politisch-administrative Struktur Londons und seiner Vororte politische Entscheidungen verzögert, übermäßig politisiert und letztlich die Koordination einer Vielzahl unterschiedlicher Produzenten elektrischer Energie teilweise unmöglich gemacht. Eine ähnlich komplexe Situation wurde in Berlin mit Erfolg in institutionalisierten Verhandlungssystemen bearbeitet, in denen neben der Politik auch die Banken und die Industrie beteiligt waren (Hughes 1983: 175–261).

Im Gefolge der Arbeit von Thomas Hughes wurde in einer Reihe von Studien die Entwicklung vernetzter technischer Infrastrukturen (speziell Telekommunikation, Eisenbahn, Elektrizität) untersucht (vgl. Mayntz/Hughes 1988). Ebenso wenig wie Hughes' Studie sind sie rein institutionalistisch orientiert, doch wird immer auch speziell der Rolle der Staatsorganisation und staatlicher Institutionen besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Historisch gesehen haben sich die Infrastrukturen in den prägenden Entwicklungsphasen fast durchweg als staatliche oder private, politisch tolerierte und regulierte, Gebietsmonopole geschützt vor direkter Marktkonkurrenz entfaltet. Großorganisationen internalisierten die Systementwicklung, und Hierarchie war lange Zeit die dominante Koordinationsform (Chandler 1977). Sie ermöglichte Systemintegration durch technische Hierarchisierung und Vereinheitlichung (Werle 1990: 113ff.). Diese institutionelle Konstellation begünstigte ganz allgemein die Entwicklung „konservativer Technologien“ (Hughes 1982) und führte oft in die „technologische Stasis“ (Hirsh 1989), was mit ökonomischen Effizienzverlusten verbunden sein konnte, aber keineswegs musste. Entsprechend sind Veränderungen der technischen Infrastruk-

turen auch weniger – oder zumindest nicht unmittelbar – das Resultat radikaler technischer Innovationen, die sich außerhalb dieser Systeme entwickelt haben, sondern Folge relativ autonomer politisch-institutioneller Veränderungen (vgl. Salisbury 1994; auch Grande/Schneider 1991). Letzteres zeigt Volker Schneider (2001) in einer evolutionstheoretischen Analyse der institutionellen Transformation der Telekommunikation in den sechs wichtigsten Industrieländern über zwei Jahrhunderte. Die institutionelle Koordination der Telekommunikation hat sich von staatsmonopolistischen zu marktförmigen Strukturen gewandelt. In diesem Prozess sind technische Innovationen – insbesondere die „Computerrevolution“ – zwar nicht bedeutungslos, doch tragen sie zur Erklärung der institutionellen Veränderungen und ihrer Unterschiede und Ungleichzeitigkeiten in den untersuchten Ländern offenbar nur wenig bei (Schneider 2001: speziell Kap. 5). Wichtig ist auch, dass die rasante Entwicklung der Computertechnologie weitgehend außerhalb des Telekommunikationssektors und ganz überwiegend in den USA stattgefunden hat, wo die Computerindustrie vornehmlich über den Markt koordiniert wird, auch wenn staatliche (vor allem militärische) Technologiepolitik für die Entstehung von Innovationen in diesem Bereich immer eine große Rolle gespielt hat (Halfmann 1984; Norberg und O'Neill 1996; Ceruzzi 1998).

Veränderungen wichtiger Komponenten oder auch der gesamten Architektur der Telekommunikationssysteme ergeben sich als Folge des institutionellen Wandels dieses Sektors. In der Tat bewirkten Deregulierung und Liberalisierung eine „vertikale Entflechtung“ der Systeme (Mayntz 1993: 106), ohne dass die Steuerung der Technik ihr vordringliches Ziel war (Werle 2001b). Der institutionelle Wandel in Richtung auf mehr Markt beruhte vielmehr auf einem generellen Vertrauen in dessen „überlegene Innovationseffizienz“ (Wiesenthal 2000; ausführlich Baumol 2002). Hierarchische und zentralisierte wurden in dezentrale, modularisierte und vernetzte Architekturen transformiert. Das Internet, das Netz der Netze, liefert das wohl eindrucksvollste Beispiel für diesen Transformations- und Innovationsprozess. 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 und andere Netze absorbiert oder marginalisiert hat. Anders als in Europa war die Telekommunikation in den USA bereits zu 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 (vgl. hierzu Leib/Werle 1998). Die Anfang der 1980er Jahre in verschiedenen europäischen Staaten entstehenden, öffentlich geförderten und industriepolitisch gesteuerten Computernetze für die Wissenschaft scheiterten, als dem Internet Einlass nach Europa gewährt wurde (Leib/Werle 1997; vgl. auch Mowery/Simcoe 2002; Werle 2002).

Erklären im Fall des Internet institutionelle Faktoren den Erfolg oder Misserfolg einer Technologie, so werden solche Variablen auch herangezogen, um zum Beispiel spezifische Unterschiede in technischen Architekturen zu erklären. Eine weitere Untersuchung aus dem Bereich der Telekommunikation verdeutlicht dies. In den 1980er Jahren wurde in Nordamerika, Japan und mehreren europäischen Staaten ein interaktiver Telekommunikationsdienst – in Deutschland Bildschirmtext (Btx) genannt – eingeführt, der aus heutiger Sicht als Vorläufer der Dienste im Internet betrachtet werden kann. Die institutionelle Konstellation, in der die Telekommunikationsgesellschaften als wichtigste Akteure in diesem Prozess die technische Konfiguration gestalteten, unterschied sich von Land zu Land. So genossen die Telekommunikationsgesellschaften unterschiedlich weit reichende Monopole mit der Folge, dass in Frankreich, wo auch die Endgeräte (Terminals) des Systems in den Monopolbereich fielen, ein einheitlicher kleiner Bildschirm (Minitel) entwickelt wurde, der ausschließlich der Nutzung der neuen Dienste diente (vertikale Koordination). In Deutschland hingegen lag die Bereitstellung der Endgeräte außerhalb des Monopols. Hier sollten die privaten Fernsehgeräte der Benutzer mit Hilfe von Decodern zu Btx-Terminals aufgerüstet werden, wozu die Herstellerfirmen nur nach langen Verhandlungen gewonnen werden konnten (horizontale Koordination). Unterschiede gab es auch in der Netzarchitektur im engeren Sinne. In Deutschland waren die zur Speicherung von Informationen benötigten großen Datenbanken Teil einer zentralisierten Infrastruktur. Private Anbieter von Diensten mussten ihre Daten auf diesen Rechnern speichern. In Frankreich wurden die meisten Datenbanken extern von privaten Anbietern betrieben und über spezielle Zugangspunkte mit dem Datennetz verbunden. In dieser Hinsicht war das französische also weniger stark als das deutsche System zentralisiert. Dies wird mit dem lange Zeit ungeklärten rechtlichen Status des Btx-Dienstes und der föderalen Struktur Deutschlands erklärt. Weil die Bundesländer für die Regulierung der elektronischen Massenmedien zuständig sind und dazu tendierten, Btx als einen solchen Massendienst zu definieren, sollte die Zentralisierung der Datenbanken im System der Bundespost diese dem Zugriff der Länder entziehen (Schneider et al. 1991).

In einer anderen im Wesentlichen auf Deutschland konzentrierten Studie untersucht der Historiker Joachim Radkau (1983) die Entwicklung der Kernenergie. Er analysiert Wachstum und Krise der Atomwirtschaft, die Institutionalisierung der Atompolitik und die in der Verflechtung von Staat, Wissenschaft und Wirtschaft entstehenden spezifischen Interessenkonstellationen. In ihnen fallen strategisch wichtige Entscheidungen, die vorgeprägt werden durch ein wachsendes Gewicht der atomaren Großforschung und eine zunehmende Konzentration der Atomindustrie zu Lasten der „Deutschen Atomkommission“, eines Verhandlungssystems, in dem, berücksichtigt man die verschiedenen Unterkommissionen, ein breiteres Interessenspektrum repräsentiert war (Radkau 1983: 302ff.). Nachdem

zunächst unterschiedliche Entwicklungslinien für Kernreaktoren verfolgt wurden, entscheidet man sich de facto auch angesichts zunehmender internationaler Konkurrenz für den Leichtwasserreaktor, der keineswegs der sicherste und effizienteste der verschiedenen Reaktortypen ist, der aber in der Konstruktion den der Energiewirtschaft vertrauten Kohlekraftwerken relativ ähnlich ist. Die Mischung aus politisch hierarchischen und industriell oligopolistischen Elementen im Zusammenspiel mit einer am Export orientierten Technologiepolitik hat die Entwicklung der Technik in eine Richtung gesteuert, die mit den ursprünglichen Vorstellungen und Plänen nur noch wenig gemein hatte.

Wie bei den meisten der bisher in diesem Abschnitt diskutierten Studien deutlich geworden ist, beschränkten sich die institutionalistischen Erklärungsansätze lange Zeit darauf, die institutionellen Steuerungsformen des Marktes und der Hierarchie zu kontrastieren oder institutionelle Realphänomene als unterschiedliche Mischungsverhältnisse von marktlichen und hierarchischen Elementen zu betrachten und deren Auswirkungen auf die technische Entwicklung zu untersuchen. 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), wurden erst spät als Einflussfaktoren auf Technik thematisiert.

Meist im Zusammenhang mit der Entstehung und Ausbreitung *neuer* Techniken bilden sich „Innovationsnetzwerke“, d.h. „netzwerkartige Beziehungen zwischen den technikerzeugenden, -verwendenden und -regulierenden Sozialsystemen“ (Kowol / Krohn 1995: 78).³⁰ Die Netzwerke umfassen nicht nur die unmittelbar interessierten technischen Innovatoren und deren Firmen. Sie sind also keine reinen „networks of innovators“ (Freeman 1991), sondern heterogene Netze, in denen zum Beispiel auch Nutzer, Regulierer und andere Akteurgruppen eine Rolle spielen. 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 (Kowol / Krohn 1995; vgl. auch Rammert 1997).

Untersuchungen der konkreten Auswirkungen der Innovationsnetzwerke auf die Technik sind selten. Zumeist wird allein mit Blick auf Erfolg beziehungsweise Misserfolg gezeigt, dass die Entstehung von Erfolg versprechenden technischen Innovationen von der Bildung und Stabilisierung sozialer Netzwerke abhängt, in

30 Innovationsnetzwerke sind keine reinen Politiknetzwerke. Die Verwendung des Konzepts der Politiknetzwerke ist enger. Es findet in der Forschung zu wissenschaftlichen und technischen Innovationen Verwendung, wenn die Rolle von Akteurnetzwerken im Prozess der politischen Förderung und Regulierung von Innovationen betrachtet wird (siehe etwa Abels 2000; auch Jansen 1991).

denen etwa Universitäten und in Forschung und Entwicklung tätige Firmen innerhalb einer bestimmten Region zusammenarbeiten (Giesecke 2001a). Dabei spielen politische Agenturen oft eine Rolle als Förderer und Moderator (Häusler / Hohn / Lütz 1994).³¹

Eine der wenigen Arbeiten, die den Netzwerkansatz spezifischer auf den Prozess der Entwicklung und Durchsetzung von Technik anwenden, hat eine Forschergruppe unter der Federführung von Johannes Weyer vorgelegt (Weyer et al. 1997). Für sie hat jeder technische Innovationsprozess eine temporale und eine soziale Dimension. Ähnlich wie in der bereits vorgestellten Arbeit von Hughes folgt der zeitliche Ablauf einem Phasenmodell. Erfolgreiche Innovationen durchlaufen Phasen der Entstehung, der Stabilisierung und der Durchsetzung. Parallel dazu ändert sich in der sozialen Dimension das Netzwerk der die Innovation tragenden Akteure. Nur, so die zentrale These der Autoren, wenn es den an der Konstruktion einer Technik beteiligten Akteuren gelingt, „soziale Netzwerke zu konstruieren und derart zu stabilisieren, dass sie eine solide Basis für ein Technikprojekt bilden“, wird eine neue Technik erfolgreich sein (Weyer et al. 1997: 20). In der Anfangsphase werden eher zufällige Erfindungen von innovativen Akteuren in ein allgemeines 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 im eigenen Interesse. 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 nicht in jeder der drei Entwicklungsphasen ein Netzwerk herausbildet und sozial konsolidiert, das in der Lage ist, die notwendigen Entscheidungen zu fällen und entsprechende nicht nur technische 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). Aus dieser Perspektive sind Entste-

31 In diese Richtung gehen auch einige der im Anschluss an Gibbons et al. (1994) durchgeführten Untersuchungen über „Neue Formen der Wissenserzeugung“ (Bender 2001) sowie die „Triple-Helix“-Studien über „University-Industry-Government Relations“ (Etzkowitz / Leydesdorff 1998; Leydesdorff / Etzkowitz 1998). Im Innovationsprozess vernetzen sich bislang eher lose miteinander verbundene Organisationen aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft. Gleichzeitig übernehmen sie Aufgaben, die früher ausschließlich im Kompetenzbereich der Organisationen des jeweils anderen Sektors lagen.

hung, Stabilisierung und Durchsetzung der Technik je eigenständige Innovationschritte.

In vier Fallstudien zum Airbus, zum Personal Computer, zum Transrapid und zum Satellitenfernsehen untersuchen die Autoren die Technikentwicklung entlang den Linien des Phasenmodells, wobei die Abgrenzung der Phasen der Entstehung, der Stabilisierung und der Durchsetzung im Einzelfall schwierig ist. Dies hängt auch damit zusammen, dass die materialreiche Studie in einem Fall eine ganze Klasse von technischen Hard- und Softwarelösungen verschiedener Hersteller unter der Sammelbezeichnung Personal Computer und in einem anderen mit dem Airbus eine spezifische von einem Firmenkonsortium entwickelte innovative Variante des düsengetriebenen Passagierflugzeugs im Bereich der Unterschall-Geschwindigkeit untersucht.

Aus einer theoretischen Perspektive erscheint es wichtig, dass die Herausbildung der Netzwerke als teils völlig ungeplante Prozesse spontaner Selbstkoordination beschrieben wird (Weyer et al. 1997: 99). Die Verschränkung beziehungsweise Überlappung dieser institutionellen Form, die auf Vertrauen und Verhandlung basiert, mit denjenigen der hierarchischen und der marktförmigen Koordination wird nicht systematisch behandelt. Vielleicht unterbleibt auch deshalb der zweifellos schwierige Versuch, die Netzwerke zu typisieren und im Hinblick auf ihre Leistungsfähigkeit zu vergleichen (vgl. Beije 1998: 272–274). Würde zum Beispiel das Machtgefälle zwischen den Akteuren berücksichtigt, so ließe sich die von den Autoren nur beiläufig eingeführte Unterscheidung von „klientelistischen, korporatistischen und pluralistischen“ Netzwerken (Weyer et al. 1997: 334) in Beziehung setzen zum Verlauf und Ergebnis der Entwicklungsphasen der Technik (vgl. auch Dolata 2003: 35–81).

Die institutionelle Einbettung von Verhandlungssystemen, die der Koordination technischer Entwicklungen dienen, spielt in einigen Studien über Prozesse technischer Standardisierung eine wichtige Rolle. Viele Standards koordinieren das Zusammenwirken technischer Komponenten in größeren Systemzusammenhängen, und damit beeinflussen sie auch die funktionale und strukturelle Entwicklung dieser Systeme (Schmidt/Werle 1994). Für die großen technischen Infrastruktursysteme wurden Standards lange Zeit zumindest in den Monopolbereichen der Netzbetreiber hierarchisch gesetzt. In der Computerindustrie, aber auch in anderen Industrien sind es oft die großen Global Players, die Standards quasi hegemonial durchsetzen (vgl. Genschel/Werle 1993). Daneben können sich Standards auch ungesteuert im Markt ausbreiten. In sehr großer Zahl werden sie aber in Komitees ausgehandelt (Genschel 1995). Solche Komitees sind eingebettet in die großen nationalen und internationalen offiziellen Standardisierungsorganisationen. Teilweise haben sie aber auch einen eher privaten inoffiziellen Charakter in Form von gelegentlich ad hoc gebildeten (Industrie-)Konsortien und Foren. Die

Standardisierungsorganisationen unterscheiden sich zudem im Hinblick auf ihre Größe, die Regeln ihrer Mitgliedschaft und einige andere Merkmale. Dennoch zeigt sich im organisatorischen Feld der Komiteestandardisierung eine bemerkenswerte institutionelle Isomorphie (vgl. hierzu DiMaggio/Powell 1991). Die Komitees sind mit Einschränkungen offen für die Mitarbeit aller an den Standards interessierten Organisationen, wobei die von ihnen delegierten Personen im gegebenen institutionellen Kontext oft relativ eng miteinander vernetzt sind. Die Mitarbeit wird nicht bezahlt, und Organisationen der Standardisierung sind nicht gewinnorientiert. Für die Entscheidungen in den Komitees gilt das Konsensus-Prinzip. Die Standards sind rechtlich nicht verbindlich und in der Regel öffentliche Güter (Werle 2001a).

Diese institutionellen Bedingungen wirken sich zusammen mit den Strategien der involvierten Akteure auf das Ergebnis der Prozesse der Standardisierung, also darauf aus, ob ein Standard überhaupt zu Stande kommt und wie er spezifiziert ist, was wiederum die Entwicklung technischer Systeme beeinflusst.³² So war der relative Misserfolg des bereits erwähnten deutschen Bildschirmtextsystems und seiner Pendants in Europa und Übersee auch eine Folge der Tatsache, dass man sich in Verhandlungen in der Internationalen Telekommunikationsunion (ITU) nicht auf einen gemeinsamen Standard einigen konnte und eine Mehrheitsentscheidung zu Gunsten des Standards eines der verschiedenen Systeme praktisch nicht möglich war (Schmidt/Werle 1998: Kapitel 7). Ein einheitlicher Standard wäre aber erforderlich gewesen, um die Grenzen der national abgeschotteten Märkte zu überwinden. Ohne gemeinsamen Standard ließen sich die nationalen Systeme gar nicht oder nur mit großem Aufwand koppeln. Verglichen mit dem Internet, für das zentrale Kompatibilitätsstandards im Konsens verabschiedet wurden, blieb das System aus einer globalen Perspektive fragmentiert. Bei einem anderen Telekommunikationsdienst, dem Telefax, hingegen ist es über viele Jahrzehnte immer wieder gelungen, sich auf international gemeinsame Standards zu einigen, was dazu geführt hat, dass dieser Dienst schon seit langer Zeit – ähnlich dem Telefondienst – weltweit zur Verfügung steht und unterschiedlich spezifizierte Telefaxgeräte miteinander kompatibel sind (Schmidt/Werle 1998: Kapitel 8).

Das Beispiel der technischen Standardisierung zeigt, dass die institutionellen Bedingungen der Entwicklung von Technik nicht nur bei der konkreten Arbeit an einer bestimmten technischen Lösung, sondern auch mehr indirekt in vorgelagerten beziehungsweise parallel laufenden institutionalisierten Prozessen der Koor-

32 Andere institutionelle Bedingungen würden andere Standards hervorbringen. Auch kleinere institutionelle Unterschiede können im Einzelfall einen Unterschied machen. Komiteestandards unterscheiden sich zudem in aller Regel von Marktstandards (vgl. Farrell/Saloner 1988). Eine gewisse Rolle spielen Marktprozesse in der Standardisierung jedoch fast immer.

dination oder Regulierung eine Rolle spielen. Dies wird leicht übersehen, wenn man allzu sehr dem in der Technikforschung verbreiteten „follow the actors“-Prinzip folgt (Latour 1987).³³ Dem Netzwerkansatz muss man einen solchen Vorwurf nicht unbedingt machen, kann er doch von der Anlage her netzwerkartige Formen der Koordination in verschiedenen Phasen und auf verschiedenen Ebenen der Entwicklung einer Technik ebenso einbeziehen wie die Form und die Stärke der Vernetzung verschiedener Netze. Auch können Netzwerke als eingebettet in umfassendere gesellschaftliche Strukturen³⁴ oder, spezifischer, in andere Institutionen der Koordination betrachtet werden, was ihre Struktur und ihre Leistungsfähigkeit beeinflussen kann. Zudem müssen Unterschiede zwischen einzelnen Netzknoten im Hinblick auf deren Macht oder Einfluss keineswegs ausgeblendet werden, es sei denn, man benutzt eine Definition des Netzwerks, die dieses ausschließlich als ein Beziehungsgeflecht unter Gleichen versteht.³⁵

In einer zusammenfassenden Betrachtung der theoretischen Leistungsfähigkeit des techniksoziologischen Institutionalismus können wir festhalten, dass den meisten Arbeiten gemeinsam ist, Technikentwicklung als soziale Koordinationsleistung zu verstehen, 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. Auch werden innerhalb der jeweiligen Koordinationsformen bestimmte Konstellationen und Typen (zum Beispiel korporativ, kollektiv, individuell oder staatlich, privat) von Akteuren unterschieden. Vergleiche von Ländern werden deshalb durchgeführt, weil in ihnen die Formen der Koordination unterschiedlich gemischt sind oder weil je andere Formen dominieren. Die Ausgangstypologie von Markt, Hierarchie und Netzwerk wird nicht systematisch weiterentwickelt. Zwar lassen sich Entsprechungen zwischen diesen Koordinationsformen und der Struktur großer technischer Systeme feststellen. So haben die Auflösung der Monopole in der Telekommunikation und der Übergang zu stärker marktförmiger Koordination zu einer Dezentralisierung und loserem Kopplung der Netze geführt. Doch bleibt weitgehend ungeklärt, wie sich die Koordinationsformen zu den verschiedenen Phasen beziehungsweise Stufen der Entwicklung von Technik verhalten. Zweifell

33 Hier liegt auch einer der zentralen Kritikpunkte an den sozialkonstruktivistischen Ansätzen in der Technikforschung (vgl. Klein / Kleinman 2002).

34 Dies betont der „societal constructivism“ (Disco / Van der Meulen 1998), der (nur) in dieser Hinsicht zu Recht für sich in Anspruch nimmt, die Schwächen des Sozialkonstruktivismus zu überwinden (vgl. Weyer 2003).

35 Die in der Standardisierung beteiligten Akteure sind keineswegs gleich. Sie verfügen über unterschiedliche Ressourcen und Einflussmöglichkeiten. Im Standardisierungsprozess spielen diese Unterschiede keine oder nur eine untergeordnete Rolle, wenn das Konsensus-Prinzip die zentrale Entscheidungsregel ist. Dieser institutionelle Faktor ebnet also die Unterschiede zwischen den Akteuren ein.

os hat sich der techniksoziologische Institutionalismus, wie auch andere techniksoziologische Ansätze, vorwiegend dadurch profiliert, dass er die Fragwürdigkeit technikdeterministischer Vorstellungen aufzeigt, ohne jedoch technische Systeme als beliebig formbar und veränderbar zu betrachten.

Der techniksoziologische Institutionalismus interessiert sich stärker für die Entwicklung technischer Infrastrukturen oder großer (vernetzter) technischer Systeme als für einzelne technische Artefakte. Vorstellungen linearer Entwicklung von Technik werden als unangemessen kritisiert, allerdings sind Phasenmodelle weit verbreitet. In zeitlicher, manchmal auch sachlicher Abfolge durchlaufen die Systeme verschiedene Phasen. Dabei folgen sie Mustern wie „Entstehung, Stabilisierung, Durchsetzung“ oder „Expansion, Differenzierung, Transformation“ oder auch nur „Fragmentierung und Integration“. Die Abläufe können sich zyklisch wiederholen, und die Entwicklung geht nicht unbedingt in Richtung auf immer größere Effizienz oder Effektivität. Wenn also von Erfolg oder Misserfolg im Zusammenhang mit der Ausbreitung und Durchsetzung einer Technik gesprochen wird, dann ist damit nicht impliziert, dass die erfolgreiche der erfolglosen Technik in jeder Hinsicht überlegen ist.³⁶

Im Institutionalismus 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. Bei den Studien, in denen technische und institutionelle Elemente detailliert erfasst werden, handelt es sich um klassische Fallstudien zu einer bestimmten Technik in einem einzelnen Land. In ihnen übersteigt die Liebe zum Detail oft das Interesse an Generalisierung.

In den hier diskutierten Arbeiten hat die Technik nicht immer ausschließlich den Status einer abhängigen Variablen. Einige Autoren bezeichnen die betrachteten Systeme als sozio-technische Systeme, um damit zu verdeutlichen, dass die technischen Komponenten größerer Systeme quasi gleichberechtigt neben die sozialen Komponenten treten. So entstehen sozio-technische Konfigurationen, in denen sogar die Technik selbst als im Durkheimschen Sinne die sozialen Handlungen koordinierende institutionelle Tatsache erscheinen kann. Im Extremfall wird großen technischen Systemen eine „Steigerung funktioneller Interdependenz und sozialer Vernetzung“ sowie eine Verstärkung institutioneller Koordinationsformen, also eine erhebliche Prägekraft, zugerechnet (Mayntz 1993). In der Regel werden institutionelle Variablen aber als konstant oder schwer änderbar verstan-

36 Auch neuere evolutionstheoretisch orientierte Studien der Entwicklung technischer Systeme tun dies nicht mehr. Sie betonen vielmehr die „different dimensions of merit“, die bei Entscheidungen über die Architektur der Systeme eine Rolle spielen (Tushman/Rosenkopf 1992: 334).

den. Die Technik muss sich irgendwie einpassen oder soweit „kompatibel“ mit dem institutionellen Umfeld sein, dass sie sich etablieren kann (vgl. Burns/Baumgartner 1984).

5 Forschungsperspektiven

Für die diskutierten institutionellen Ansätze der Technikanalyse hat die Entstehung und Entwicklung von Technik einen unterschiedlichen Stellenwert. Die Innovationstheorie, die sich neben den technischen vor allem für organisatorische Neuerungen und neuerdings sehr stark für die Entstehung und Absorption neuen Wissens interessiert, wendet sich in ihrer zentralen Stoßrichtung gegen die Neoklassik. Technische Innovationen werden endogenisiert, und es wird gezeigt, dass, vor allem national, aber auch sektoral und regional 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 innovationstheoretische 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 beziehungsweise institutionellen Konstellationen, weil er nicht nur ökonomische Performanz, sondern teilweise auch institutionellen Wandel analysiert. Im Vordergrund steht der Regelcharakter von Institutionen. Als recht fruchtbar hat sich die stark stilisierte Unterscheidung von auf die Produktion bezogenen Institutionensystemen 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. Mit Blick auf die ökonomische Performanz bieten beide Typen je spezifische komparative Vorteile. Dies alles macht es unwahrscheinlich, dass trotz einer globalisierten Ökonomie die nationalen Institutionensysteme konvergieren.

Technische Innovationen haben in den politökonomischen Arbeiten hauptsächlich deshalb eine Bedeutung, weil sie die ökonomische Performanz einer Volkswirtschaft beeinflussen. In dieser Hinsicht 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 innovationstheoretischen 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 können, wird in einigen Studien zwischen diskreten und kumulativen Techniken unterschieden. Letztere können, wenn erst einmal die technische Basis gelegt ist, Schritt für Schritt weiterentwickelt 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 weiterentwickeln lassen, können demnach auch in koordinierten Ökonomien gedeihen.

Der techniksoziologische Institutionalismus betrachtet Technikentwicklung in erster Linie als ein Koordinationsproblem. Entsprechend bilden (große) technische Systeme den bevorzugten Untersuchungsgegenstand. 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 innovationstheoretischen Institutionalismus. So wie sich dieser vor allem dadurch profiliert, dass er die Schwächen neoklassischer Ansätze aufzeigt, gewinnt der Institutionalismus in der Techniksoziologie, ähnlich wie der Großteil der anderen Ansätze in dieser soziologischen Teildisziplin, seine Attraktivität dadurch, dass er die Fragwürdigkeit des Technikdeterminismus und der Vorstellung linearer Technikentwicklung aufzeigt. Eine techniksoziologisch fruchtbare Weiterentwicklung der institutionellen Theorie ist nur ansatzweise erfolgt. Speziell die Variante des akteurzentrierten Institutionalismus ist hier zu nennen. 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 zwar auch auf den Erfolg oder Misserfolg einer technischen Innovation sowie auf allgemeine architektonische Merkmale der Systeme, wie zentralisiert oder dezentralisiert, richtet, dass aber das Hauptinteresse der zeitlichen und sachlichen Abfolge der Entwicklung technischer Systeme und der Lösung der sich jeweils ergebenden Entwicklungs- und Koordinationsprobleme gilt. Danach durchlaufen die Systeme verschiedene Phasen, die sich zyklisch wiederholen können. Die Systeme entwickeln in diesem Prozess eine Eigendynamik, welche die sie

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 einen bestimmten Entwicklungsverlauf der Technik.

Obwohl der Stellenwert der Technik im innovationstheoretischen, im politökonomischen und im techniksoziologischen Institutionalismus jeweils verschieden ist, teilen die Ansätze das Interesse an technischen Innovationen und deren Entwicklung. Die Technik wird gelegentlich – speziell in der Techniksoziologie – relativ detailliert betrachtet. In der Regel bedienen sich die Ansätze jedoch einfacher Kategorisierungen wie radikal und inkrementell. Dieses „black-boxing“, wenn es nicht zu undifferenziert bleibt, ermöglicht es noch am ehesten, allgemeine Zusammenhänge oder Korrespondenzen zwischen institutionellen Konstellationen und technischen Entwicklungen herauszuarbeiten. Dies gilt zumindest, wenn und so lange auch institutionelle Konstellationen stark generalisierenden Typisierungen wie Hierarchie, Markt, Netzwerk oder koordinierte beziehungsweise liberale Marktwirtschaften unterliegen. Die Alternative, Institutionen und Technik detailliert zu erfassen, hat bislang noch keine überzeugend generalisierbaren Ergebnisse gezeitigt.

In allen drei Ansätzen, mit wenigen techniksoziologischen Ausnahmen, wird die Technik vorwiegend als abhängige Variable behandelt. Allerdings ist ihre Entwicklung offensichtlich institutionell unterdeterminiert. Immer sind noch andere Faktoren im Spiel, die die Technik beeinflussen. Zudem gibt es jeweils auch Technik induzierte Triebkräfte, die einen von ihnen ausgehenden Veränderungsdruck auf die Institutionen auslösen können. Solange, wie in den diskutierten Arbeiten angenommen, die Institutionen relativ resistent gegenüber diesem Druck sind, kann zwar technischer Wandel exogen eingeleitet werden, er wird sich aber nur durchsetzen, wenn er mit der jeweiligen institutionellen Konstellation zumindest kompatibel ist. Im Falle von Inkompatibilität wirkt diese Konstellation als „adverse environment“ (Jürgens/Naumann/Rupp 2000) und verhindert, dass sich die neuen Techniken ausbreiten.

Müssten nicht Arbeiten, in denen Institutionen zur Erklärung technischen Wandels herangezogen werden, grundsätzlich auch den umgekehrten Kausalzusammenhang einbeziehen? Angedeutet wird diese Möglichkeit in einigen Studien. So postuliert das innovationstheoretische Konzept des Wandels eines techno-ökonomischen Paradigmas, dass revolutionäre technische Veränderungen ein überkommenes institutionelles Regime beseitigen und ein neues etablieren (Freeman/Perez 1988).³⁷ Zudem wird aus komparativer Perspektive argumentiert, dass in Län-

37 Noch sehr viel weiter gehende Veränderungen rechnet Castells (1996) der „informationstechnischen Revolution“ zu.

dern, 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 2001b). Ähnliches findet sich in politökonomischen Arbeiten zur „institutional adaptiveness“ (Casper 2000). In der Techniksoziologie schließlich wird ebenfalls in diese Richtung gehend festgestellt, dass die teils technologiepolitisch geförderte Herausbildung netzwerkförmiger Koordinationsstrukturen „eine soziale Innovation zur Hervorbringung von technischen Innovationen“ darstellt, wobei technische und institutionelle Innovationen „rekursiv aufeinander bezogen“ seien (Krücken/Meier 2003: 79). Gleichzeitig ist die Rede von einer „koevolutionären Beziehung“ zwischen den staatlichen Institutionen und den technischen Infrastruktursystemen (Mayntz 1993: 105).

Diese Idee spielt mehrfach in evolutionstheoretisch ausgerichteten Studien über technische Entwicklung eine Rolle. Die Überlegungen zur „Coevolution of Technologies and Institutions“ (Nelson 1994) bleiben jedoch eher programmatisch. Soweit einschlägige Studien empirisch ausgerichtet sind, bedienen sie sich des Materials der Technikgeschichte. Technikentwicklung wird als ein zyklischer Prozess verstanden. Er beginnt mit einer Phase der technischen Diskontinuität, setzt sich fort in der Phase der Beschleunigung, in der substitutive Techniken konkurrieren, bis sich in der nächsten Phase ein dominantes Design durchsetzt, das anschließend nur noch inkrementell weiterentwickelt wird (Rosenkopf/Tushman 1994; auch Tushman/Rosenkopf 1992). In diesem Prozess wechseln sich Perioden „sozialer Konstruktion“, das heißt organisatorischer und institutioneller Gestaltung der Technik, mit solchen des „technischen Determinismus“ ab, das heißt der technisch induzierten Prägung der Technik, aber auch der organisatorischen und institutionellen Umwelt (Rosenkopf/Tushman 1994: 404).

Das Konzept der Koevolution bietet zweifellos eine interessante Forschungsperspektive, erscheint aber aus der Sicht des Institutionalismus als zu wenig spezifisch, was den Zusammenhang zwischen technischen und institutionellen Entwicklungen anbetrifft. Um diesen deutlicher herauszuarbeiten, sollte zunächst in Fallstudien und konzentriert auf Innovationen nach Wechselwirkungen zwischen institutionellen und technischen Neuerungen gesucht werden.³⁸ 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 Wechselwir-

38 In diese Richtung weist eine Untersuchung zu den „Interaktionen“ zwischen wissenschaftlichem, institutionellem und organisatorischem Wandel in der Molekularbiologie (Henderson/Orsenigo/Pisano 1999).

kungen fokussierten Untersuchungsdesign resultierende Zwang, Kategorien institutionellen und technischen Wandels systematisch aufeinander zu beziehen, könnte sich als insgesamt fruchtbar auch für die institutionelle Theoriebildung erweisen.

Literatur

- Abels, Gabriele, 2000: *Strategische Forschung in den Biowissenschaften. Der Politikprozeß zum europäischen Humangenomprogramm*. Berlin: edition sigma.
- Archibugi, Daniele / Mario Pianta, 1992: *The Technological Specialization of Advanced Countries*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- , 1993: Patterns of Technological Specialisation and Growth of Innovative Activities in Advanced Countries. In: Kirsty S. Hughes (Hrsg.), *European Competitiveness*. Cambridge: Cambridge University Press, 105–132.
- Baumol, William J., 2002: *The Free-Market Innovation Machine. Analyzing the Growth Miracle of Capitalism*. Princeton: Princeton University Press.
- Behrens, Maria, 2000: Nationale Innovationssysteme im Gentechnikkonflikt. Ein Vergleich zwischen Deutschland, Großbritannien und den Niederlanden. In: Daniel Barben / Gabriele Abels (Hrsg.), *Biotechnologie – Globalisierung – Demokratie. Politische Gestaltung transnationaler Technologieentwicklung*. Berlin: edition sigma, 205–227.
- , 2002: *Internationale Technologiepolitik. Politische Gestaltungschancen und -probleme neuer Technologien im internationalen Mehrebenensystem*. Polis Nr. 56, 2002. Hagen: Institut für Politikwissenschaft der Fernuniversität Hagen.
- Beije, Paul, 1998: *Technological Change in the Modern Economy. Basic Topics and New Developments*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Bender, Gerd (Hrsg.), 2001: *Neue Formen der Wissenserzeugung*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Beyer, Jürgen, 2003: Deutschland AG a.D.: Deutsche Bank, Allianz und das Verflechtungszentrum des deutschen Kapitalismus. In: Wolfgang Streeck / Martin Höpner (Hrsg.), *Alle Macht dem Markt? Fallstudien zur Abwicklung der Deutschland AG*. Frankfurt a.M.: Campus, 118–146.
- Braczyk, Hans-Joachim / Gerhard Fuchs / Hans-Georg Wolf (Hrsg.), 1999: *Multimedia and Regional Economic Restructuring*. London: Routledge.
- Braun, Dietmar, 1997: *Die politische Steuerung der Wissenschaft. Ein Beitrag zum „kooperativen Staat“*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Breschi, Stefano / Franco Malerba, 1997: Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics, and Spatial Boundaries. In: Charles Edquist (Hrsg.), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter, 130–156.
- Burns, Tom R. / Thomas Baumgartner, 1984: Technology, Society, and Social Change. In: Thomas Baumgartner / Tom R. Burns (Hrsg.), *Transitions to Alternative Energy Systems. Entrepreneurs, New Technologies, and Social Change*. Boulder: Westview, 11–24.
- Burns, Tom R. / Thomas Dietz, 1992: Technology, Sociotechnical Systems, Technological Development: An Evolutionary Perspective. In: Meinolf Dierkes / Ute Hoffmann (Hrsg.), *New Technology at the Outset. Social Forces in the Shaping of Technological Innovations*. Frankfurt a.M.: Campus, 206–238.
- Burns, Tom R. / Helena Flam, 1987: *The Shaping of Social Organization. Social Rule System Theory with Applications*. London: Sage Publications.

- Carlsson, Bo, 1994: Technological Systems and Economic Performance. In: Mark Dodgson/Roy Rothwell (Hrsg.), *The Handbook of Industrial Innovation*. Aldershot/Brookfield: Edward Elgar, 13–24.
- Carlsson, Bo/Staffan Jacobsson, 1994: Technological Systems and Economic Policy. The Diffusion of Factory Automation in Sweden. In: *Research Policy* 23, 235–248.
- Carlsson, Bo, et al., 2002: Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues. In: *Research Policy* 31, 233–245.
- Casper, Steven, 2000: Institutional Adaptiveness, Technology Policy and the Diffusion of New Business Models: The Case of German Biotechnology. In: *Organization Studies* 21, 887–914.
- Casper, Steven/Henrik Glimstedt, 2001: Economic Organization, Innovation Systems and the Internet. In: *Oxford Review of Economic Policy* 17, 265–281.
- Casper, Steven/Mark Lehrer/David Soskice, 1999: Can High-Technology Industries Prosper in Germany? Institutional Frameworks and the Evolution of the German Software and Biotechnology Industries. In: *Industry and Innovation* 6, 5–24.
- Castells, Manuel, 1996: *The Rise of the Network Society*. Malden, MA: Blackwell.
- Ceruzzi, Paul E., 1998: *A History of Modern Computing*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Chandler, Alfred D., 2001: *Inventing the Electronic Century. The Epic Story of the Consumer Electronics and Computer Industries*. New York: The Free Press.
- Chandler, Alfred D., Jr., 1977: *The Visible Hand. The Managerial Revolution in American Business*. Cambridge: Belknap Press.
- Coriat, Benjamin/Olivier Weinstein, 2002: „Organizations, Firms and Institutions in the Generation of Innovation“. In: *Research Policy* 31, 273–290.
- Crouch, Colin, 2003: Institutions Within Which Real Actors Innovate. In: Renate Mayntz/Wolfgang Streeck (Hrsg.), *Die Reformierbarkeit der Demokratie. Innovationen und Blockaden*. Frankfurt a.M.: Campus, 71–98.
- CSTB (Computer Science and Telecommunications Board, National Research Council), Committee on Innovations in Computing and Communications: Lessons from History, 1999: *Funding a Revolution. Government Support for Computing Research*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- DiMaggio, Paul J./Walter W. Powell, 1991: The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. In: Walter W. Powell/Paul J. DiMaggio (Hrsg.), *The New Institutionalism in Organizational Analysis*. Chicago: The University of Chicago Press, 63–82.
- Disco, Cornelis/Barend Van der Meulen, 1998: Introduction. In: Cornelis Disco/Barend Van der Meulen (Hrsg.), *Getting New Technologies Together. Studies in Making Sociotechnical Order*. Berlin/New York: Walter de Gruyter, 1–13.
- Dodgson, Mark/Roy Rothwell (Hrsg.), 1994: *The Handbook of Industrial Innovation*. Aldershot: Edward Elgar.
- 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. In: *Research Policy* 11, 147–162.
- , 1984: *Technical Change and Industrial Transformation*. London: Macmillan.

- , 1988: Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. In: *Journal of Economic Literature* 26, 1120–1171.
- , 1999: Some Notes on National Systems of Innovation and Production, and their Implications for Economic Analysis. In: Daniele Archibugi / Jeremy Howells / Jonathan Mitchie (Hrsg.), *Innovation Policy in a Global Economy*. Cambridge: Cambridge University Press, 35–48.
- Ebbinghaus, Bernhard / Philip Manow, 2001: Introduction: Studying Varieties of Welfare Capitalism. In: Bernhard Ebbinghaus / Philip Manow (Hrsg.), *Comparing Welfare Capitalism. Social Policy and Political Economy in Europe, Japan and the USA*. London: Routledge, 1–24.
- Edquist, Charles, 1997: Systems of Innovation Approaches. Their Emergence and Characteristics. In: Charles Edquist (Hrsg.), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter, 1–35.
- Edquist, Charles / Björn Johnson, 1997: Institutions and Organizations in Systems of Innovation. In: Charles Edquist (Hrsg.), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter, 41–63.
- Edquist, Charles / Bengt-Åke Lundvall, 1993: Comparing the Danish and the Swedish Systems of Innovations. In: Richard R. Nelson (Hrsg.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press, 165–298.
- Etzkowitz, Henry / Loet Leydesdorff, 1998: The Endless Transition: A „Triple Helix“ of University-Industry-Government Relations. In: *Minerva* 36, 203–208.
- Farrell, Joseph / Garth Saloner, 1988: Coordination through Committees and Markets. In: *Rand Journal of Economics* 19, 235–252.
- Freeman, Christopher, 1987: *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- , 1988: Japan: A New National System of Innovation? In: Giovanni Dosi et al. (Hrsg.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 330–348.
- , 1991: Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues. In: *Research Policy* 20, 499–514.
- Freeman, Christopher / Francisco Louçã, 2002: *As Time Goes By. From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Freeman, Christopher / Carlota Perez, 1988: Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour. In: Giovanni Dosi et al. (Hrsg.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 38–66.
- Fuchs, Gerhard (Hrsg.), 2003: *Biotechnology in Comparative Perspective*. London: Routledge.
- Genschel, Philipp, 1995: *Standards in der Informationstechnik. Institutioneller Wandel in der internationalen Standardisierung*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Genschel, Philipp / Raymund Werle, 1993: From National Hierarchies to International Standardization: Historical and Modal Changes in the Governance of Telecommunications. In: *Journal of Public Policy* 13, 203–225.
- Gibbons, Michael, et al., 1994: *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: SAGE Publications.
- Giesecke, Susanne, 2001a: *Von der Forschung zum Markt. Innovationsstrategien und Forschungspolitik in der Biotechnologie*. Berlin: edition sigma.

- Giesecke, Susanne, 2001b: Wandel in der deutschen Biotechnologie-Politik: Ist der Staat lernfähig? In: Johannes Abele / Gerhard Barkleit / Thomas Hänseroth (Hrsg.), *Innovationskulturen und Fortschrittserwartungen im geteilten Deutschland*. Köln: Böhlau, 165–192.
- Grande, Edgar / Volker Schneider, 1991: Reformstrategien und staatliche Handlungskapazitäten. Eine vergleichende Analyse institutionellen Wandels in der Telekommunikation in Westeuropa. In: *Politische Vierteljahresschrift* 32, 452–478.
- Guerrieri, Paolo, 1999: Patterns of National Specialisation in the Global Competitive Environment. In: Daniele Archibugi / Jeremy Howells / Jonathan Mitchie (Hrsg.), *Innovation Policy in a Global Economy*. Cambridge: Cambridge University Press, 139–159.
- Halfmann, Jost, 1984: *Die Entstehung der Mikroelektronik. Zur Produktion des technischen Fortschritts*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Hall, Peter A., 1999: The Political Economy of Europe in an Era of Interdependence. In: Herbert Kitschelt et al. (Hrsg.), *Continuity and Change in Contemporary Capitalism*. Cambridge: Cambridge University Press, 135–163.
- Hall, Peter A. / David Soskice, 2001: An Introduction to Varieties of Capitalism. In: Peter A. Hall / David Soskice (Hrsg.), *Varieties of Capitalism. The Institutional Foundations of Comparative Advantage*. Oxford: Oxford University Press, 1–70.
- Hart, Jeffrey A., 1992: *Rival Capitalists. International Competitiveness in the United States, Japan and Western Europe*. Ithaca: Cornell University Press.
- Häusler, Jürgen / Hans-Willy Hohn / Susanne Lütz, 1994: Contingencies of Innovative Networks: A Case Study of Successful Interfirm R & D Collaboration. In: *Research Policy* 23, 47–66.
- Henderson, Rebecca M. / Kim B. Clark, 1990: Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. In: *Administrative Science Quarterly* 35, 9–30.
- Henderson, Rebecca / Luigi Orsenigo / Gary P. Pisano, 1999: The Pharmaceutical Industry and the Revolution in Molecular Biology. Interactions among Scientific, Institutional and Organizational Change. In: David C. Mowery / Richard R. Nelson (Hrsg.), *Sources of Industrial Leadership, Studies of Seven Industries*. Cambridge: Cambridge University Press, 267–311.
- Hirsh, Richard F., 1989: *Technology and Transformation in the American Electric Utility Industry*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hollingsworth, J. Rogers, 1997: Continuities and Changes in Social Systems of Production. The Cases of Japan, Germany and the United States. In: J. Rogers Hollingsworth / Robert Boyer (Hrsg.), *Contemporary Capitalism. The Embeddedness of Institutions*. Cambridge: Cambridge University Press, 265–310.
- , 2000: Doing Institutional Analysis: Implications for the Study of Innovations. In: *Review of International Political Economy* 7, 595–644.
- Hollingsworth, J. Rogers / Robert Boyer, 1997: Coordination of Economic Actors and Social Systems of Production. In: J. Rogers Hollingsworth / Robert Boyer (Hrsg.), *Contemporary Capitalism. The Embeddedness of Institutions*. Cambridge: Cambridge University Press, 1–47.
- Hollingsworth, J. Rogers / Philippe C. Schmitter / Wolfgang Streeck (Hrsg.), 1994: *Governing Capitalist Economies*. New York: Oxford University Press.

- Hollingsworth, J. Rogers / Wolfgang Streeck, 1994: Countries and Sectors. Concluding Remarks on Performance, Convergence and Competitiveness. In: J. Rogers Hollingsworth / Philippe C. Schmitter / Wolfgang Streeck (Hrsg.), *Governing Capitalist Economies*. New York: Oxford University Press, 270–300.
- Hughes, Thomas P., 1982: Conservative and Radical Technologies. In: Sven B. Lundstedt / E. William Colglazier (Hrsg.), *Managing Innovation*. New York: Pergamon Press, 31–44.
- , 1983: *Networks of Power. Electrification in Western Society 1880–1930*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- , 1987: The Evolution of Large Technological Systems. In: Wiebe E. Bijker / Thomas P. Hughes / Trevor J. Pinch (Hrsg.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, MA: The MIT Press, 51–82.
- Jackson, Gregory, 2002: *Varieties of Capitalism: A Review*. Manuskript. Köln: Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung.
- Jansen, Dorothea, 1991: Policy Networks and Change: The Case of High-T_c Superconductors. In: Marin, Bernd / Renate Mayntz (Hrsg.), *Policy Networks. Empirical Evidence and Theoretical Considerations*. Frankfurt a.M. / Boulder, Colorado: Campus / Westview, 137–174.
- Joerges, Bernward, 1988: Large Technical Systems: Concepts and Issues. In: Renate Mayntz / Thomas P. Hughes (Hrsg.), *The Development of Large Technical Systems*. Frankfurt a.M.: Campus, 9–36.
- , 1999: High Variability Discourse in the History and Sociology of Large Technical Systems. In: Olivier Coutard (Hrsg.), *The Governance of Large Technical Systems*. London: Routledge, 258–290.
- Jürgens, Ulrich / Katrin Naumann / Joachim Rupp, 2000: Shareholder Value in an Adverse Environment: The German Case. In: *Economy and Society* 29, 54–79.
- Kenney, Martin, 2000: *Understanding Silicon Valley. The Anatomy of an Entrepreneurial Region*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Kitschelt, Herbert, 1991: Industrial Governance Structures. Innovation Strategies and the Case of Japan: Sectoral or Cross-National Comparative Analysis? In: *International Organization* 45, 453–493.
- Kittel, Bernhard, 2003: Perspektiven und Potenziale der vergleichenden Politischen Ökonomie. In: Herbert Obinger / Uwe Wagschal / Bernhard Kittel (Hrsg.), *Politische Ökonomie. Demokratie und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit*. Opladen: Leske + Budrich, 385–414.
- Klein, Hans K. / Daniel Lee Kleinman, 2002: The Social Construction of Technology: Structural Considerations. In: *Science, Technology and Human Values* 27, 28–52.
- Kowol, Uli / Wolfgang Krohn, 1995: Innovationsnetzwerke. Ein Modell der Technikgenese. In: Jost Halfmann / Gotthard Bechmann / Werner Rammert (Hrsg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8: Theoriebausteine der Techniksoziologie*. Frankfurt a.M.: Campus, 77–105.
- Krücken, Georg / Frank Meier, 2003: „Wir sind alle überzeugte Netzwerktäter“ – Netzwerke als Formalstruktur und Mythos der Innovationsgesellschaft. In: *Soziale Welt* 54, 71–92.
- Langlois, Richard N. / Paul L. Robertson, 1995: *Firms, Markets and Economic Change. A Dynamic Theorie of Business Institutions*. London: Routledge.

- Latour, Bruno, 1987: *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Leib, Volker/Raymund Werle, 1997: Wissenschaftsnetze in Europa und den USA. Die Rolle staatlicher Akteure bei ihrer Bereitstellung. In: Raymund Werle/Christa Lang (Hrsg.), *Modell Internet? Entwicklungsperspektiven neuer Kommunikationsnetze*. Frankfurt a.M.: Campus, 157-185.
- , 1998: Computernetze als Infrastrukturen und Kommunikationsmedien der Wissenschaft. In: *Rundfunk und Fernsehen* 46, 254-273.
- Leydesdorff, Loet/Henry Etzkowitz, 1998: The Triple Helix as a Model for Innovation Studies. In: *Science and Public Policy* 25, 195-203.
- Lundvall, Bengt-Åke, 1988: Innovation as an Interactive Process: From User-Producer Interaction to the National System of Innovation. In: Giovanni Dosi et al. (Hrsg.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 349-369.
- , 1992: User-Producer Relationships, National Systems of Innovation and Internationalisation. In: Bengt-Åke Lundvall (Hrsg.), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter, 45-67.
- Lundvall, Bengt-Åke/Susana Borrás, 1999: *The Globalising Learning Economy. Implications for Innovation Policy*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Lundvall, Bengt-Åke, et al., 2002: National Systems of Production, Innovation and Competence Building. In: *Research Policy* 31, 213-231.
- Lutz, Burkart, 1987: Das Ende des Technikdeterminismus und die Folgen. Soziologische Technikforschung vor neuen Aufgaben und Problemen. In: Burkart Lutz (Hrsg.), *Technik und sozialer Wandel. Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages in Hamburg 1986*. Frankfurt a.M.: Campus, 34-52.
- Lütz, Susanne, 2003: *Governance in der politischen Ökonomie*. MPIfG Discussion Paper 3/03. Köln: Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung.
- Mayntz, Renate, 1993: Große technische Systeme und ihre gesellschaftstheoretische Bedeutung. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 45, 97-108.
- , 2001: Triebkräfte der Technikentwicklung und die Rolle des Staates. In: Gerd Simonis/Renate Martinsen/Thomas Saretzki (Hrsg.), *Politik und Technik. Analysen zum Verhältnis von technologischem, politischem und staatlichem Wandel am Anfang des 21. Jahrhunderts*. Politische Vierteljahresschrift Sonderheft 31 / 2000, 3-18. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Mayntz, Renate/Thomas P. Hughes (Hrsg.), 1988: *The Development of Large Technological Systems*. Frankfurt a.M.: Campus.
- McKelvey, Maureen, 1991: How Do National Systems of Innovation Differ? A Critical Analysis of Porter, Freeman, Lundvall and Nelson. In: Geoffrey M. Hodgson/Ernesto Screpanti (Hrsg.), *Rethinking Economics*. Aldershot: Edward Elgar, 117-137.
- Mowery, David C., 1994: *Science and Technology Policy in Interdependent Economies*. Boston: Kluwer.
- Mowery, David C./Richard R. Nelson (Hrsg.), 1999: *Sources of Industrial Leadership. Studies of Seven Industries*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Mowery, David C./Nathan Rosenberg, 1993: The U.S. National Innovation System. In: Richard R. Nelson (Hrsg.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press, 29–75.
- Mowery, David C./Timothy Simcoe, 2002: The Internet. In: Benn Steil/David G. Victor/Richard R. Nelson (Hrsg.), *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press, 229–264.
- Nelson, Richard R., 1987: *Understanding Technical Change as an Evolutionary Process*. Amsterdam: Elsevier.
- , 1988: Institutions Supporting Technical Change in the United States. In: Giovanni Dosi et al. (Hrsg.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 312–329.
- , 1993: A Retrospective. In: Richard R. Nelson (Hrsg.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press, 505–524.
- , 1994: The Coevolution of Technologies and Institutions. In: Richard W. England (Hrsg.), *Evolutionary Concepts in Contemporary Economics*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 139–156.
- Nelson, Richard R./Nathan Rosenberg, 1993: Technical Innovation and National Systems. In: Richard R. Nelson (Hrsg.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press, 3–21.
- Nelson, Richard R./Sidney G. Winter, 1977: In Search of Useful Theory of Innovation. In: *Research Policy* 6, 36–76.
- , 1982: *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Belknap Press.
- Norberg, Arthur L./Judy E. O'Neill, 1996: *Transforming Computer Technology. Information Processing for the Pentagon, 1962–1986*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Pavitt, Keith/Parimal Patel, 1999: Global Corporations and National Systems of Innovations: Who Dominates Whom? In: Daniele Archibugi/Jeremy Howells/Jonathan Mitchie (Hrsg.), *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.
- Piore, Michael J./Charles F. Sabel, 1984: *The Second Industrial Divide*. New York: Basic Books.
- Pisano, Gary P., 2002: Pharmaceutical Biotechnology. In: Benn Steil/David G. Victor/Richard R. Nelson (Hrsg.), *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press, 347–366.
- Porter, Michael E., 1990: *The Competitive Advantage of Nations*. New York: The Free Press.
- Powell, Walter W., 1990: Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization. In: *Research in Organizational Behavior* 12, 295–336.
- Radkau, Joachim, 1983: *Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945–1975. Verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse*. Hamburg: Rowohlt.
- Rammert, Werner, 1995: Regeln der technikgenetischen Methode. Die soziale Konstruktion der Technik und ihre evolutionäre Dynamik. In: Jost Halfmann/Gotthard Bechmann/Werner Rammert (Hrsg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8: Theoriebausteine der Techniksoziologie*. Frankfurt a.M.: Campus, 13–30.

- Rammert, Werner, 1997: Innovation im Netz. Neue Zeiten für technische Innovationen: Heterogen verteilt und interaktiv vernetzt. In: *Soziale Welt* 48, 397–415.
- Riccaboni, Massimo, et al., 2003: Public Research and Industrial Innovation: A Comparison of US and European Innovation Systems in the Life Sciences. In: Aldo Geuna / Ammon J. Salter / W. Edward Steinmueller (Hrsg.), *Science and Innovation. Rethinking the Rationales for Funding and Governance*. Cheltenham: Edward Elgar, 169–201.
- Rosenberg, Nathan, 1985: *Inside the Black Box. Technology and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rosenberg, Nathan / Richard R. Nelson, 1994: American Universities and Technical Advance in Industry. In: *Research Policy* 23, 323–348.
- Rosenkopf, Lori / Michael L. Tushman, 1994: The Coevolution of Technology and Organization. In: Joel A.C. Baum / Jitendra V. Singh (Hrsg.), *Evolutionary Dynamics of Organizations*. New York: Oxford University Press, 403–424.
- Salsbury, Stephen M., 1994: The Australian Electric Power Industry and the Politics of Radical Reconfiguration. In: Jane Summerton (Hrsg.), *Changing Large Technical Systems*. Boulder, CO: Westview Press, 141–162.
- Saxenian, AnnaLee, 1994: *Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Scharpf, Fritz W., 1997: *Games Real Actors Play. Actor-Centered Institutionalism in Policy Research*. Boulder, CO: Westview Press.
- Schmidt, Susanne K. / Raymund Werle, 1994: Koordination und Evolution: Technische Standards im Prozess der Entwicklung technischer Systeme. In: Werner Rammert / Gotthard Bechmann (Hrsg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 7: Konstruktion und Evolution von Technik*. Frankfurt a.M.: Campus, 95–126.
- , 1998: *Coordinating Technology. Studies in the International Standardization of Telecommunications*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Schneider, Volker, 1991: The Governance of Large Technical Systems: The Case of Telecommunications. In: Todd R. La Porte (Hrsg.), *Social Responses to Large Technical Systems. Control or Anticipation*. Dordrecht: Kluwer, 19–41.
- , 2001: *Die Transformation der Telekommunikation. Vom Staatsmonopol zum globalen Markt (1800–2000)*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Schneider, Volker, et al., 1991: The Dynamics of Videotex Development in Britain, France and Germany: A Cross-National Comparison. In: *European Journal of Communication* 6, 187–212.
- Schneider, Volker / Renate Mayntz, 1995: Akteurzentrierter Institutionalismus in der Technikforschung. Fragestellungen und Erklärungsansätze. In: Jost Halfmann / Gotthard Bechmann / Werner Rammert (Hrsg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8: Theoriebausteine der Techniksoziologie*. Frankfurt a.M.: Campus, 107–130.
- Schneider, Volker / Raymund Werle, 1998: Co-Evolution and Development Constraints. The Development of Large Technical Systems in Evolutionary Perspective. In: Clara Eugenia García / Luis Sanz-Mendéndez (Hrsg.), *Management and Technology. European Commission COST A3, Vol. 5*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Community, 12–29.
- Schulz-Schaeffer, Ingo, 2000: *Sozialtheorie der Technik*. Frankfurt a.M.: Campus.

- Simonis, Georg/Renate Martinsen/Thomas Saretzki (Hrsg.), 2001: *Politik und Technik. Analysen zum Verhältnis von technologischem, politischem und staatlichem Wandel am Anfang des 21. Jahrhunderts*. Politische Vierteljahresschrift, Sonderheft 31/2000. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Sorge, Arndt/Wolfgang Streeck, 1988: Industrial Relations and Technical Change. In: Richard Hyman/Wolfgang Streeck (Hrsg.), *New Technology and Industrial Relations*. Oxford: Blackwell, 19–47.
- Soskice, David, 1994: Innovation Strategies of Companies: A Comparative Institutional Approach of Some Cross-Country Differences. In: Wolfgang Zapf/Meinolf Dierkes (Hrsg.), *Institutionenvergleich und Institutionendynamik. WZB-Jahrbuch 1994*. Berlin: edition sigma, 271–289.
- , 1999: Divergent Production Regimes: Coordinated and Uncoordinated Market Economies in the 1980s and 1990s. In: Herbert Kitschelt et al. (Hrsg.), *Continuity and Change in Contemporary Capitalism*. Cambridge: Cambridge University Press, 101–134.
- , 2000: Technology Policies and Institutional Frameworks: Contrasting Germany with the U.K. In: Damien J. Neven/Lars-Hendrik Röller (Hrsg.), *The Political Economy of Industrial Policy in Europe and the Member States*. Berlin: edition sigma, 69–97.
- Steil, Benn/David G. Victor/Richard R. Nelson (Hrsg.), 2002a: *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press.
- Steil, Benn/David G. Victor/Richard R. Nelson, 2002b: Introduction and Overview. In: Benn Steil/David G. Victor/Richard R. Nelson (Hrsg.), *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press, 3–22.
- Streeck, Wolfgang, 1991: On the Institutional Conditions of Diversified Quality Production. In: Egon Matzner/Wolfgang Streeck (Hrsg.), *Beyond Keynesianism. The Socio-Economics of Production and Full Employment*. Aldershot: Edward Elgar, 21–61.
- Thomas, Frank, 1995: *Telefonieren in Deutschland. Organisatorische, technische und räumliche Entwicklung eines großtechnischen Systems*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Tushman, Michael L./Lori Rosenkopf, 1992: Organizational Determinants of Technological Change: Toward a Sociology of Technological Evolution. In: *Research in Organizational Behavior* 14, 311–347.
- Werle, Raymund, 1990: *Telekommunikation in der Bundesrepublik: Expansion, Differenzierung, Transformation*. Frankfurt a.M.: Campus.
- , 1998: An Institutional Approach to Technology. In: *Science Studies* 11, 3–18.
- , 2001a: Institutional Aspects of Standardization. Jurisdictional Conflicts and the Choice of Standardization Organizations. In: *Journal of European Public Policy* 8, 392–410.
- , 2001b: Liberalisierung und politische Techniksteuerung. In: Georg Simonis/Renate Martinsen/Thomas Saretzki (Hrsg.), *Politik und Technik. Analysen zum Verhältnis von technologischem, politischem und staatlichem Wandel am Anfang des 21. Jahrhunderts*. Politische Vierteljahresschrift, Sonderheft 31/2000, 407–424. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- , 2002: Internet @ Europe: Overcoming Institutional Fragmentation and Policy Failure. In: Jacint Jordana (Hrsg.), *Governing Telecommunications and the New Information Society in Europe*. Cheltenham: Edward Elgar, 137–158.

- Weyer, Johannes, 2003: Von Innovations-Netzwerken zu hybriden sozio-technischen Systemen. Neue Perspektiven der Techniksoziologie. In: Lars Bluma/Wolfhard Weber (Hrsg.), *Technikvermittlung. Die Beziehung zwischen Ingenieuren und Techniknutzern*. Münster: Waxmann, im Erscheinen.
- Weyer, Johannes, et a., 1997: *Technik, die Gesellschaft schafft – Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese*. Berlin: edition sigma.
- Whitley, Richard, 1992: Societies, Firms and Markets: The Social Structuring of Business Systems. In: Richard Whitley (Hrsg.), *European Business Systems. Firms and Markets in their National Contexts*. London: SAGE, 5-45.
- , 1999: *Divergent Capitalisms. The Social Structuring and Change of Business Systems*. New York: Oxford University Press.
- , 2000: The Institutional Structuring of Innovation Strategies. Business Systems, Firm Types and Patterns of Technical Change in Different Market Economies. In: *Organization Studies* 21, 855-886.
- , 2002: Multiple Market Economies: The Role of Institutions in Structuring Business Systems. In: Dominic Sachsenmaier / Jens Riedel / N. Shmuel Eisenstadt (Hrsg.), *Reflections on Multiple Modernities. European, Chinese and Other Interpretations*. Leiden: Brill, 217-240.
- Wiesenthal, Helmut, 2000: Markt, Organisation und Gemeinschaft als „zweitbeste“ Verfahren sozialer Koordination. In: Raymund Werle/Uwe Schimank (Hrsg.), *Gesellschaftliche Komplexität und kollektive Handlungsfähigkeit*. Frankfurt a.M.: Campus, 44-73.
- Williamson, Oliver E., 1985: *The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting*. New York: The Free Press.